

REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA

Volumen 36 • Número 1 • Enero - Junio 2010

Tarifa Postal Reducida No. 476 - Vence Dic. 31 / 2010



CONTENIDO

Sección agrícola / Agriculture

Artículos de investigación / Research paper

Induced defense in *Eucalyptus* trees increases with prolonged herbivory

Hamilton Oliveira, Adrián José Molina-Rugama, Marcos A. M. Fadini, Daniela Rezende, Alberto Soto G., Cléber Oliveira and Angelo Pallini 1

Susceptibilidad y mecanismos de resistencia de *Tetranychus urticae* (Acariformes: Tetranychidae) en rosal de invernaderos

Jerónimo Landeros, Carlos Enrique Ail, Ernesto Cerna, Yisa Ochoa, Luis Guevara y Luis Alberto Aguirre 5

Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Geraldo Andrade Carvalho, Mauricio Sekiguchi Godoy, Douglas Silva Parreira and Denise Tourino Rezende 10

Continúa en la contraportada

Sección Agrícola

Induced defense in *Eucalyptus* trees increases with prolonged herbivoryDefensa inducida en plantas de *Eucaliptus* se incrementa con prolongada herbivoríaHAMILTON GOMES DE OLIVEIRA¹, ADRIÁN JOSÉ MOLINA-RUGAMA², MARCOS A. M. FADINI³, DANIELA REZENDE⁴, ALBERTO SOTO G.⁵, CLÉBER OLIVEIRA⁶ and ANGELO PALLINI⁷

Abstract: Mechanisms of defense in plants can be activated by external stimuli such as herbivory. It is well-known that such induced defense occurs after short periods of herbivory, but little is known about long-term induction. In this paper, we studied the effects of induced defenses of *Eucalyptus* trees on *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) over four generations. The effects of induction of eucalypt plants seemed to increase gradually with prolonged periods of herbivory. To our knowledge it is the first demonstration that induced defense changes in a gradual way with long-term herbivory. This suggests that these trees, and possibly many other plants, gradually invest more in induced defense with prolonged herbivore attacks.

Key words: Plant-herbivore interaction. Plant defense. *Thyrinteina arnobia*. Induction of defence. Herbivore fitness

Resumen: Mecanismos de defensa en plantas pueden ser activados por estímulos externos como herbivoría. Es bien conocido que la defensa inducida ocurre después de cortos períodos de herbivoría, pero se conoce poco acerca de la inducción de larga duración. En este artículo se estudió los efectos de la defensa inducida en árboles de *Eucalyptus* sobre *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) durante cuatro generaciones. Los efectos de la inducción de plantas de Eucalipto parecieron aumentar gradualmente con períodos prolongados de herbivoría. Según nuestro conocimiento es la primera demostración que la defensa inducida cambia de modo gradual con la herbivoría a largo plazo. Eso sugiere que estos árboles, y posiblemente muchas otras plantas, gradualmente invierten más en defensa inducida con ataques prolongados de herbívoros.

Palabras clave: Interacción planta-insecto. Defensas de plantas. *Thyrinteina arnobia*. Inducción de la defensa. Eficacia reproductiva del herbívoro.

Introduction

Plant defense mechanisms result from a coevolutionary process, where the attack of herbivores promotes an adaptation for defense in the plant whereas herbivores, in turn, develop strategies to overcome the defense of plant (Bernays and Chapman 2000; Vendramin and Castiglioni 2000). Physical or morphological plant defenses include trichomes, spines, waxes, and tough foliage, and chemical defenses include production of toxins, repellents, and digestibility reducers (Cortesero *et al.* 2000). The increased production of volatiles by plants that are attacked by herbivores is often also viewed as a defense mechanism, because the volatiles attract natural enemies of the herbivores (Turlings *et al.* 1995; De Moraes *et al.* 1998; Arimura *et al.* 2005). Plant defenses can be either constitutive, i.e. always expressed, or induced by herbivory (Karban *et al.* 1997; Agrawal 1998). Both mechanisms of defense have the potential to affect abundance, survival, and rate of herbivore feeding as well as the population dynamics of natural enemies (Cortesero *et al.* 2000).

Several studies have shown that induced resistance has important consequences for arthropod populations (Dicke *et al.* 1990; Karban and Baldwin 1997; Agrawal 2005). The

production of substances such as tannins, proteinase inhibitors, lectins and terpenoids can be increased or induced in response to herbivory (Krause and Raffa 1995; Underwood *et al.* 2002). Generally, high levels of such secondary compounds render plants less attractive to herbivores (Rossi *et al.* 2004) or affect the life-history and consumption rate of herbivores (Lill and Marquis 2001; Kopper *et al.* 2002). The effects of induced defenses in different plant species affect the herbivores that caused the damage (Underwood 1999; Agrell *et al.* 2003; Foss y Rieske 2004; Agrawal 2005). The general idea seems to be that induction of plant resistance is either activated or not, and occurs quickly after the first damage was caused. Although this kind of rapid induced response is apparently very common among annual plants, there are indications that trees or perennial plants also possess delayed induction; early-season herbivory can alter host quality for later colonizers (Faeth 1986, 1992; Viswanathan *et al.* 2005). However, studies that have examined these interactions commonly use induction for a short time by herbivores or mechanical defoliation to mimic insect attack (Loughrin *et al.* 1994; Stevens and Lindroth 2005). To our knowledge, experiments that examine the effect of damage by herbivores for more than one generation of herbivores on defense of

¹ Ph.D. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Calle 20A, #43-50, Bogota. Coordinador de Investigación en Entomología. hgomes@cenipalma.org.co. Autor para correspondencia.

² Ph.D. Universidad Federal de Campina Grande, Brasil ajmolina@ccta.ufcg.edu.br

³ Ph.D. Universidad Federal de Sao Joao Del Rei fadini@ufsj.dedu.br

⁴ M.Sc. Universidad Federal de Viçosa, Brasil daniagoufv@hotmail.com

⁵ Ph.D. Universidad de Caldas, Colombia asotog@hotmail.com

⁶ Estudiante de pregrado en Agronomía, Universidad de Caldas, Colombia clebim001@hotmail.com

⁷ Ph.D. Universidad Federal de Viçosa, Brasil pallini@ufv.br

plants are particularly scarce. In this paper, we studied for four generations the effects of induced defences of Eucalyptus trees on *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1872) (Lepidoptera: Geometridae).

The caterpillars *T. arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) that lived on native Myrtaceae in Brazil turned voracious defoliators of various eucalypt species (Anjos *et al.* 1987; Zanuncio *et al.* 1994, 2000). Although eucalypt plants contain high concentrations of secondary compounds such as essential oils, tannins and phenols (Fox and Macauley 1977), these metabolites do not prevent *T. arnobia* from attacking eucalypt (Berti Filho *et al.* 1991). Little is known about the interactions between this defoliator and eucalypt trees, but it has been observed that 5th and 6th instars of *T. arnobia* change their feeding habits; they move from leaves to feed on the bark or on branches (Berti Filho and Wilcken 1993). In addition, this herbivore rarely attacks eucalypt plants that were previously damaged by conspecifics (J.C. Zanuncio, personal communication). Possibly, this feeding behavior is associated with the induced response after prolonged periods of damage. Here, we present results of attack in Eucalyptus trees for four generations on the fitness of *T. arnobia*.

Materials and Methods

Rearing of *T. arnobia*. Adults of *T. arnobia* were collected during an outbreak in eucalypt plantations in the municipality of Três Marias, state of Minas Gerais, Brazil. A culture was maintained at 25 ± 2°C, 60 ± 10% of RH and 12 h photoperiod. The culture was initiated by placing pairs of males and females in plastic cups (500 ml). Each cup was provided with a strip of paper as oviposition substrate. Newly-hatched caterpillars were reared in insect cages (0.45 x 0.45 x 0.45 m) and could feed *ad libitum* on *Eucalyptus* spp. leaves until pupation (Holtz *et al.* 2003). Pupae of *T. arnobia* were removed from the cages, the sex was determined, and one male-female pair was put in clean plastic cups until adults emerged. After they had mated, females were transferred to oviposition cups as described above and eggs were collected and treated as above.

Induced resistance on *Eucalyptus* plants. To determine how induced resistance affects the performance of *T. arnobia*, we compared its development and reproduction on two groups of eucalypt trees during four generations. A cohort of 20 plants of *E. cloeziana* (F. Muell.) (Myrtales: Myrtaceae), approximately 2 m tall and 1.5 years old was used. These plants were located outdoors near to the laboratory of Entomology of the Federal University of Viçosa, and were checked daily to remove and avoid attacks by other herbivores. The first group of trees consisted of plants without damage and each generation of caterpillars was allowed to feed and develop on different no induced trees. The second group consisted of plants that were previously injured by conspecifics. Thus, was hoped that damaged plants produced volatiles in response to herbivore damage, and these volatiles provide information about the presence of herbivores on these plants. Caterpillars were reared on the same group of trees for four generations; hence, the trees were induced for a prolonged period. The two groups of trees thus started differing in the period of induction after the first generation of caterpillars, because generation of *Thyrinteina arnobia* on damaged plants was longer than on the undamaged plants. Each treatment consisted of

four replicates. Each replicate was represented by one tree containing 36 caterpillars.

The eucalypt plants were infested according to the following procedure: Newly-hatched *T. arnobia* caterpillars were taken from the culture and divided into groups of six individuals and placed inside a mesh bag (0.25 x 0.20 m). Each host plant received randomly a total of six bags, enclosing part of a branch with intact foliage. The mesh bag served to confine the caterpillars on a part of the plant and to reduce the action of natural enemies. When the caterpillars had consumed between 50 and 60% of the total leaf area inside the bag, they were switched to another branch. In this way, competition for food among caterpillars was avoided. The herbivores were removed upon reaching the pupal stage and transferred to plastic cups (500 ml), and incubated in the laboratory until adult emergence. Adult females from not induced and induced eucalypt plants were mated with males of the same origin and placed in oviposition cups. Newly-hatched caterpillars were again introduced in a bag on either an undamaged tree or the tree that was previously damaged by their parents. Newly, as in the first experiment and in the next generations on each plant where put 36 caterpillars per plant. This procedure was repeated for three subsequent generations. Larval and pupal development, larval and pupal survivorship, the total number of eggs, egg viability and longevity of males and females were measured during each generation on both groups of eucalypt plants.

Statistical analysis. Data from life history parameters were subjected to analysis of variance to compare the effect of induction of host plants on performance of *T. arnobia*. All biological parameters are presented as means ± standard error. In order to estimate the effects of induction on the rate of increase of the population, the intrinsic rate of increase (r_m) was estimated. The formula used was:

$$\sum_{x=0}^T l_x m_x e^{-r_m(x+1)} = 1$$

where x = age; T = maximum age; l_x = probability of surviving to age x ; m_x = number of female offspring/female of age x (Carey 1993).

Results and Discussion

Induced and not induced trees differently affected several life-history parameters of the *T. arnobia* (Table 1). It is known that plants produce chemical substances that can act as constitutive or induced defenses against herbivores (Underwood *et al.* 2002). Induction of plant defense systems can affect the abundance, the attack rate, the survival and the development of herbivorous arthropods (Karban and Baldwin 1997; Rossi *et al.* 2004). The tree studied here, *E. cloeziana*, apparently does not possess an efficient system of constitutive defense against attacks of *T. arnobia* caterpillars, because the herbivore growth rate on plants without previous injury is high (Fig. 1). However, we found negative effects on the development and reproduction of *T. arnobia* on plants that were previously attacked by co-specifics (Table 1). We always offered ample undamaged leaves to the caterpillars, thus these effects cannot have been caused by lack of food. Hence, the quality of leaves was reduced on plants that were

Table 1. Life history traits of *T. arnobia* fed on un-induced or induced *E. cloziana* trees during four generations (n = 4).

Biological parameter of <i>Thryrinteina arnobia</i> ¹	<i>Eucalyptus cloziana</i> trees	
	Uninduced	Induced
Larval period (days) ^{ns}	27.12 ± 0.16	26.88 ± 0.17
Pupal period (days) ^{ns}	8.16 ± 0.21	8.15 ± 0.32
Larval survival (%) [*]	87.50 ± 3.11	63.72 ± 17.83
Pupal survival (%) [*]	95.03 ± 2.74	81.58 ± 0.32
Total eggs laid per female [*]	1051.24 ± 22.54	786.45 ± 237.69
Hatching (%) [*]	95.03 ± 1.42	79.33 ± 11.88
Male longevity (days) ^{ns}	4.92 ± 0.21	4.46 ± 0.33
Female longevity (days) ^{ns}	9.27 ± 0.38	8.13 ± 1.14

¹ Parameters (mean ± SE) that were not significantly different are followed by (ns), those that were different by (*) (F-test, P < 0.05).

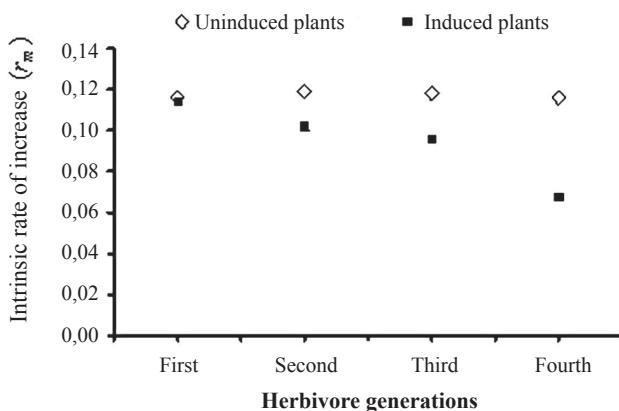


Figure 1. The intrinsic rate of increase (r_m) of *T. arnobia* reared on *E. cloziana* plants during four generations. ◇: Each generation of *T. arnobia* was reared on different plants (=uninduced plants); ■: All four generations of *T. arnobia* were reared on the same plants (=induced plants).

previously attacked, probably as a consequence of induced defense. Although we did not evaluate the phytochemistry of eucalypt leaves, it is known from other trees that early season herbivory results in changes in condensed tannins and proteins in damaged leaves (Faeth 1986).

Although the duration of the larval and pupal stages were similar in both treatments, juvenile survival as well as the total number of eggs laid and the percentage of eggs hatched were lower on induced plants than on not induced trees after four generations (Table 1). Eucalypt plants are rich in essential oils and contain high concentration of tannins (Fox and Macauley 1977). Such secondary compounds have been reported to cause adverse effects on the growth and development of important pest insects (Faeth 1986; Coley and Barone 1996; Oliveira *et al.* 2004). Probably, the production of these and other secondary metabolites in eucalypt plants might change with herbivory, as it was found in other species of plants either in the laboratory or in the field (Schultz and Baldwin 1982; Underwood *et al.* 2002; Kranthi *et al.* 2003; Rossi *et al.* 2004). Although high densities of *T. arnobia* can defoliate eucalypt trees completely, our results show that undamaged eucalypt leaves of trees that have been attacked by herbivores for a long period are of inferior quality for the de-

velopment of *T. arnobia*. This could explain why the geometrid does not feed on the same eucalypt trees in the field for several generations.

In conclusion, the effects of induction of eucalypt plants seem to increase gradually with prolonged periods of herbivory. To our knowledge it is the first demonstration that induced defense changes in a gradual way with long-term herbivory. This suggests that these trees, and possibly many other plants, gradually invest more in induced defense with prolonged herbivore attacks.

Acknowledgements

We thank “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)” and “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” for financial support and also thanks Arne Jansen for your important comments.

Literature cited

- AGRAWAL, A. A. 1998. Induced responses to herbivory and increased plant performance. *Science* 279: 1201-1202.
- AGRAWAL, A. A. 2005. Future directions in the study of induced plant responses to herbivory. *Experimental and Applied Entomology* 115: 97-105.
- AGRELL, J.; OLESZEK, W.; STOCHMAL, A.; OLSEN, M.; ANDERSON, P. 2003. Herbivore-induced responses in alfalfa (*Medicago sativa*). *Journal of Chemical Ecology* 29: 303-320.
- ANJOS, N.; SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, J. C. 1987. Pragas do eucalipto e seu controle. *Informe Agropecuario* 12: 50-58.
- ARIMURA, G.; KOST, C.; BOLAND, W. 2005. Herbivore-induced, indirect plant defenses. *Acta Biochimica et Biophysica* 1734: 91-111.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. 2000. Plant secondary compounds and grasshoppers: Beyond plant defenses. *Journal of Chemical Ecology* 26: 1773-1794.
- BERTI FILHO, E.; WILCKEN, C. F. 1993. Novo hábito alimentar de *Thryrinteina arnobia* (Lep.: Geometridae). *Instituto de Pesquisa Estudos Florestais* 46: 119-120.
- BERTI FILHO, E.; STAPE, J. L.; CERIGNONI, J. A. 1991. Surto de *Thryrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae) em *Eucalyptus citriodora* Hook (Myrtaceae) no Estado de São Paulo. *Revista de Agricultura* 66: 46-46.
- CAREY, J. R. 1993. *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects*. Oxford University Press, New York, USA. 206 p.

- COLEY, P. D.; BARONE, J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. Annual Review of Ecology and Systematics 27: 305-335.
- CORTESERO, A.M.; STAPEL, J. O.; LEWIS, W. J. 2000. Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. Biological Control 17: 35-49.
- DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARÉ, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. 1998. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. Nature 393: 570-573.
- DICKE, M.; SABELIS, M.; TAKABAYASHI, J.; BRUIN, J.; POSTHUMUS, M. A. 1990. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. Journal of Chemical Ecology 16: 3091-3118.
- FAETH, S. H. 1986. Indirect interactions between temporally separated herbivores mediated by the host plant. Ecology 67: 479-494.
- FAETH, S. H. 1992. Interspecific and intraspecific interactions via plant responses to folivory: an experimental field test. Ecology 73: 1802-1813.
- FOSS, L. K.; RIESKE, L. K. 2004. Stem galls affect oak foliage with potential consequences for herbivory. Ecological Entomology 29: 273-280.
- FOX, L. R.; MACAULEY, B. J. 1977. Insect grazing on *Eucalyptus* in response to variation in leaf tannins and nitrogen. Oecologia 29: 145-162.
- HOLTZ, A. M.; OLIVEIRA, H. G.; PALLINI, A.; VENZON, M.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, C. L.; MARINHO, J. S.; ROSADO, M. C.. 2003. Desempenho de *Thyrinteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto e goiaba: o hospedeiro nativo não é um bom hospedeiro? Neotropical Entomology 3: 427-431.
- KARBAN, R.; BALDWIN, I. T. 1997. Induced Responses to Herbivory. University of Chicago Press, Chicago, IL. 330 p.
- KARBAN, R.; AGRAWAL, A. A.; MANGEL, M. 1997. The benefits of induced defenses against herbivores. Ecology 78: 1351-1355.
- KOPPER, B. J.; JAKOBI, V. N.; OSIER, T. L.; LINDROTH, R. L. 2002. Effects of paper birch condensed tannin on whitemarked tussock moth (Lepidoptera: Lymantriidae) performance. Environmental Entomology 31: 10-14.
- KRANTHI, S.; KRANTHI, K. R.; WANJARI, R. R. 2003. Influence of semilooper damage on cotton host-plant resistance to *Helicoverpa armigera* (Hub.). Plant Science 164: 157-163.
- KRAUSE, S. C.; RAFFA, R. F. 1995. Defoliation intensity and larval age interact to affect sawfly performance on previously injured *Pinus resinosa*. Oecologia 102: 24-30.
- LILL, J. T.; MARQUIS, R. J. 2001. The effects of leaf quality on herbivore performance and attack from natural enemies. Oecologia 126: 418-428.
- LOUGHRIAN, J. H.; MANUKIAN, A.; HEATH, R. R.; TURLINGS, T. C. J.. 1994. Diurnal cycle of emission of induced volatile terpenoids by herbivore-injured cotton plants. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 91: 11836-11840.
- OLIVEIRA, H. G.; LACERDA, F. G.; MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. 2004. Atratividade de *Atta sexdens rubripilosa* por plantas de eucalipto atacadas previamente ou não por *Thyrinteina arnobia*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 39: 285-287.
- ROSSI, A. M.; STILING, P.; MOON, D. C.; CATTELL, M. V.; DRAKE, B. G. 2004. Induced defensive response of myrtle oak to foliar insect herbivory in ambient and elevated CO₂. Journal of Chemical Ecology 30: 1143-1152.
- SCHULTZ, J. C.; BALDWIN, I. T. 1982. Oak leaf quality declines in response to defoliation by gypsy moth larvae. Science 217: 149-151.
- STEVENS M. T.; LINDROTH, R. L. 2005. Induced resistance in the indeterminate growth of aspen (*Populus tremuloides*). Oecologia 145: 298-306.
- TURLINGS, T. C. J.; LOUGHRIAN, J. H.; MCCALL, P. J.; RÖSE, U. S. R.; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. 1995. How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 92: 4169-4174.
- UNDERWOOD, N. 1999. The influence of plant and herbivore characteristics on the interactions between induced resistance and herbivore population dynamics. American Naturalist 153: 282-294.
- UNDERWOOD, N.; RAUSHER, M.; COOK, W. 2002. Bioassay versus chemical assay: measuring the impact of induced and constitutive resistance on herbivores in the field. Oecologia 131: 211-219.
- VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. 2000. Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas. In: Guedes, J.C.; Costa, I. D.; Castiglioni, E. (Eds.). Bases e Técnicas do Manejo de Insetos. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS, Brazil, pp. 113-128.
- VISWANATHAN, D. V.; NARWANI, A. J. T.; THALER, J. S. 2005. Specificity in induced plant responses shapes patterns of herbivore occurrence on *Solanum dulcamara*. Ecology 86: 886-896.
- ZANUNCIO, J. C.; NASCIMENTO, E. C.; ZANUNCIO, T. V. 1994. Major lepidopterous defoliators of eucalypt in southeast Brazil. Forest Ecology and Management 65: 53-63.
- ZANUNCIO, J. C.; ZANUNCIO, T. V.; LOPES, E. T.; RAMALHO, F. S. 2000. Temporal variations of Lepidoptera collected in a *Eucalyptus* plantation in the State of Goiás, Brazil. Netherlands Journal of Zoology 50: 435-443.

Recibido: 15-may-2009 • Aceptado: 30-ene-2010

Susceptibilidad y mecanismos de resistencia de *Tetranychus urticae* (Acariformes: Tetranychidae) en rosal de invernaderos

Susceptibility and resistance mechanisms of *Tetranychus urticae* (Acariformes: Tetranychidae) in greenhouse roses

JERÓNIMO LANDEROS¹, CARLOS ENRIQUE AIL¹, ERNESTO CERNA¹, YISA OCHOA²,
LUIS GUEVARA¹ y LUIS ALBERTO AGUIRRE¹

Resumen: Se determinó el grado de resistencia de una población de *Tetranychus urticae*, proveniente de rosales de invernaderos en producción a cinco acaricidas de diferente grupo toxicológico mediante la comparación con una línea de laboratorio. Se evaluó también la presencia de enzimas relacionadas con dicha resistencia. Se realizaron varios bioensayos en la línea de laboratorio para determinar la inclinación de la relación concentración-mortalidad. Posteriormente se seleccionó el valor de la LC₉₀ y se duplicó para así obtener una concentración diagnóstico, de tal forma que al aplicarla a la línea de campo se determinó el grado de resistencia. Por último se realizaron pruebas bioquímicas para detectar las enzimas relacionadas con la resistencia. En la población de campo se presentaron los mayores niveles de α y β -esterasas y oxidases. Estos resultados sugieren que las α y β -esterasas y oxidases están involucradas en la resistencia de la población estudiada.

Palabras clave: Ácaro de dos manchas. Esterasas. Pruebas bioquímicas.

Abstract: The degree of resistance of a *Tetranychus urticae* population, from production greenhouse roses, was determined for five miticides from different toxicological groups in comparison to a laboratory line. The presence of enzymes related to that resistance was also evaluated. Several bioassays were conducted on the laboratory line to establish the slope of the concentration /mortality relationship. Afterwards, the value of LC₉₀ was selected and doubled to obtain a diagnostic concentration, in such a way that applying it to the field line would determine the degree of resistance. Lastly, biochemical tests were conducted to detect enzymes related to the resistance. The highest levels of α and β -esterase and oxidases were presented in the field population. These results suggest that α and β -esterase and oxidases are involved in the resistance of the population studied.

Key words: Two-spotted spider mite. Esterases. Biochemical test.

Introducción

La araña roja *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acariformes: Tetranychidae) afecta a muchas especies de plantas en el mundo, incluyendo cultivos agrícolas y ornamentales. Se le ha reportado en 180 especies de plantas en invernadero y en condiciones de campo (Kim *et al.* 2004) causando marchitamiento, desecación del follaje y la muerte de las plantas (Gould 1987). Además son capaces de desarrollar resistencia a muchos acaricidas en un período relativamente corto (uno a cuatro años) e inducir un alto grado de resistencia cruzada (Saito *et al.* 1983). Por lo mismo, este ácaro ha desarrollado resistencia a la mayoría de los productos que se utilizan para su control (Devine *et al.* 2001). Esta habilidad de *T. urticae* para desarrollar resistencia, cuando se usan intensivamente acaricidas ha causado problemas resultando en una exigencia de acaricidas con nuevos modos de acción (Suh *et al.* 2006).

De acuerdo con Georghiou (1965) la resistencia fisiológica es la más importante en artrópodos, debido a la acción de mecanismos detoxificadores enzimáticos que provocan una mayor degradación o excreción del insecticida o acaricida (Lagunes Tejada y Villanueva-Jiménez 1994). Yang *et al.* (2001) mencionan que en artrópodos la detoxificación de los xenobióticos se debe principalmente a esterasas, citocromo P-450 dependiente de las monooxigenasas y glutation S-transferasas. La resistencia a organofosforados está asociada a varias enzimas. Hemingway y Karunaratne (1998) mencio-

nan a las esterasas; Matsumura y Voss (1964) a las carboxiesterasas y fosfatases y Yu (1982) menciona que las enzimas glutation S-transferasas intervienen en la detoxificación de compuestos organofosforados en *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), alimentado en diferentes hospederos. La enzima acetilcolinesterasa insensible constituye el mecanismo principal de resistencia de *T. urticae* a los organofosforados (Voss y Matsumura 1964), las oxidases intervienen en la detoxificación de los piretroides (Bisset *et al.* 1998). Lagunes-Tejada y Villanueva-Jiménez (1994) mencionan que las enzimas que degradan al DDT y sus derivados son las oxidases y la DDT-asa.

Para establecer un programa de manejo efectivo contra *T. urticae* dado el uso intensivo de acaricidas de diferentes grupos toxicológicos para su control en cultivos de rosal de invernadero, es importante conocer la susceptibilidad y las causas de resistencia fisiológica hacia los acaricidas en esta especie. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo detectar el grado de resistencia y los mecanismos fisiológicos de ésta en una población de *T. urticae* procedente de invernaderos productores de rosas del Estado de México.

Materiales y Métodos

Material biológico. Se emplearon una línea de referencia de *T. urticae* mantenida bajo condiciones controladas a una temperatura de 25 ± 2°C, humedad relativa de 60-70% y luz

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología. C.P. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
jlanflo@uuaan.mx. Autor para correspondencia.

² Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia, Posta Zootécnica. CP 20900. Jesús María, Aguascalientes, México.

constante, sobre plantas de *Phaseolus vulgaris* L, durante más de dos años (Narro susceptible L_{NS}) y una línea de campo recolectada en invernaderos de producción de rosal variedad Royalty en Villa Guerrero, México, con manejo basado en rotación de acaricidas.

Bioensayos (línea de referencia). Se realizaron una serie de bioensayos para determinar las líneas de regresión entre concentración y mortalidad con la población de laboratorio. Se emplearon formulaciones comerciales de los acaricidas avermectina (Agrimec 1,8% CE), bifentrina (Capture 100 12,1% CE), dicofol (AK 20 18,5% CE), naled (Naled 60% CE) y óxido de fenbutatin (Torque 500 44,64% SC), y el método de bioensayo de película residual en caja Petri (Dennehy *et al.* 1987). Se prepararon seis concentraciones de cada producto y un testigo absoluto, se incluyeron tres repeticiones por cada concentración. Las diferentes concentraciones se elaboraron utilizando como solvente etanol al 95%, a excepción del óxido de fenbutatin el cual se diluyó en agua. Se depositó 1 mL de la solución del acaricida en cada caja Petri, posteriormente se transfirieron 20 ácaros hembras adultos y las cajas fueron selladas con papel aluminio. Se registró el porcentaje de mortalidad a las 24 h, seleccionando como criterio de muerte cuando los ácaros presentaron síntomas de ataxia o un desplazamiento menor, al menos una vez el largo de su cuerpo. Se cuantificó la mortalidad a las 24 h. Se utilizó la fórmula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad y los resultados se analizaron por el método de Probit (Finney 1971).

Determinación de la susceptibilidad de la población de campo. Se empleó la técnica de concentración-diagnóstico reportada por McCutchen *et al.* (1989) que resulta del doble del valor de la CL₉₀ obtenido de cada acaricida en la línea de laboratorio, dicho valor se utilizó para exponer a los ácaros de la colonia de campo a los acaricidas en estudio; para esta fase se utilizaron 400 ácaros distribuidos en 20 cajas Petri. Para el testigo se emplearon tres cajas Petri tratadas con etanol o agua según el caso. Para determinar la susceptibilidad de la población de campo a los acaricidas se utilizó el criterio propuesto por Dennehy *et al.* (1987), el cual indica que si la población en estudio supera al 80% de mortalidad se le considera como una población susceptible.

Pruebas bioquímicas para estimar niveles de enzimas. Seis pruebas bioquímicas se utilizaron en las dos colonias de *T. urticae* para la determinación de los niveles de las enzimas α-esterasas, β-esterasas, oxidasa, glutation S-transferasas, acetilcolinesterasas y acetilcolinesterasas insensibles, implicadas en la resistencia a los diferentes acaricidas. Todas las pruebas se hicieron por triplicado en placas de 96 pozos y leídas mediante el lector de microplacas Stat fax-2100®.

Se utilizaron los reactivos: tampón fosfato de potasio a 0.05 M y pH 7.2 (Tfos), α o β-naftil acetato (naf), dianisidina (did), albúmina sérica bovina (alb), homogeneizado de ácaros (hac), dihidrocloruro de 3, 3', 5, 5'-tetrametil-bencidina (dtb), metanol (met), acetato de sodio (ace) a 0.25 M, pH 5, peróxido de hidrógeno an 3% (per), fitocromo c (cicc), glutation reducido (glr), 1-cloro-2, 4' dinitrobenzeno (cdb), yoduro de acetilcolina (yac), 5, 5'-ditriobis-2-ácido nitrobenzoico (dan).

Fuente de enzima. Se homogenizó 0.1 mg de hac en 100 µL de Tfos y se diluyó a 1 mL (Brogdon 1984). Se prepararon

90 muestras para cada una de las líneas. La concentración de proteína de la muestra fue de 4,9 µg de proteína/ 0,1 mg de ácaros, determinada por el método de Bradford (1976) modificado por Brogdon (1984) utilizando albúmina sérica bovina como referencia.

Estimación de los niveles de esterasas. Para determinar los niveles de α y β-esterasas se empleó el método Brogdon-Dickinson (1983). Colocando 100 µL de hac en cada pozo de la placa de Elisa, enseguida se depositaron 100 µL de una solución preparada al disolver 56 mg de naf en 20 mL de acetona y llevar 100 mL con Tfos. La mezcla se incubó a temperatura ambiente por 10 min y se le adicionaron 100 µL de did, disuelta en agua a una concentración de 1mg / mL, se mantuvo la mezcla por 2 min y se leyó la absorbancia en un lector de ELISA a 545 nm. Finalmente, se utilizaron las soluciones de naf como control positivo y el Tfos como control negativo.

Estimación de los niveles de oxidasa. Los niveles de oxidasa se determinaron con la metodología propuesta por Brogdon *et al.* (1997). Para ello, se colocaron 100 µL del hac en cada pozo, luego se depositaron 200 µL de una solución de 50 mg de dtb, diluida con 25 mL de met y aforada con 75 mL de ace; enseguida se colocaron 25 µL de per, la mezcla se incubó por 5 min a temperatura ambiente y se realizó la lectura de la placa con un filtro de 630 nm. Utilizando como control positivo una solución de cicc y como control negativo Tfos.

Estimación de los niveles de glutation S-transferasas. Para determinar los niveles de estas enzimas se utilizó la metodología de Brogdon y Barber (1990). Colocando 100 µL de hac a cada placa, luego se adicionó 100 µL de una solución de 61 mg de glr / 100 mL de Tfos, inmediatamente después se colocaron 100 µL de una solución de 20 mg de cdb diluida en 10 mL y aforada con 90 mL de Tfos. Se tomó la lectura de la placa con un filtro de 340 nm (T₀), posteriormente se incubó por 5 min y se tomó una nueva lectura con el mismo filtro (T_s). La diferencia entre las lecturas se empleó para el análisis de los resultados.

Estimación de los niveles de acetilcolinesterasa y acetilcolinesterasa insensible. Los niveles de acetilcolinesterasa se determinaron con el método de Brogdon (1988). Para esto se colocaron 100 µL de hac en cada pozo, enseguida se depositaron 100 µL de una solución de 75 mg de yac/ 100 mL de Tfos, luego se adicionó 100 µL de una solución de 13 mg de dan/100 mL de Tfos. La lectura se realizó con un filtro de 405 nm (T₀), se dejó incubar la mezcla por 10 min y se tomó una nueva lectura con el mismo filtro (T₁₀), la diferencia entre lecturas se empleó para el análisis de los resultados. Para determinar los niveles de acetilcolinesterasa insensible se empleó la metodología antes descrita, con la diferencia que en la solución de yac se agregaron 21 mg de naled 90 como inhibidor.

Umbral de tolerancia. Con los datos de las pruebas bioquímicas en las 90 muestras de cada enzima se estableció un umbral de tolerancia para cada una de ellas. Para esto se tomó el valor máximo de absorbancia de cada una de las pruebas enzimáticas de la línea de campo y se comparó con los resultados de la línea de laboratorio, los valores mayores a este umbral se toman como resistentes y los menores como susceptibles.

Tabla 1. Concentración letal, límites fiduciales y chi cuadrada (χ^2) de acaricidas aplicados a la línea de laboratorio de hembras adultas de *Tetranychus urticae* ($\chi^2_{\text{tablas}} = 11.070$, $P \geq 0.05$). ($N = 360$ individuos evaluados en cada caso).

Acaricida	Pendiente ±		Límite			Límite	
	SE	CL ₅₀	Inferior	Superior	CL ₉₀	Inferior	Superior
Avermectina	2.80±0.47	1.89	1.64	2.13	5.42	4.76	6.39
Bifentrina	2.18±0.47	234.02	207.14	272.97	905.24	658.59	1474.28
Dicofol	2.01±0.38	385.30	338.25	436.66	1670.05	1325.99	2280.73
Naled	6.78±0.99	57.04	54.81	59.39	88.12	82.28	96.27
Oxido de fenbutatin	2.55±0.59	207.87	188.57	228.84	660.85	524.55	947.06

Resultados y Discusión

En la línea de laboratorio el menor valor de CL₉₀ fue para el acaricida avermectina seguido por naled, óxido de fenbutatin, bifentrina y dicofol en su orden (Tabla 1). Con estos resultados se elaboraron las concentraciones diagnóstico con la línea de campo.

En la línea de campo el mayor porcentaje de mortalidad se obtuvo con el acaricida avermectina seguido por naled, bifentrina, óxido de fenbutatin y dicofol en su orden (Tabla 2). En relación con la avermectina, el resultado de mortalidad obtenido (82,4%) con 10,8 ppm, difirió del descrito por Grafton-Cardwell y Hoy (1983) quienes registraron un 95% de mortalidad con una concentración de 4 ppm, después de 24 h de exposición. Lo anterior indica que la población utilizada en este estudio es menos susceptible. Por otro lado, Landeros *et al.* (2002) reportan, 100% de mortalidad de *T. urticae* con una concentración de 10 ppm de avermectina después de 72 h de exposición. En estudios realizados con el dicofol Dennehy *et al.* (1983) realizaron comparaciones de mortalidad a 24 de h de exposición en varias poblaciones de *T. urticae*, utilizando 1000 ppm como concentración diagnóstico, se obtuvieron porcentajes de mortalidad entre 2,5 y 68,6%.

Dennehy *et al.* (1987) indican que cualquier población es resistente si al exponer la población a una concentración diagnóstico (el doble del valor de CL₉₀ obtenido de una línea susceptible) el resultado de mortalidad es menor a 80%; en esta investigación podríamos indicar que la línea de campo utilizada en este estudio resultó susceptible para avermectina con un 82,4% de mortalidad y resistente para los demás productos. Este resultado probablemente es debido a que en los cultivos de rosal, donde se recolectó el material para los bioensayos, se realiza una rotación de acaricidas y los productores de estos cultivos indicaron que únicamente realizan dos aplicaciones de avermectina por año. Sobre este mismo acaricida Clark *et al.* (1994) no detectaron resistencia en po-

blaciones de *T. urticae* recolectadas en California, Florida e Islas Canarias después de seis aplicaciones de avermectina por año. Así mismo Hoy y Conley (1987) no encontraron diferencias en susceptibilidad en cinco poblaciones de *T. urticae* después de 6-8 aplicaciones con abamectina en condiciones de laboratorio.

Niveles enzimáticos. La presencia de la enzima glutation S-transferasa de la línea de laboratorio fue superior en todas las muestras en comparación con la línea de campo (Tabla 3). Mientras que en las demás enzimas, algunas de sus muestras superaron el umbral de tolerancia al comparar los valores del número de muestras que superaron el umbral de tolerancia en relación al total de muestras evaluadas (90) lo que indica que la población de campo presenta resistencia posiblemente debido a estas enzimas. En relación con la enzima acetilcolinesterasa insensible, solo el 3,3% de la población de campo presentó esta enzima (Fig. 1), lo que indica que en este experimento al parecer no fue un factor importante.

Al comparar los resultados con el acaricida organofosforado naled en el cual el 25% de la población sobrevivió con la exposición a la dosis diagnóstico y la detección de las enzimas α y β esterasas en la población estudiada (Figura

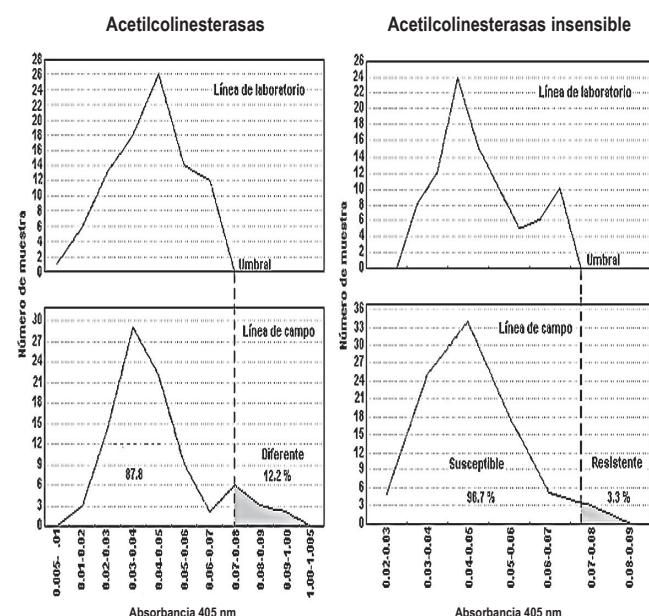


Figura 1. Distribución de frecuencia de los niveles de acetilcolinesterasa y acetilcolinesterasa insensible para dos líneas de *Tetranychus urticae* y discriminación con el umbral de tolerancia para cada enzima en la población de campo.

Tabla 2. Respuesta de hembras adultas de *Tetranychus urticae* a concentraciones diagnóstico procedentes de invernaderos del Estado de México ($N= 400$ en cada caso).

Acaricida	Concentración diagnóstico (ppm)	Mortalidad (%)	Mortalidad en Testigo (%)
Avermectina	10,8	82,4	15,0
Bifentrina	1800	45,6	15,0
Dicofol	3340	40,3	13,8
Naled	176	75,0	6,3
Oxido de fenbutatin	1320	44,6	13,8

Tabla 3. Niveles promedio de los máximos de absorbancia para cada enzima de las dos poblaciones de *Tetranychus urticae* y número de muestras que superan el umbral de tolerancia.

Enzima	Absorbancia ⁺⁺		N ⁺
	Línea de laboratorio	Línea de campo	
Acetilcolinesterasa	0.0677 [*] ±0.0212 SD	0.0950 ^{\$} ±0.0399 SD	11
Acetilcolinesterasa insensible	0.0693 [*] ±0.0051 SD	0.0790±0.0046 SD	3
α-esterasa	0.6237 [*] ±0.0540 SD	0.6853±0.0191 SD	13
β-esterasa	0.9533 [*] ±0.0818 SD	1.054±0.0313 SD	27
Glutation S-transferasa	0.0667 [*] ±0.0051 SD	0.0665±0.0066 SD	0
Oxidasa	0.6527 [*] ±0.0132 SD	0.8403±0.0649 SD	25

*Número de muestras que superaron el umbral de tolerancia ^{\$}Umbral de tolerancia para cada enzima, ⁺⁺Promedio de tres repeticiones ^{SD}Desviación Estándar.

2) podemos determinar que estas enzimas fueron las directamente responsables de la resistencia al acaricida organofosforado. Al respecto Matsumura y Voss (1964) y Herne y Brown (1969) reportan resistencia de *T. urticae* a organofosforados por incremento de la actividad de las enzimas carboxiesterasas.

Para el caso de los insecticidas piretroides (bifentrina) también se presentó una alta relación entre el porcentaje de supervivencia de la población a la concentración diagnóstico (Tabla 2) y las enzimas esterasas (Fig. 2), por lo que también se consideran responsables de la resistencia en esta investigación; al respecto Yang *et al.* (2002) registraron que el principal mecanismo de resistencia a bifentrina en *T. urticae* está relacionado con una alta actividad de esterasas. Los mismos autores (Yang *et al.* 2001) reportan a las enzimas esterasas y en menor grado a las glutation S-transferasas como los principales causantes de la resistencia a bifentrina y λ-cyhalotrina.

Como ya se señaló en este estudio se observó que los niveles de glutation S-transferasas fueron inferiores a los de la línea de laboratorio lo que permite deducir que no intervienen en la resistencia a bifentrina, ya que la población de campo

resultó susceptible para esta enzima (Fig. 3). Por otro lado, Riley *et al.* (2000) reportan a las α-esterasas como el principal mecanismo de resistencia a bifentrina en mosca blanca, aunque también involucran al sistema oxidativo, que como se muestra en la misma figura, es un factor importante como causa de resistencia.

En relación con las enzimas oxidadas (presentes en el proceso de resistencia a dicofol), en esta investigación no se presentó una relación contundente ya que solo el 27,8% de la población de campo resultó con altos niveles de oxidasa (Fig. 3), mientras el 59,7% de la población, sobrevivió a la concentración diagnóstico utilizada para el acaricida dicofol (Tabla 2). Motoyama y Dauterman (1980) y Clark y Shaman (1984) reportan a las enzimas glutation S-transferasas como causa de resistencia a organoclorados, sin embargo en el presente estudio este sistema no resultó relevante (Fig. 3), al respecto Narahashi (1983) menciona que la resistencia a clorados (DDT y sus análogos) se debe a insensibilidad en el sistema nervioso de los insectos.

Al relacionar el porcentaje de individuos vivos después de la aplicación de la concentración diagnóstico del acaricida óxido de fenbutatin con la presencia de esterasas (44,4%) y oxidadas (27,8%), se nota una marcada diferencia. Estos porcentajes nos sugieren que posiblemente otro mecanismo de resistencia está involucrado. Al respecto Carbonaro *et al.* (1986) indican que una de las enzimas encargada de la liberación de energía (ATPasa) puede cambiar de forma de tal manera que el acaricida no afecta su función, lo que hace resistente a su portador.

La presencia de individuos que sobrevivieron al exponerlos a la concentración diagnóstico del acaricida avermectina (17,6%) sugiere la acción de algunas de las enzimas estudiadas. Clark *et al.* (1994) precisan que las esterasas están involucradas en el mecanismo de resistencia a este acaricida. Por su parte Argentine y Clark (1992) mencionan que líneas de insectos resistentes a avermectina no presentan niveles significativos de resistencia cruzada para otros insecticidas.

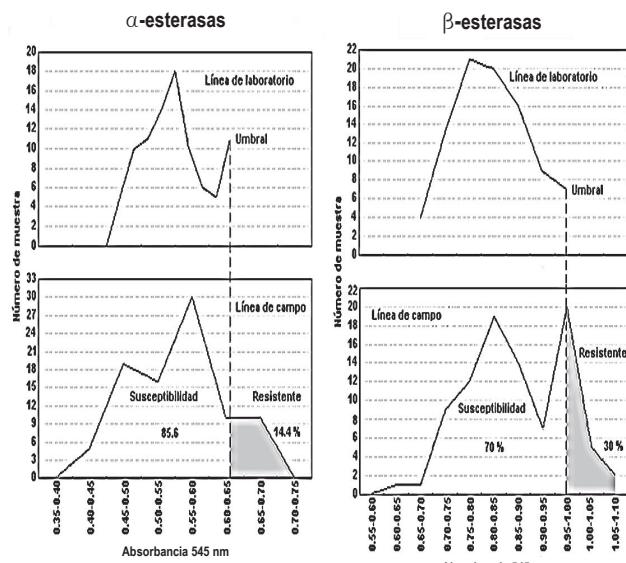


Figura 2. Distribución de frecuencia de los niveles de α-esterasa y β-esterasa para dos líneas de *Tetranychus urticae* y discriminación con el umbral de tolerancia para cada enzima en la población de campo.

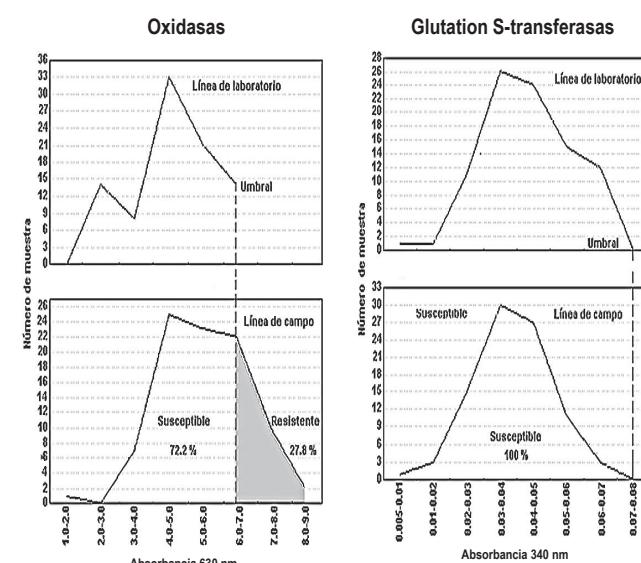


Figura 3. Distribución de frecuencia de los niveles de oxidadas y glutation S-transferasas, para dos líneas de *T. urticae* y discriminación con el umbral de tolerancia para cada enzima en la población de campo.

Literatura citada

- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- ARGENTINE, J. A.; CLARK, J. M. 1990. Selection for abamectin resistance in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pesticide Science* 28: 17-24.
- BISSET, J. A.; RODRÍGUEZ, M. M.; SOCA, A. 1998. Cross-resistance to malathion in cuban *Culex quinquefasciatus* induced by larval selection with deltamethrin. *Journal American Mosquito Control Association* 12: 109-12.
- BRADFORD, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Annals of Biochemistry* 72: 248-254.
- BROGDON, W. G. 1984. Mosquito protein microassay-I, protein determinations from small portions of single-mosquito homogenates. *Comparative Biochemistry Physiology* 79: 457-459.
- BROGDON, W. G. 1988. Microassay of acetylcholinesterase activity in small portions of single mosquito homogenates. *Comparative Biochemistry and Physiology* 90: 145-150.
- BROGDON, W. G.; DICKINSON, C. M. 1983. A microassay system for measuring esterase activity and protein concentration in small samples and in high-pressure liquid chromatography eluate fractions. *Analytical Biochemistry* 131: 499-503.
- BROGDON, W. G.; BARBER. 1990. Microplate assay of glutathione S-transferase activity for resistance detection in single-mosquito triturates. *Comparative Biochemistry and Physiology* 96: 339-342.
- BROGDON, W. G.; MCALLISTER, J. C.; VULULE, J. 1997. Hemeperoxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. *Journal of the American Mosquito Control Association* 13: 233-237.
- CARBONARO, M. A.; MORELAND, D. E.; EDGE, V. E.; MOTYAMA, N.; ROCK G. C.; DAUTERMAN, W. 1986. Studies on the mechanisms of cyhexatin resistance in the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 79: 576-579.
- CLARK, A. G.; SHAMAN, N. A. 1984. Evidence that DDT-dehydrochlorinase from the house fly is a glutathione S-transferase. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 22: 249-261.
- CLARK, J. M.; SCOTT, J. G.; CAMPOS, F.; BLOOMQUIST, J. R. 1994. Resistance to avermectins: extent, mechanisms and management implications. *Annual Review of Entomology* 40: 1-30.
- DENNEHY, T. J.; GRANETT, J.; LEIGH, T. F. 1983. Relevance of slide-dip and residual bioassay comparisons to detection of resistance in spider mites. *Journal of Economic Entomology* 76: 1225- 1230.
- DENNEHY, T. J.; GRAFTON-CARDWELL, E. E.; GRANETT, J.; BARBOUR, K. 1987. Practitioner assessable bioassay for detection of dicofol resistance in spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 80: 998-1103.
- DEVINE, G. J.; BARBER, M.; DENHOLM, I. 2001. Incidence and inheritance of resistance to meti-acaricides in European strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science* 57: 443-448.
- FINNEY, D. J. 1971. Probit analysis. 3rd ed. Cambridge University Press.Cambridge
- GRAFTON-CARDWELL, E. E.; HOY, M. A. 1983. Comparative toxicity of avermectina B₁ to the predator *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae) and the spider mites *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 76: 1216-1220.
- GEORGHIOU, G. P. 1965. Genetics studies on insecticide resistance. *Advanced Pest Control Resesarch* 6: 171.
- GOULD, H. J. 1987. Protected crops, pp: 404-405. In: Burn, A. J.; Croaker, T. H.; Jepson P. (Eds.). *Integrated Pest Management*. Academic Press, New York, USA.
- HEMINGWAY, J.; KARUNARATNE, S. 1998. Mosquito carboxylesterases: A review of the molecular biology and biochemistry of a major insecticide resistance mechanism. *Medical and Veterinary Entomology* 12: 1-12.
- HERNE, D. H. C.; BROWN, A. W. A. 1969. Inheritance and biochemistry of OP-resistance in a New York strain of the two-spotted spider mite. *Journal of Economic Entomology* 62: 205-209.
- HOY, M. A.; CONLEY, J. 1987. Selection for abamectin resistance in *Tetranychus urticae* and *T. pacificus* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 80: 221-225.
- KIM, M.; SHIN, D.; CHO, K. 2004. An assessment of the chronic toxicity of fenpyroximate and pyridaben to *Tetranychus urticae* using a demographic bioassay. *Applied Entomology* 39 (3): 401-409.
- LAGUNES-TEJADA, A.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo Estado de México, México. 264 p.
- LANDEROS, J.; MORA, N.; BADII, M.; CERDA, P. A.; FLORES, A. E. 2002. Effect of sublethal concentrations of avermectina on population parameters of *Tetranychus urticae* on strawberry. *Southwestern. Entomologist* 27: 283-289.
- MATSUMURA, F.; VOSS, G. 1964. Mechanism of malathion and parathion resistance in the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of Economic Entomology* 57: 911-917.
- MCCUTCHEON, B. F.; PLAPP, F. W., NEMIC, S. J.; CAMPANHOLA, C. 1989. Developmente of diagnostic monitoring techniques for larval pyrethroid resistance in *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology* 82: 1502-1507.
- MOTOYAMA, N.; DAUTERMAN, W. C. 1980. Glutathione S-transferase: their role in the metabolism of organophosphorous insecticides. *Reviews in Biochemical Toxicology* 2: 49-69.
- NARAHASHI, T. 1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of the nervous system, pp: 333-351. In: Georghiou, G.; Saito, T. (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum press New York and London.
- RILEY, D. G.; TAN, W. J.; WOLFENBARGER, D. 2000. Activities of enzymes associated with inheritance of bifenthrin resistance in the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Southwestern Entomologist* 25: 201-211.
- SAITO, T.; TABATA, K.; KOHNO, S. 1983. Mechanisms of acaricide resistance with emphasis on dicofol, pp: 429-444. In: Georghiou, G; Saito, T. (Eds.). Pest resistance to pesticides. Plenum press New York and London.
- SUH, E.; KOH, S.; LEE, J.; SHIN, K.; CHO, K. 2006. Evaluation of resistance pattern to fenpyroximate and pyridaben in *Tetranychus urticae* collected from greenhouses and apple orchards using lethal concentration-slope relationship. *Experimental and Applied Acarology* 38: 151-165.
- VOSS, G.; MATSUMURA, F. 1964. Resistance to organophosphorus compounds in the two spotted spider mite: two different mechanisms of resistance. *Nature* 202: 319-320.
- YANG, X.; MARGOLIES, D. C.; ZHU, K. Y.; BUSCHMAN, L. L. 2001. Host plant-induced changes in detoxification enzymes and susceptibility to pesticides in the twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 94: 381-387.
- YANG, X.; BUSCHMAN, L. L.; ZHU, K. Y.; MARGOLIES, D. C. 2002. Susceptibility and detoxifying enzyme activity in two spider mite species (Acari: Tetranychidae) after selection with three insecticides *Journal of Economic Entomology* 95 (2): 399-406.
- YU, S.; J. 1982. Host plant induction of glutathione S-transferase in the fall armyworm. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 18: 101-106.

Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Efecto de insecticidas químicos usados en el cultivo de tomate sobre inmaduros de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

GERALDO ANDRADE CARVALHO¹, MAURÍCIO SEKIGUCHI GODOY²,
DOUGLAS SILVA PARREIRA³ and DENISE TOURINO REZENDE⁴

Abstract: The effects of the chemical insecticides acetamiprid, lufenuron, imidacloprid, novaluron, triflumuron, and pyriproxyfen on the developmental stages of *Trichogramma pretiosum* were evaluated. Eggs of *Anagasta kuehniella* glued on blue paper cards were offered to *T. pretiosum* females for 24 h. After parasitization, the eggs were treated by dipping the cards into the insecticide solutions or in water for 5 s after they had reached the egg-larval, pre-pupal, or pupal stages. The application of pyriproxyfen to *T. pretiosum* during its egg-larval period was slightly harmful to the parasitization capacity of F₁ generation females and the emergence rate of F₁ and F₂ generation adults. When applied to *T. pretiosum* in the egg-larval period, acetamiprid was slightly harmful to the parasitization capacity of the F₁ generation females of *T. pretiosum*. When applied to *T. pretiosum* in the pupal stage, acetamiprid was slightly harmful to the parasitization capacity of F₂ generation females. When applied during the egg-larval period, imidacloprid was slightly harmful to the parasitization capacity of *T. pretiosum* females of the F₁ generation. Lufenuron applied on *T. pretiosum* in the pupal stage was slightly harmful to the parasitization capacity of the F₂ generation females. The insecticides novaluron and triflumuron, when applied during the immature stages to *T. pretiosum*, were harmless to its F₁ and F₂ generations.

Key words: Solanaceae. Insecticide selectivity. Parasitoids. Pesticides.

Resumen: Se evaluaron los efectos de los insecticidas químicos acetamiprid, lufenuron, imidacloprid, novaluron, triflumuron, y piriproxifen en las etapas de desarrollo de *Trichogramma pretiosum*. Se ofrecieron huevos de *Anagasta kuehniella* adheridos a cartón azul a las hembras de *T. pretiosum* durante 24 h. Después de parasitismo, los huevos fueron tratados por inmersión en las soluciones químicas o en agua durante cinco segundos, después de alcanzadas las etapas de huevo-larva, pre-pupa o pupa. La aplicación de piriproxifen a *T. pretiosum* durante su periodo de huevo-larva fue ligeramente perjudicial a la capacidad de parasitismo de las hembras de la generación F₁ y la tasa de emergencia de adultos de la generación F₁ y F₂. Cuando se aplicó a *T. pretiosum* en el período de huevo-larva, acetamiprid fue ligeramente perjudicial a la capacidad de parasitismo de las hembras de la generación F₁ de *T. pretiosum*. Cuando se aplicó a *T. pretiosum* en la fase de pupa, acetamiprid fue ligeramente perjudicial para la capacidad de parasitismo de las hembras de la generación F₂. Cuando se aplicó durante el período de huevo-larva, imidacloprid fue ligeramente perjudicial a la capacidad de parasitismo de las hembras de *T. pretiosum* de la generación F₁. Lufenuron aplicado en *T. pretiosum* en la fase de pupa fue ligeramente perjudicial para la capacidad de parasitismo de las hembras de la generación F₂. Los insecticidas novaluron y triflumuron cuando se aplicaron en los estados inmaduros de *T. pretiosum* fueron inofensivos para las generaciones F₁ y F₂.

Palabras clave: Solanaceae. Selectividad insecticidas. Parasitoides. Plaguicidas.

Introduction

Tomato crops are affected by a large number of pests and diseases (Santini 2001). In Brazil, tomato pests are controlled mainly by the indiscriminate use of chemical pesticides, which generally lead to biological imbalances and environmental pollution. A safer alternative for controlling some of the tomato pests is biological control utilizing parasitoids belonging to the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). According to Pratissoli and Parra (2001) and Haji *et al.* (2002), trichogrammatids have significantly contributed to reducing the populations of lepidopteran pests and the number of insecticide applications on tomato crops.

According to Haji *et al.* (1998), *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) has been used in the control of the tomato leaf caterpillar *Manduca diffissa* (Butler, 1871) (Lepidoptera: Sphingidae), tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (*Scrobipalpuloides*) (Lepidoptera: Gelechiidae), and tomato fruit borer *Neoleucinodes elegantalis* Guenée, 1854 (Lepidoptera: Crambidae), which demonstrates the potential of this species in pest control. However, one of the major obstacles to the use of this and other parasitoids in tomato crops is the continued use of large quantities of chemical pesticides. Another limiting factor is that there are few studies about the toxic effects of the new molecules on natural enemies of pests in tomato crops.

¹ Prof. Dr. in Entomology, Selectivity of pesticides for natural enemies. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, Minas Gerais, Brazil, C.P. 3037, CEP: 37200-000. E mail: gacarval@den.ufla.br. Corresponding Author

² Pós Dr. in Entomology, Selectivity of pesticides for natural enemies. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, Minas Gerais, Brazil, C.P. 3037, CEP: 37200-000.

³ Ms. Sc. in Entomology, Selectivity of pesticides for natural enemies. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, Minas Gerais, Brazil, C.P. 3037, CEP: 37200-000.

⁴ Graduate student of Agronomy, Selectivity of pesticides for natural enemies. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, Minas Gerais, Brazil, C.P. 3037, CEP: 37200-000.

(Degrande *et al.* 2002; Moura *et al.* 2005; Moura and Rocha 2006). Thus, the aim of the present work was to evaluate the toxicity of some new insecticides used in tomato crops applied during the immature developmental stages of *T. pretiosum* on F₁ generation adults, and also to evaluate the sublethal effects on the F₂ generation adults.

Material and Methods

The studies were carried out with parasitoids of the species *T. pretiosum* obtained from parasitized *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs, collected from a maize crop in the municipality of Piracicaba, São Paulo State, Brazil. The parasitoids were reared in the laboratory under controlled conditions (24±2 °C, 70±10% RH, and 12h photoperiod) on eggs of the factitious host *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae). The insecticides used in the tests with *T. pretiosum*, together with their technical and trade names, dosages, formulations, and chemical groups, are presented in Table 1. They are the latest products registered for control of tomato crop pests in Brazil. Distilled water was used as a control.

To evaluate the effects of the insecticides on immature stages of *T. pretiosum*, twenty fertile *T. pretiosum* females, aged about 24 h, were placed in individual glass tubes (8 cm x 2.5 cm) and fed with honey. The tubes were closed with polyvinyl chloride (PVC) film. About 125 UV-killed eggs of *A. kuehniella* were glued onto 5 x 0.5-cm paper cards and exposed to the females for parasitization for 24 h (Parra 1997). The supposedly parasitized eggs were kept in an acclimatized chamber at 24±2 °C, 70±10% RH and exposed to a 12-h photoperiod until the parasitoids reached the desired developmental stage for the application of the insecticides.

A total of 20 paper cards per treatment with parasitized *A. kuehniella* eggs (parasitoids in the egg-larval or pre-pupal or pupal stages; 0-24 h, 72-96 h, and 168-192 h after parasitism, respectively) were dipped into the insecticide solutions or into water for 5 s, dried in the shade for about 30 min and then placed in glass tubes. The tubes were kept in the acclimatized chamber as previously described. The effects of the insecticides applied during the immature stages on *T. pretiosum* adults emerging from the treated host eggs were also studied. The same number of females, card size and number of host eggs as previously described were employed; however, untreated 0-24-h old *A. kuehniella* eggs were presented to *T. pretiosum* F₁ and F₂ generation females, and biological parameters like adult emergence, sex ratio, and parasitization capacity were studied.

The effects of the insecticides on each immature stage of the parasitoid were measured by evaluating percent emergence [(number of eggs with parasitoid emergence holes/total number of parasitized eggs) x 100], sex ratio (number of females/number of females + males) according to the equation proposed by Pereira *et al.* (2004), and parasitism ratio (number of parasitized eggs/female/24 h) of F₁ and F₂ generations females. Each treatment was replicated five times, with the experimental plot represented by four paper cards with parasitized host eggs. A completely randomized three x seven factorial experimental design with three periods of parasitoid development vs. seven substances, totaling 21 treatments were used. The obtained data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Scott-Knott grouping test at 5% significance (Scott and Knott 1974).

The insecticides were also classified using the International Organization for Biological Control (IOBC) protocols (Sterk *et al.* 1999), considering the percent reduction of emergence and parasitism capacity of F₁ and F₂ generation females due to insecticide application at each immature stage in relation to the control treatment, as follows: class 1 = harmless (<30% reduction), 2 = slightly harmful (30-79% reduction), 3 = moderately harmful (80-99% reduction), and 4 = harmful (>99% reduction). The mean percent reduction of emergence capacity and number of eggs of the parasitoid were calculated with the equation: % reduction = 100 - [(% general mean of emergence or number of eggs in the treatment with the insecticide/% general mean of emergence or number of eggs of control) x 100].

Results and Discussion

Emergence and sex ratio of F₁ generation parasitoids. Only pyriproxyfen affected the emergence of *T. pretiosum* (F₁ generation) negatively, 28.4% emergence, when applied to host eggs with the parasitoid in the egg-larval stage (Table 2). This compound also produced a 24-h delay in the emergence of F₁ adults. The observed effects are thought to be related to the mechanism of action of the compound, since some insect growth regulators are agonists or antagonists of the juvenile hormone, which is responsible for the growth and/or the development of the immature forms of the insects. Pyriproxyfen mimics the action of the juvenile hormones in a number of physiological processes and is a potent inhibitor of embryogenesis, metamorphosis, and adult formation (Glancey *et al.* 1990; Ishaaya and Horowitz 1992; Miyamoto *et al.* 1993).

None of the evaluated insecticides reduced adult emergence in the F₁ generation when applied on the host eggs containing parasitoids in the pre-pupal stage. However, imida-

Table 1. Insecticides evaluated for selectivity to *Trichogramma pretiosum*.

Trade Name	Concentration/ Formulation	Technical Name	Dosages (g a.i. L ⁻¹ water)	Chemical Group
Mospilan	200 SP	Acetamiprid	0.05	Chloronicotinyl
Match	50 EC	Lufenuron	0.04	Benzoylphenylurea
Provado	200 CS	Imidacloprid	0.14	Chloronicotinyl
Rimon	100 EC	Novaluron	0.02	Benzoylphenylurea
Certero	480 CS	Triflumuron	0.14	Benzoylphenylurea
Cordial	100 EC	Pyriproxyfen	0.1	Pyridyl ether

The control treatment consisted of only distilled water.

Table 2. Percent emergence (\pm SEM) of F₁ generation of *Trichogramma pretiosum* from treated *Anagasta kuehniella* eggs with parasitoids in different developmental stages.

Treatment	Egg-larval ¹	Class ²	Pre-pupal ¹	Class ²	Pupal ¹	Class ²
Control	79.07 \pm 4.84aA	-	73.7 \pm 6.52aB	-	80.9 \pm 3.11aA	-
Acetamiprid	82.3 \pm 3.96aA	1	83.8 \pm 5.65aA	1	85.7 \pm 5.17aA	1
Imidacloprid	87.1 \pm 2.47aA	1	70.9 \pm 4.24bB	1	71.5 \pm 6.69bB	1
Lufenuron	89.5 \pm 3.66aA	1	86.8 \pm 2.02aA	1	71.3 \pm 10.27bB	1
Triflumuron	90.2 \pm 2.36aA	1	71.5 \pm 7.22bB	1	89.9 \pm 2.94aA	1
Novaluron	91.5 \pm 2.06aA	1	87.8 \pm 2.17aA	1	87.7 \pm 4.90aA	1
Pyriproxyfen	28.4 \pm 3.88bB	2	80.4 \pm 4.43aA	1	89.6 \pm 2.4aA	1

CV (%) = 13.2

¹Means followed by the same lower case letter within lines and upper case letter within columns do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Toxicity index recommended by Sterk *et al.* (1999).

cloprid and triflumuron treatments during the parasitoid pre-pupal stage reduced adult emergence in the F₁ generation by 16.2 and 18.7%, respectively, as compared to the emergence recorded when applied during the egg-larval period. The applications of imidacloprid and lufenuron on host eggs with parasitoids in the pupal stage led to a significant reduction of emergence of F₁ generation adults of *T. pretiosum* in comparison to the control and other treatments (Table 2). Carvalho *et al.* (2003) presented similar results for imidacloprid and lufenuron products, with only 70.3% and 72.8% adult emergence, respectively, when pupae in eggs of *A. kuehniella* were contaminated. Similar results were reported by Pratsoli *et al.* (2004), who observed that the number of *T. pretiosum* adults that emerged from lufenuron-treated *S. frugiperda* host eggs fell sharply.

Acetamiprid and novaluron were harmless, as they did not cause any reduction in adult emergence in the F₁ generation, regardless of the developmental stage of the parasitoid subjected to insecticide treatment. Different results were reported by Moura *et al.* (2005, 2006), who found that acetamiprid significantly decreased percent adult emergence in all stages tested. These differences in biological responses may be associated with distinct populations of *T. pretiosum*, as well as their geographical origins, as also discussed by Bleicher and Parra (1990) and Brunner *et al.* (2001).

When pyriproxyfen was applied in the egg-larval stage, it was slightly harmful (class 2) due to 30-70% reduction in adult emergence in the F₁ generation. Acetamiprid, imida-

cloprid, lufenuron, triflumuron, and novaluron were classified as harmless (class 1) when they were applied during the pre-pupal and pupal stages of *T. pretiosum*, giving an adult emergence of >70% (Table 2). Similar results were obtained by Moura *et al.* (2005) for acetamiprid, which was also categorized as class 1. However, imidacloprid has been classified as slightly harmful (class 2), differing from the result obtained in this work. This difference is possibly associated with the dose used by other authors, which was eight times higher than that of the present study.

The sex ratio of males and females of the F₁ generation of *T. pretiosum* that emerged from treated host eggs during the egg-larval period and the pre-pupal and pupal stages was not affected by any of the evaluated insecticides ($P > 0.05$), and there was no statistical difference between treatments, which presented average ratios of 0.5-0.6.

Parasitism capacity of F₁ generation parasitoids. Only lufenuron did not significantly reduce the parasitism capacity of F₁ females of *T. pretiosum* treated during the egg-larval period. However, this insecticide significantly reduced (14.7 and 13.2% parasitized eggs, respectively) the parasitism capacity of F₁ females treated during the pre-pupal and pupal stages, when compared with those treated in the egg-larval stage (Table 3). Carvalho *et al.* (2003) also observed negative effects for 0.28 g a.i.L⁻¹ and 0.4 g a.i.L⁻¹ imidacloprid and lufenuron, respectively, pulverized onto eggs of *A. kuehniella* with *T. pretiosum* parasitoids in the pupal stage.

Table 3. Number (\pm SEM) of eggs parasitized by *Trichogramma pretiosum* F₁ females from treated *Anagasta kuehniella* eggs with parasitoids in different developmental stages.

Treatment	Egg-larval ¹	Class ²	Pre-pupal ¹	Class ²	Pupal ¹	Class ²
Control	27.5 \pm 3.70aA	-	30.2 \pm 2.23aA	-	25.7 \pm 3.54aA	-
Acetamiprid	17.8 \pm 2.24bB	2	25.9 \pm 4.27aA	1	29.3 \pm 3.51aA	1
Imidacloprid	19.1 \pm 2.14aB	2	27.6 \pm 5.01aA	1	26.1 \pm 4.16aA	1
Lufenuron	33.3 \pm 1.96aA	1	18.6 \pm 4.65bA	1	20.1 \pm 1.92bA	1
Triflumuron	22.8 \pm 1.92aB	1	24.3 \pm 3.55aA	1	27.0 \pm 2.02aA	1
Novaluron	22.4 \pm 2.03aB	1	23.3 \pm 3.93aA	1	22.3 \pm 4.07aA	1
Pyriproxyfen	11.7 \pm 1.64bB	2	25.9 \pm 4.35aA	1	19.3 \pm 2.79aA	1

CV (%) = 31.02

¹Means followed by the same lower case letter within rows and upper case letter within columns do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Toxicity index recommended by Sterk *et al.* (1999).

Table 4. Percent of emergence (\pm SEM) of F₂ generation *Trichogramma pretiosum* wasps from treated *Anagasta kuehniella* eggs with parasitoids in different developmental stages.

Treatment	Egg-larval ¹	Class ²	Pre-pupal ¹	Class ²	Pupal ¹	Class ²
Control	80.6 \pm 6.53aA	-	73.7 \pm 5.76aA	-	76.4 \pm 4.79aA	-
Acetamiprid	59.0 \pm 6.26aB	1	84.7 \pm 6.88aA	1	75.2 \pm 9.06aA	1
Imidacloprid	58.5 \pm 6.30aB	1	84.1 \pm 15.36aA	1	68.0 \pm 9.19aA	1
Lufenuron	87.8 \pm 5.99aA	1	64.1 \pm 12.61bA	1	48.7 \pm 7.83bA	2
Triflumuron	66.7 \pm 7.30aB	1	88.6 \pm 8.23aA	1	77.2 \pm 4.0aA	1
Novaluron	69.7 \pm 4.65aB	1	66.2 \pm 5.23aA	1	70.7 \pm 9.65aA	1
Pyriproxyfen	56.1 \pm 5.07aB	2	72.5 \pm 7.86aA	1	58.3 \pm 5.75aA	1

CV (%) = 13.7

¹Means followed by the same lower case letter within rows and upper case letter within columns do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Toxicity index recommended by Sterk *et al.* (1999).

Treatments with acetamiprid and pyriproxyfen reduced the parasitism capacity of females from treated host eggs with parasitoids in the egg-larval period, as compared to other developmental stages of treatment with the insecticides. The parasitism capacity of F₁ generation females that emerged from parasitized host eggs treated during the pre-pupal and pupal stages was not negatively affected by the insecticides (Table 3). In a study of acetamiprid sprayed through a Potter tower, Moura and Rocha (2006) observed significant reduction in the capacity of parasitism (57.3%) of F₁ generation females when eggs of *A. kuehniella* with *T. pretiosum* were treated in the pupal stage. These conflicting results obtained in the treatment of the pupal stage are possibly associated with the different techniques used to treat host eggs.

IOBC classification (F₁ generation). According to the IOBC toxicity indices, acetamiprid, imidacloprid, and pyriproxyfen are slightly harmful (class 2), reducing parasitism by 30–79%, but only when applied to host eggs with parasitoids in the egg-larval stage. Lufenuron, triflumuron, and novaluron were harmless (class 1) when applied to all immature stages of *T. pretiosum*, which reduced parasitism by less than 30% in comparison to the control (Table 3). Rocha and Carvalho (2004) reported that lufenuron and triflumuron were classified as slightly harmful (class 2) and imidacloprid as moderately harmful (class 3), differing from the present study. The possible discrepancy of toxicological classification is associated with the different methodology used, since the studies were carried out by spraying insecticides directly onto adults and not onto immature forms of the parasitoid.

Emergence and Sex ratio (F₂ generation). The percent emergence of F₂ generation parasitoids was reduced by all insecticides, except lufenuron, when *A. kuehniella* eggs with parasitoids in the egg-larval stage were treated. However, treatment with lufenuron in the pre-pupal and pupal stages of the parasitoid reduced the percent emergence of F₂ generation parasitoids, as compared to treatment during the egg-larval stage (Table 4). Carvalho *et al.* (2003) reported different results, in which lufenuron showed significant reduction in relation to the control only when eggs of *A. kuehniella* containing parasitoids in the pupal stage were infected, which did not happen in egg-larval or pre-pupal stages. These differences in biological responses may be associated with distinct populations of *T. pretiosum* studied, as well as their geographical origins, as previously mentioned.

Considering the percent reduction in the emergence of F₂ generation specimens, pyriproxyfen was slightly harmful (class 2) to parasitoids in the egg-larval period, and lufenuron was slightly harmful only to parasitoids in the pupal stage. All the other compounds were harmless (class 1) to all immature stages (Table 4).

The sex ratio of F₂ generation parasitoids submitted to acetamiprid, imidacloprid, and triflumuron treatments was not adversely affected. Lufenuron treatment in the egg-larval and the pre-pupal stages reduced the proportion of females in the F₂ generation by from 0.2 to 0.4 on average, respectively. Novaluron application in the pre-pupal stage adversely affected the sex ratio of F₂ generation adults. Pyriproxyfen treatment in pre-pupal stage was less harmful with regard to

Table 5. Sex ratio (\pm SEM) of F₂ generation *Trichogramma pretiosum* wasps from treated *Anagasta kuehniella* eggs with parasitoids in different developmental stages.

Treatment	Egg-larval ¹	Pre-pupal ¹	Pupal ¹
Control	0.7 \pm 0.08aA	0.6 \pm 0.11aA	0.6 \pm 0.06aA
Acetamiprid	0.4 \pm 0.06aA	0.6 \pm 0.12aA	0.7 \pm 0.08aA
Imidacloprid	0.5 \pm 0.05aA	0.7 \pm 0.12aA	0.6 \pm 0.07aA
Lufenuron	0.2 \pm 0.10ab	0.4 \pm 0.13ab	0.4 \pm 0.07aA
Triflumuron	0.6 \pm 0.04aA	0.7 \pm 0.08aA	0.6 \pm 0.02aA
Novaluron	0.6 \pm 1.64aA	0.2 \pm 0.10bb	0.5 \pm 0.05aA
Pyriproxyfen	0.4 \pm 0.06bA	0.7 \pm 0.09aA	0.4 \pm 0.09bA

¹Means followed by the same lower case letter within rows and upper case letter within columns do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$).

Table 6. Number (\pm SEM) of eggs parasitized by *Trichogramma pretiosum* F₂ females from treated *Anagasta kuehniella* eggs with parasitoids in different developmental stages.

Treatment	Egg-larval ¹	Class ²	Pre-pupal ¹	Class ²	Pupal ¹	Class ²
Control	33.1 \pm 2.87aB		38.8 \pm 3.87aA		32.3 \pm 2.27aB	
Acetamiprid	39.5 \pm 5.50aA	1	35.6 \pm 3.25aB	1	22.3 \pm 2.53bC	2
Imidacloprid	49.5 \pm 1.61aA	1	36.1 \pm 4.85bB	1	40.9 \pm 2.80bA	1
Lufenuron	42.7 \pm 1.44aA	1	48.3 \pm 1.68aA	1	47.7 \pm 2.49aA	1
Triflumuron	29.4 \pm 3.51aB	1	29.0 \pm 5.77aB	1	24.5 \pm 2.15aC	1
Novaluron	37.5 \pm 1.64aA	1	32.4 \pm 2.42aB	1	40.1 \pm 1.11aA	1
Pyriproxyfen	40.1 \pm 1.92aA	1	41.6 \pm 1.67aA	1	31.2 \pm 3.99bB	1
CV (%) = 13.7						

¹Means followed by the same lower case letter within rows and upper case letter in columns do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Toxicity index recommended by Sterk et al. (1999).

sex ratio of F₂ generation adults as compared to its treatment during the other developmental stages (Table 5).

Parasitism capacity of F₂ generation parasitoids. Insecticide application during the egg-larval stage of *T. pretiosum* did not significantly reduce the parasitism capacity of F₂ generation females. Treatments with acetamiprid, imidacloprid, triflumuron, and novaluron applied in the pre-pupal stage and acetamiprid and triflumuron applied in the pupal stage of *T. pretiosum* reduced the parasitism capacity of F₂ generation females (Table 6). The capacity of parasitism of the different stages of the F₂ generation of parasitoids exposed to lufenuron, triflumuron, and novaluron did not present any negative effect from the pesticides. Imidacloprid affected parasitism capacity, except in the egg-larval stage. Acetamiprid and pyriproxyfen applied in the pupal stage of the parasitoid adversely affected the parasitism capacity of F₂ generation females.

IOBC classification (F₂ generation). Acetamiprid, when used during the pupal stage of the parasitoid, was slightly harmful (class 2) with respect to parasitism capacity of F₂ generation females, while the other insecticides were harmless (class 1) when applied during all immature stages (Table 6). The compounds that were harmful to *T. pretiosum* in the present study may be more or less toxic in field conditions due to the effect of various abiotic factors. Thus, there is a need for field validation of the laboratory results. Furthermore, the experiments must also be carried out using the natural host to evaluate the impact of the pesticides on this parasitoid species so that safer pesticides can be associated with the release of parasitoids in integrated pest control programs.

Conclusions

When applied to *T. pretiosum* in the egg-larval period, acetamiprid, imidacloprid, and pyriproxyfen were slightly harmful to the parasitism capacity of F₁ generation females, and so was pyriproxyfen to the emergence rates of F₁ and F₂ generation adults. When applied to *T. pretiosum* in the pupal stage, acetamiprid was slightly harmful to the parasitism capacity of F₂ generation females, as well as lufenuron to the percent emergence of F₂ generation adults. In general, acetamiprid, imidacloprid, lufenuron, and pyriproxyfen were toxic to *T. pretiosum* when applied in different immature stages. Greenhouse and field studies are required to validate the labora-

tory trial results. Regardless of the immature stage of *T. pretiosum* at the time of pesticide application, triflumuron and novaluron were harmless to F₁ and F₂ generation parasitoids, thus being recommended as safe insecticides for integration with parasitoid use in pest control programs.

Acknowledgements

We acknowledge research grants from the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for financial support.

Cited literature

- BLEICHER, E.; PARRA, J. R. P. 1990. Espécies de *Trichogramma* parasitóides de *Alabama argillacea*. III: Determinação das exigências térmicas de três populações. Pesquisa Agropecuária Brasileira 25 (2): 215-219.
- BRUNNER, J. F.; DUNLEY, J. E.; DOERR, M. D.; BEERS, E. H. 2001. Effect of pesticides on *Colpocephalus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leafrollers in Washington. Journal of Economic Entomology 94 (5): 1075-1084.
- CARVALHO, G. A.; REIS, P. R.; ROCHA, L. C. D.; MORAES, J. C.; FUINI, L. C.; ECOLE, C. C. 2003. Side-effects of insecticides used in tomato fields on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Acta Scientiarum 25 (2): 275-279.
- DEGRANDE, P. E.; REIS, P. R.; CARVALHO, G. A.; BELARMINO, L. C. 2002. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. p. 71-94. In: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. M.; Corrêa-Ferreira, B. S.; Bento, J. M. S. (eds.). Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Editora Manole. São Paulo. Brasil. 609 p.
- GLANCEY, B. M.; REIMER, N.; BANKS, W. A. 1990. Effects of IGR fenoxycarb and sumitomo S-31183 on the queens of two myrmicine ant species. p. 604-613. In: Vander Meer, R. K.; Jaffe, K.; Cedeno, A. (eds.). Applied Myrmecology: A World Perspective. Westview Press. Boulder. USA. 741 p.
- HAJI, F. N. P.; ALENCAR, T. A.; PREZOTTI, L. 1998. Principais pragas do tomateiro e alternativas de controle. Petrolina: Embraapa-CPATSA, 51 p.
- HAJI, F. N. P.; PREZOTTI, L.; CARNEIRO, J. S.; ALENCAR, J. A. 2002. *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial, p. 477-494. In: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. M.; Corrêa-Ferreira, B. S.; Bento, J. M. S. (eds.). Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Editora Manole. São Paulo. Brasil. 609 p.

- ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A. R. 1992. Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweet potato whitefly. *Journal of Economic Entomology* 85 (6): 2113-2117.
- MIYAMOTO, J.; HIRANO, M.; TAKIMOTO, Y.; HATAKOSHI, M. 1993. Insect growth regulators for pest control, with emphasis on juvenile hormone analogs: Present status and future prospects. p. 144-168. In: Duke, S. O.; Menn, J. J.; Plimmer, J. R. (eds.). Pest control with enhanced environmental safety. ACS Symposium Series 524. Washington. USA. 357 p.
- MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; PEREIRA, A. E.; ROCHA, L. C. D. 2006. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. *BioControl* 51: 769-778.
- MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A; RIGITANO, R. L. O. 2005. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40 (3): 203-210.
- MOURA, A. P.; ROCHA, L. C. D. 2006. Seletivos e eficientes. Cultivar: Hortaliças e Frutas 6 (36): 6-8.
- PARRA, J. R. P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. p. 121-150. In: Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A. (eds.). *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Editora FEALQ. Piracicaba. Brasil. 324 p.
- PEREIRA, F. F.; BARROS, R.; PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. 2004. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criados em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Neotropical Entomology* 33 (2): 231-236.
- PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. 2001. Seleção de linhagens de *Trichogramma pretiosum* para o controle das traças *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 30 (2): 277-282.
- PRATISSOLI, D.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F.; REIS, E. F. dos; FERREIRA, A. T. 2004. Ação transovariana de lufenuron (50g/L) sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e seu efeito sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciência Agropecuária* 28 (1): 9-14.
- ROCHA, L. C. D.; CARVALHO, A. C. 2004. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. *Acta Scientiarum* 26 (3): 315-320.
- SANTINI, A. 2001. Tomate. Manejo de pragas e doenças. *Correio Agrícola* 2 (1): 8-11.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512.
- STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BINGER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J. N. M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSÓ, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, L.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J. J.; VAINIO, M.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *BioControl* 44 (1): 99-117.

Recibido: 10-jun-2009 • Aceptado: 1-may-2010

Screening of two *Trichogramma* species, native to southeastern Brazil, for the control of tobacco budworm

Estudio de dos especies de *Trichogramma*, nativas del suroeste de Brasil, para el control del gusano cogollero del tabaco

GILBERTO SANTOS ANDRADE^{1*}, DIRCEU PRATISSOLI², REGINALDO BARROS³,
HUGO BOLSONI ZAGO⁴, ALEXANDRE IGOR DE AZEVEDO PEREIRA¹ and LEANDRO PIN DALVI⁵

Abstract: The biological control of insect pests using parasitoids may have limited success without an understanding of the effect of temperature on natural enemies. The objective was to determine the parasitism, egg viability and sex ratio of *Trichogramma exiguum* and *Trichogramma acacioi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to control *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs after two generations on eggs of *Anagasta kuehniella* at 18, 20, 25, 30 and 33°C. The increase in temperature favored the parasitism of *T. exiguum*. The egg viability of *T. exiguum* ranged between 70.1 and 97.1% and from 81.5 to 98.4% for *T. acacioi* in *H. virescens* eggs. The sex ratio of *T. acacioi* was constant at all temperatures studied, with only females in the progeny. *Trichogramma exiguum* reared in *H. virescens* eggs met the standards of quality control for mass production. *Trichogramma exiguum* showed higher parasitism than *T. acacioi* at high temperatures. However, both species had low parasitism on *H. virescens* eggs.

Keywords: Egg parasitoid. Trichogrammatidae. Temperature. Cotton insect pest. *Heliothis*.

Resumen: El control biológico de insectos con parasitoides podría tener éxito limitado sin entender el efecto de la temperatura sobre los enemigos naturales. El objetivo fue determinar el parasitismo, la viabilidad de los huevos y la razón sexual de *Trichogramma exiguum* y *Trichogramma acacioi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para controlar los huevos de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) después de dos generaciones sobre huevos de *Anagasta kuehniella* a 18, 20, 25, 30 y 33°C. El aumento en temperatura favoreció el parasitismo de *T. exiguum*. La viabilidad de los huevos de *T. exiguum* osciló entre 70.1 y 97.1% y entre 81.5 a 98.4% para *T. acacioi* en los huevos de *H. virescens*. La razón sexual de *T. acacioi* fue constante en todas las temperaturas estudiadas con solamente hembras en la progenie. Criado en los huevos *H. virescens*, *T. exiguum* alcanzó las normas de control de calidad para la producción masiva. *Trichogramma exiguum* presentó un mayor parasitismo que *T. acacioi* a las temperaturas altas. No obstante, ambas especies presentaron bajo parasitismo de huevos de *H. virescens*.

Palabras clave: Parasitoide de huevos. Trichogrammatidae. Temperatura. Insectos plaga del algodón. *Heliothis*.

Introduction

Cotton plants can host a number of insects that cause significant damage to this crop. The use of insecticides is a widely used method to control pests, which generally contributes to the selection of resistant insect populations (McCafferry 1998).

Biological interactions between the pest and the environment can be used as a strategy to reduce the use of insecticides (Ghini and Bettoli 2000; Waage 2001). For example, egg parasitoid species of the genus *Trichogramma* can control insect pests in different agroecosystems (Pratissoli *et al.* 2005a; Bueno *et al.* 2008; Faria *et al.* 2008). However, research is necessary to predict the impact of natural enemies on the target pest prior to mass release programs (Parra *et al.* 1991; Pastori *et al.* 2007). Furthermore, highly specific parasitoids must be selected to control their host insect pest (Molina and Parra 2006; Yong and Hoffmann 2006).

Both the temperature and host species may impact the flight capacity, parasitism, longevity, viability and sex ratio of parasitoids (Gutierrez *et al.* 2007; Soares *et al.* 2007; Pandey and Tripathi 2008), which can modify the population dynamics of *Trichogramma* spp. and their role in biological control strategies (Pratissoli *et al.* 2005b). Thus, studies evaluating the impact of temperature on *Trichogramma* biology can help improve the establishment and efficacy of natural enemies in agroecosystems (Zilahi-Balogh *et al.* 2007). The phenotypic plasticity and physiological status of natural enemies may result in varying levels of performance.

The objective of this research was to study the parasitism, viability and sex ratio of *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner, 1978 and *Trichogramma acacioi* Brun, Moraes & Soares, 1984 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under different thermal conditions to control *Heliothis virescens* (F., 1777) (Lepidoptera: Noctuidae).

¹ Bioagro/Laboratório de Controle Biológico, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais - Brasil.

* gilbertoandrade1@yahoo.com.br; aipereira@yahoo.com.br. Author for correspondence.

² Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, 29500-000, Alegre, Espírito Santo - Brasil. dirceu.pratissoli@gmail.com.

³ Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-000, Recife, Pernambuco - Brasil. rbarros@ufrpe.br.

⁴ Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco - Brasil. zagoh@hotmail.com.

⁵ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais - Brasil. leandro.dalvi@ufv.br.

Material and Methods

The experiment was conducted at the Department of Scientific and Technological Development in Pest Management of the Center for Agrarian Sciences, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo state, Brazil, in acclimated chambers at temperatures of 18, 20, 25, 30 and 33°C, with a relative humidity of 70 ± 10% and a photophase of 12 hours.

Trichogramma exiguum (T.e strain 2) were collected in corn fields (Oliveira *et al.* 2005) and *T. acacioi* (T.ac) from avocado. Both parasitoids were captured with eggs of *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae). Parasitoids were reared in eggs of the factitious host *Anagasta kuehniella* attached on cardboard paper (4.0 x 2.5 cm; central area of 2.5 cm²) and exposed to UV light for 50 minutes. Parasitism was allowed for 24 hours, and the parasitized eggs were kept in glass tubes (8.5 x 2.5 cm) (Parra 1997). Species were identified by Dr. B. Ranyse Querino from Brazilian Agricultural Corporation-Embrapa Roraima, Roraima state, Brazil.

Heliothis virescens (Lepidoptera: Noctuidae) was established from insects provided by the Laboratory of Insects Biology from Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. Insects were reared in an acclimatized room (temperature 25 ± 1°C, RH 70 ± 10% and photophase of 12 hours). The adults of *H. virescens* were kept in cages made with PVC tubes (20 cm diameter x 25 cm in height), internally lined with sheets of standard A4 white paper for oviposition. The top of the cage was closed with fabric. Adult moths were fed with a 10% honey solution.

Heliothis virescens eggs were collected and maintained in acclimated chambers (25 ± 1°C, RH 70 ± 10% and photophase of 12 h) until emergence. Larvae were then individually placed in sterilized (100°C for 1.5 h) glass tubes (8.5 x 2.5 cm) until pupation with ¼ of its volume with artificial diet based on wheat bran and beans adapted to *H. virescens* (Greene *et al.* 1976). *Trichogramma* species were maintained for two generations in eggs of *A. kuehniella* at temperatures of 18, 20, 25, 30 and 33°C for temperature adaptation.

Newly emerged mated females species of *Trichogramma* were individually placed in glass tubes (4.5 x 0.7 cm). Each one received 30 *H. virescens* eggs on blue cardboard (3.0 x 0.5 cm). The eggs were fixed with 10% arabic gum. Parasitism was allowed for 24 hours. The cards with parasitized *H. virescens* eggs were maintained in glass tubes (8.5 x 2.5 cm) sealed with PVC plastic.

The percentage of parasitism, egg viability, sex ratio and number of parasitoids per egg were recorded. The treatments were arranged in a completely randomized design with 15 replications. Each replicate was represented by a parasitoid female. Regression equations were used to explain the variations in those parameters due to temperature. In order to achieve the most accurate predictive equations, the data were fitted based on the coefficient determination (R^2), and the significance of the coefficients regression (SSI), and the regression F test (≤ 0.05).

Results and Discussion

Trichogramma acacioi showed higher parasitism in *H. virescens* eggs than *T. exiguum* at 18°C (Fig. 1). However, at

temperatures above 20°C, the percentage of parasitism was higher for *T. exiguum* than for *T. acacioi*. Different thermal requirements were apparent between the two *Trichogrammatidae* species. The greatest parasitism potential of *T. exiguum* was at 25°C. Similar results were found by Gomes-Torres *et al.* (2008) for *Trichogramma atopovirilia* Oatman y Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in eggs of *Gymnandrosoma aurantianum* Lima, 1927 (Lepidoptera: Tortricidae). On other hand, the potential parasitism of *T. acacioi* was reduced at that temperature.

Such variations of parasitism can be related to the adaptation of the species to the climate conditions where they were collected. Differences between *T. exiguum* and *T. acacioi* indicate that the biology of these species have variations, probably, due to the host *H. virescens* or temperature. This is supported by studies on the biological and thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *T. acacioi* on factitious hosts (Pratissoli *et al.* 2005b).

The higher parasitism of *T. acacioi* at lower temperatures is likely explained by the occurrence of this species in a milder climate than *T. exiguum* (Pratissoli and Fornazier 1999). Similarly, *T. pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) strain on *Bonagota salubricola* (Meyrick, 1931) (Lepidoptera, Tortricidae) had better parasitism rate at 18°C (Pastori *et al.* 2007). Thus, interspecific genetic variations are probably involved in the response of insects to temperature changes (Hercus *et al.* 2000).

Egg viability at different temperatures ranged between 70.1 and 97.1% and from 81.5 to 98.4% in *H. virescens* eggs for *T. acacioi* and for *T. exiguum*, respectively (Fig. 2). Differences between parasitoid species were observed only above 25°C. Moreover, for both species of parasitoids, the egg viability was reduced at temperatures greater than 25°C. However, *T. acacioi* developing in *H. virescens* showed higher egg viability than the same egg parasitoid in *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) (Pratissoli *et al.* 2008),

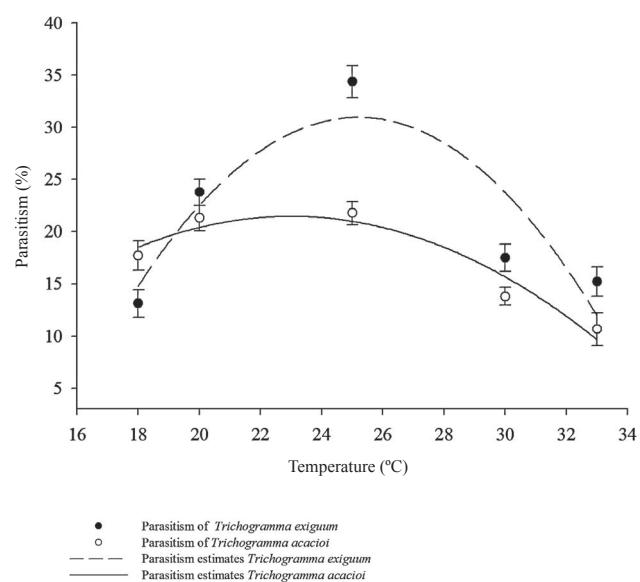


Figure 1. Parasitism (±SE) of *Trichogramma exiguum* ($Y = -0.3122x^2 + 15.733x - 167.25$; $R^2 = 0.77$) and *Trichogramma acacioi* ($Y = -0.118x^2 + 5.427x - 40.91$; $R^2 = 0.92$) on *Heliothis virescens* eggs at different temperatures.

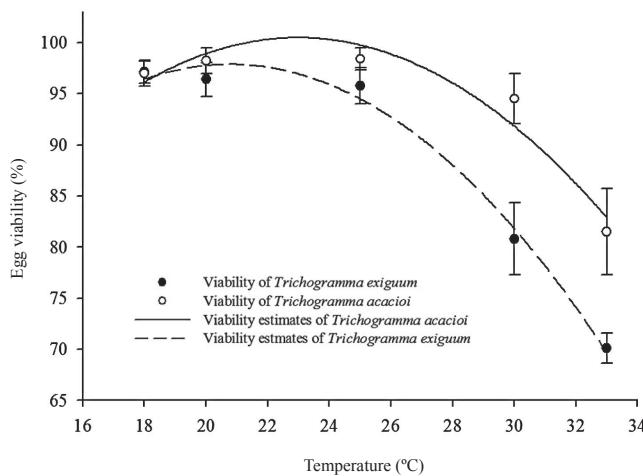


Figure 2. Viability (\pm SE) of *Trichogramma exiguum* ($Y = -0.1749x^2 + 8.037x + 8.18$; $R^2 = 0.94$) and *Trichogramma acacioi* ($Y = -0.188x^2 + 7.82x + 16.674$; $R^2 = 0.99$) on *Heliothis virescens* eggs at different temperatures.

indicating the influence of developing host. The egg viability of *T. exiguum* and *T. acacioi* was satisfactory between 18 and 30°C, with values above the minimum required for quality control in mass rearing of parasitoids (Navarro 1990). The results found on the present study for *T. exiguum* and *T. acacioi* were similar to these for *Trichogramma maxacalii* Vogelé y Pointel, 1980 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in eggs of *Oxydia vesulia* (Cramer, [1779]) (Lepidoptera: Geometridae) at different embryonic stages (Oliveira *et al.* 2003).

The sex ratio of *T. acacioi* was constant at all temperatures studied with only females in the progeny. Similar results were found with *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi, 2003 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared in *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) (Zago *et al.* 2006). Despite showing variation in sex ratio, *H. virescens* eggs were appropriate as a host for *T. exiguum* such the standards of quality control in mass production (Lenteren *et al.* 2003).

Both southeastern species *Trichogramma* showed low parasitism with better fitness of *T. exiguum* than *T. acacioi*. The selection of *Trichogramma* to achieve the control of insect pests is necessary also to determine other features such as biological and behavioral aspects of the pests and parasitoids, pest population dynamics, release techniques, selectivity studies, and efficiency evaluation (Smith 1996; Parra and Zucchi *et al.* 2004). Higher rates of parasitism with *Trichogramma* species have been achieved by preimaginal conditioning, but in practice the natural enemies are reared and released with alternative hosts. Thus, the results with *T. exiguum* and *T. acacioi* suggest a possible effect without retention of learning, which can induce a change in adult behavior.

Acknowledgements

To Laboratory of Insect Biology of the Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. To the Brazilian agencies “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tec-

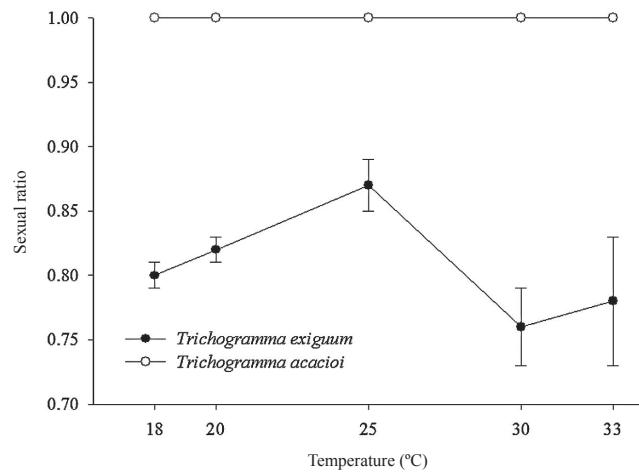


Figure 3. Sex ratio (\pm SE) de *Trichogramma exiguum* and *Trichogramma acacioi* on *Heliothis virescens* eggs at different temperatures.

nológico (CNPq)”, “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)” “CAPES and Dr. B. Ranyse Querino for identification of parasitoids species.

Literature cited

- BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S. 2008. Effects of pesticides used in soybean crop to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. Ciência Rural 38 (6): 1495-1503.
- FARIA, C. A.; TORRES, J. B.; FERNANDES, A. M. V.; FARIA, A. M. I. 2008. Parasitism of *Tuta absoluta* in tomato plants by *Trichogramma pretiosum* Riley in response to host density and plant structures. Ciência Rural 38 (6): 1504-1509.
- GHINI, R.; BETTIOL, W. 2000. Proteção de plantas na agricultura sustentável. Cadernos de Ciência e Tecnologia 17 (1): 61-70.
- GÓMEZ-TORRES, M. L.; ARAB, A.; NAVA, D. E.; PARRA, J. R. P. 2008. Factores que afectan el parasitismo de *Trichogramma atropovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre el barrenador de los cítricos *Gymnandrosoma aurantiانum* (Lepidoptera: Tortricidae). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 34 (1): 3-9.
- GREENE G. L.; LEPPA, N. C.; DICKERSON, W. A. 1976. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. Journal of Economic Entomology 69: 487-488.
- GUTIÉRREZ, A. P.; DAANE, K. M.; PONTI, L.; WALTON, V. M.; ELLIS, C. K. 2008. Prospective evaluation of the biological control of vine mealybug: refuge effects and climate. Journal of Applied Ecology 45 (2): 524-536.
- HERCUS, M. J.; BERRIGAN, D.; BLOWS, M. W.; MAGIAFO-GLOU, A.; HOFMANN A. A. 2000. Resistance to temperature extremes between and within life cycle stages in *Drosophila serrata*, *D. birchii* and their hybrids: intraspecific and interspecific comparisons. Biological Journal of the Linnean Society 71 (3): 403-416.
- LENTEREN, J. C. V.; HALE, A.; KLAWIJK, J. N.; VAN SCHELT, J.; STEINBERG, S. 2003. Guidelines for quality control of commercially produced natural enemies, p.265-303. In: Lenteren, J. C. V. (ed.). Quality control and production of biological control agents: Theory and testing procedures. CAB Publishing. Cambridge. England. 327 p.
- MCCAFFERY, A. R. 1998. Resistance to insecticides in heliothine lepidoptera: a global view. Philosophical Transactions of the Royal Society B 353 (1376): 1735-1750.

- MOLINA, R. M. D.; PARRA, J. R. P. 2006. Selection of *Trichogramma* strains and determination of number of parasitoids to be released to control *Gymnandrosoma aurantiianum* Lima (Lepidoptera, Tortricidae). Revista Brasileira de Entomologia 50 (4): 534-539.
- NAVARRO, M. A. 1990. Producción, uso y manejo en Colombia: El *Trichogramma* spp., Palmira: ICA, Colombia. 184 p.
- OLIVEIRA, H. N.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; SERRAO, J. E. 2003. Influência da idade dos ovos de *Oxydia vesulina* no parasitismo de *Trichogramma maxacalii*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38 (4): 551-554.
- OLIVEIRA, H. N.; PRATISSOLI, D.; DALVI, L. P. 2005. Ocorrência de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner (Hym.: Trichogrammatidae) na Cultura do Milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 4 (2): 259-261.
- PANDEY, A. K.; TRIPATHI, C. P. M. 2008. Effect of temperature on the development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of *Campoletis chlorideae*, an endolunarval parasitoid of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. Biocontrol 53 (3): 461-471.
- PARRA, J. R. P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. pp. 121-150. In: Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A. (Eds.). *Trichogramma e o controle biológico*. FEALQ. Piracicaba. Brazil. 324p.
- PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. Neotropical Entomology 33 (3): 271-281.
- PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; HADDAD, M. L. 1991. Biology and thermal requirements of *Trichogramma galloii* and *T. distinctum* Zucchi, on two alternative hosts, p.81-84. In International Symposium on *Trichogramma* and other eggs parasitoids, 3, INRA, Paris. France. 246 p.
- PASTORI, P. L.; MONTEIRO, L. B.; BOTTON, M.; PRATISSOLI, D. 2007. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) sob diferentes temperaturas. Neotropical Entomology 36 (6): 926-931.
- PRATISSOLI, D.; FORNAZIER, M. J. 1999. Ocorrência de *Trichogramma acacioi* Brun, Moraes e Soares (Hym.: Trichogrammatidae) em ovos de *Nipteria panacea* Thierry-Mieg (Lep.: Geometridae), um geometrídeo desfolhadador do abacateiro. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 28 (2): 347-349.
- PRATISSOLI, D.; THULER R. T.; ANDRADE, G. S.; ZANOTTI, L. C. M.; SILVA, A. F. 2005a. Estimativa de *Trichogramma pretiosum* para controle de *Tuta absoluta* em tomateiro estaqueado. Pesquisa Agropecuária Brasileira 40 (7): 715-718.
- PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; VIANNA, U. R.; ANDRADE, J. S.; PINON, T. B. M.; ANDRADE, G. S. 2005b. Thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hym.:Trichogrammatidae), parasitoids of the avocado defoliator *Nipteria panacea* (Lep:Geometridae), in eggs of two alternative hosts. Brazilian Archives of Biology and Technology 48 (4): 523-529.
- PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTZ, A. M.; DALVI, L. P.; SILVA, A. F.; SILVA, L. N. 2008. Selection of *Trichogramma* species for controlling the Diamondback moth. Horticultura Brasileira 26: 194-196.
- SMITH, S. M. 1996. Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes, and potential of their use. Annual Review of Entomology 41: 375-406.
- SOARES, M. A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; ROCHA, S. L.; DE SA, V. G. M.; SERRÃO, J. E. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. Phytoparasitica 35 (3): 314-318.
- YONG, T. H.; HOFFMANN, M. P. 2006. Habitat selection by the introduced biological control agent *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and implications for non-target effects. Environmental Entomology 35 (3): 725-732.
- WAAGE, J. K. 2001. Indirect ecological effects in biological control: the challenge and the opportunity. p.1-12. In: Wajnberg, E.; Scott, J.K.; Quimby, P.C. (Eds.). *Evaluating indirect ecological effects of biological control*. CAB International. Oxon. England. 261p.
- ZAGO, H. B.; PRATISSOLI, D.; BARROS, R.; GONDIM, JR, M. G. C.; 2006. Biologia e Exigências Térmicas de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em Hospedeiros Alternativos. Neotropical Entomology 35 (3): 377-381.
- ZILAHİ-BALOGH, G. M. G.; SHIPP, J. L.; CLOUTIER, C.; BRODEUR, J. 2007. Predation by *Neoseiulus cucumeris* on the western flower thrips, and its oviposition on greenhouse cucumber under winter vs. summer conditions in a temperate climate. Biological Control 40 (2):160-167.

Recibido: 25-mar-2009 • Aceptado: 16-ene-2010

Use of soil insecticides to control the Brazilian ground pearl (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards

Uso de insecticidas de suelo para el control de la perla de la tierra brasileña (Hemiptera: Margarodidae) en viñedos

MARCOS BOTTON¹, IVONEL TEIXEIRA², ALVIMAR BAVARESCO³ and PATRIK LUIZ PASTORI⁴

Abstract: The Brazilian ground pearl (BGP), *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae), is one of the most important grape pests in Brazil. Granular and water dispersible granule formulations, doses of application, times of treatment, and application technology of the soil insecticides imidacloprid and thiamethoxam were evaluated to control BGP in infested vineyards. Thiamethoxam and imidacloprid effectively reduced BGP by 90% in established vineyards. No difference in insect control was observed between the formulations of thiamethoxam. Multiple applications of thiamethoxam in November and January were more effective than a single treatment delivered in November. Doses higher than 0.2 g a.i./plant of imidacloprid and thiamethoxam reduced BGP infestations in 3-year-old vineyards. The granular formulation of thiamethoxam was more effective when applied around the root system than when delivered in six points around the trunk using a hand-operated granular spreader. Drench application of imidacloprid and thiamethoxam using a hand-operated hydraulic sprayer was effective for insecticide treatment, allowing regulation of the amounts of water and active ingredients applied per plant.

Key words: *Eurhizococcus brasiliensis*. Neonicotinoids. Imidacloprid. Thiamethoxam.

Resumen: La perla de la tierra brasileña (BGP), *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae), es una de las especies más importantes de la vid en el Brasil. Las formulaciones granulado y gránulos dispersables en agua, las tasas de aplicación, los tiempos de tratamiento, y métodos de aplicación de los insecticidas de suelo imidacloprid y tiamethoxam, fueron evaluados para controlar BGP en viñedos infestados. Tiamethoxam e imidacloprid efectivamente redujeron BGP por 90% en los viñedos establecidos. No se observó diferencia en el control de insectos entre formulaciones del tiamethoxam. Múltiples aplicaciones de tiamethoxam en noviembre y enero fueron más efectivas que un solo tratamiento dado en noviembre. Los dosis superiores a 0.2 g i.a./ planta de imidacloprid y tiamethoxam redujeron infestaciones de BGP en viñedos de tres años de edad. La formulación de granulado tiamethoxam fue más eficaz cuando se aplicó en todo el sistema de raíces que cuando se hizo en seis puntos alrededor del tronco utilizando una dispersadora manual granular. La aplicación de imidacloprid y tiamethoxam humedecida utilizando un pulverizador manual de accionamiento hidráulico fue eficaz para el tratamiento de insecticida, permitiendo la regulación de las cantidades de agua y los ingredientes activos aplicados por planta.

Palabras clave: *Eurhizococcus brasiliensis*. Neonicotinoides. Imidacloprid. Thiamethoxam.

Introduction

Brazilian ground pearl (BGP) *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) is one of the major grape pests occurring in Brazil (Hickel 1994; Soria and Dal Conte 2000; Botton *et al.* 2004). Similar species such as *Margarodes vitis* (Philippi, 1884) (Hemiptera: Margarodidae) are registered for Chile (Gonzalez *et al.* 1969), *Eurhizococcus colombianus* Jakubsky, 1965 (Hemiptera: Margarodidae) for Colombia (Kondo 2001; Quiñones *et al.* 2008; Rodrígues and Gómez 2008) and *M. capensis* Giard, 1897, *M. greeni* Brain, 1915, *M. prieskaensis* (Jakubski, 1965), *M. trimeni* Giard, 1897 and *M. vredendalensis* De Klerk, 1983 in South Africa (De Klerk 1987; Foldi 2005). BGP is a soil scale native to southern Brazil, and its immature stages feed on the roots of more than 80 species of plants (Botton *et al.* 2004). Scale reproduction is parthenogenetic facultative with one generation per year, producing crawlers from November to March (Botton *et al.* 2003). Infested plants show a gradual decline in vigor that becomes more severe with time.

Plant decline and death are the result of scale sap suction in the roots. Shoots become shorter and thinner, with smaller leaves, followed by death of the cordons, finally the entire vine dies. The duration of this process varies but vines can be killed within four years. Great economic hardship occurs in the vineyards where growers must abandon grape cultivation and move to new areas free of the pest.

Pest spread occurs mainly in the roots of contaminated vegetative material and machinery used in infested vineyards (Botton *et al.* 2004). After contamination in the field, pest dispersion usually starts in patches that gradually become larger because of the migration of nymphs in the soil. This movement is assisted by Argentine ants *Linepithema humile* (Mayr, 1868) (Hymenoptera: Formicidae) which tend nymphs, helping the pest to colonize new roots (Hickel 1994). Measures to reduce BGP damage are difficult to implement because of scale polyphagy, subterranean development, an apodous feeding nymphal instar called a cyst and the defensive strategy of constructing a separate protective layer around their body from their own liquid excreta (Foldi 2005).

¹ D. Sc., Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento 515, Caixa Postal 130, CEP: 95.700-000. Bento Gonçalves, RS, Brasil. marcos@cnpuv.embrapa.br.

² M. Sc., Comercial Agrícola Gervasoni, Rua Alencar Araripe 307, CEP: 95.720-000. Farroupilha, RS, Brasil. ivonel.sol@solferti.com.br.

³ D. Sc., Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Unidade de Vigilância Agropecuária de Quarai, Rua Duque de Caxias 1080, CEP: 97.560-000. Quarai, RS, Brasil. alvimar@agricultura.gov.br.

⁴ M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia (Pós-Graduação), Av. P.H. Rolfs s/nº, Campus Universitário, CEP: 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil. plpastori@yahoo.com.br. Corresponding author.

Current pest management techniques use resistant rootstocks (VR 43-43 and VR 39-16 - *V. rotundifolia* x *V. vinifera*) (Botelho *et al.* 2005), organic matter to complement plant nutrition, cover crop management inside vineyards to reduce pest dispersal and application of insecticides (Botton *et al.* 2003; Dalbó *et al.* 2007). Chemical control is an important component in BGP management; however, previous trials conducted to select effective products were not successful (Gonzalez *et al.* 1969; De Klerk 1987; Soria and Braghini 1999; Soria and Grigoletti Júnior 1999). Some experiments have shown that phosphine and methidathion applied on roots of propagative material are alternatives to control cysts and avoid insect spread (Dalbó and Crestani 1988; Hickel *et al.* 1997; Hickel and Schuck 2005). In established vineyards, foliar applied vamidothion was the principal chemical product used for BGP management (Soria and Braghini 1999; Teixeira *et al.* 2002), however, this product has been withdrawn from the Brazilian market.

Neonicotinoid insecticides showed promising results for BGP control when applied to new plantings (Teixeira *et al.* 2002) and when used with resistant root-stocks and soil management (Dalbó *et al.* 2007). Both imidacloprid and thiamethoxam have shown excellent activity against sucking insects in grape and other fruit crops and show promise as alternatives for grape pest management. In this work, granulated and water dispersible granules formulations, doses of application, times of treatment, and application technique of the soil applied insecticides imidacloprid and thiamethoxam were evaluated to control BGP in commercial vineyards.

Material and Methods

Insecticides, product application, and insect sampling. Commercial formulations of imidacloprid (Confidor 700 GRDA®, Bayer Crop Science) and thiamethoxam (Actara 10 GR® and Actara 250 WGR®, Syngenta) were evaluated. Actara 10 GR® is a granular formulation with 10 g/kg (1%) of thiamethoxam, whereas Actara 250 WGR® and Confidor 700 GRDA® are granules micro dispersible in water containing 250 g/kg (25%) of thiamethoxam and 700 g/kg (70%) of imidacloprid, respectively.

Imidacloprid and thiamethoxam were diluted in 2 liters of water and applied as a drench with a watering can to the soil around the trunk. Before application, the soil around the plants was cleared to avoid insecticide absorption by surrounding vegetation. Granulated thiamethoxam was manually distributed uniformly around the plants incorporating the grains into the soil following application.

The number of BGP cysts per plant was evaluated in July of the year after the first insecticide application (November). Soil around the plants was dug and all plants were removed together with their roots. The radicular systems with insects were placed on a tray and counted. The month of July was chosen for evaluation because most of BGP population is in pearl-like cysts at that time of the year, which facilitates counting (Teixeira *et al.* 2002). All experiments were installed in naturally BGP infested areas located in the hills of the Rio Grande do Sul State, Brazil where high infestations of the pest are found.

Effect of formulations and splitting doses in new grape plantings. The trial was conducted using own rooted plants of 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *V. rupestris*) root-

stocks which was field planted in a naturally infested BGP area located in Garibaldi, Rio Grande do Sul State, Brazil. Cuttings were potted, grown in a greenhouse, and field planted in September using a 1.5 x 2.5 m (line x row) spacing. The treatments evaluated were: Thiamethoxam (1% and 25%) at 0.1 g a.i./ plant in November, thiamethoxam (1% and 25%) at 0.1 g a.i./ plant split in two applications of 0.05 g a.i./ plant in November and January. Control plots were left untreated.

Evaluation of insecticides in established vineyards. The trials were conducted using 3-year-old vineyards located in Bento Gonçalves and Caxias do Sul, Rio Grande do Sul State, Brazil. The first vineyard consisted of a 'Cabernet Sauvignon' (*Vitis vinifera*) grafted on 'Paulsen 1103' with a vine spacing of 1.5 x 2.5 m and the second an own rooted 'Isabella' (*V. labrusca*) planted in the same spacing.

The insecticides evaluated were a) thiamethoxam (1%) at 0.2 and 0.4 g a.i./plant, and b) imidacloprid (70%) 0.21 and 0.42 g a.i./plant, where both insecticides were applied in November. An untreated control plot was included for comparison.

Effect of application technology in adult vineyards. In this trial, we evaluated the effect of thiamethoxam and imidacloprid applied in November using two application techniques in a 20-year-old 'Isabella' (*V. labrusca*) vineyard planted in a 2.0 x 3.0 m spacing. The treatments evaluated were a) thiamethoxam (1%) at 0.6 g a.i./plant applied manually around plants, b) the same treatment applied using a hand-operated granular machine (6 points - 10 g/point) around plants within a 50 cm distance from the trunk, and c) imidacloprid (70%) and thiamethoxam (25%) at 0.6 g a.i./ plant applied using a hand-operated mechanized sprayer distributing 6 liters of water per plant. This hand-operated mechanized drench sprayer was developed to regulate the amount of water per plant according to the size of the root system, where digital flow switch allows the operator to calculate the amount of water per plant during application. A control without treatment was included for comparison.

Experimental design and statistical analysis. All trials were designed using a randomized complete block design with four replications using four plants per plot with the exception of five plants per plot in the application technology. Analysis of variance and Tukey test were used to compare the data means. Insecticide efficiency was calculated using the Abbott (1925) formula.

Results

Effect of formulations and splitting doses in new plantings. A split application 0.05 g a.i./ plant of thiamethoxam in both November and January provided better BGP control ($\geq 90\%$) when compared with a single treatment in November (60-72%) using the same amount of active ingredient (0.1 g) per plant (g.l.= 6, F= 92.3429* P << 0.001) (Table 1). Granular and water dispersible in water formulations of thiamethoxam were equivalent for pest control when used in the same dose and time of application (Table 1). In control plants, an average of 23.9 ± 4.94 BGP cysts per plant was registered.

Table 1. Number of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) cysts per plant and control after application of different thiamethoxam formulations in new Paulsen 1103 plantings.

Treatment	Dose (g a.i./plant)	Number of application	Application (month)	Number cysts per plant (X ± EP) ^a	Population reduction (%)
Thiamethoxam (1%)	0.05	1	November	7.6 ± 2.93 b	68.2
Thiamethoxam (1%)	0.05	2	November and January	2.0 ± 0.84 a	91.6
Thiamethoxam (1%)	0.10	1	November	6.9 ± 2.55 b	71.1
Thiamethoxam (25%)	0.05	1	November	8.9 ± 3.64 b	62.8
Thiamethoxam (25%)	0.05	2	November and January	2.5 ± 1.09 a	90.0
Thiamethoxam (25%)	0.10	1	November	7.9 ± 3.96 b	66.9
Control	-	-	-	23.9 ± 4.94 c	-

^a Means in the same column followed by a different letter are significantly different Tukey test at P ≤ 0.05.

Evaluation of insecticides in established vineyards. In Garibaldi (g.l.= 4, F= 3.18*, p= 0.04) and Bento Gonçalves (g.l.= 4, F= 3.63*, P = 0.02), application of imidacloprid and thiamethoxam markedly decreased BGP density compared to untreated controls in established vineyards independent of dose and formulation (Table 2). When imidacloprid (70%) and thiamethoxam (1%) were applied at similar doses, both insecticides gave equivalent BGP control. In the first trial at Garibaldi, imidacloprid treatment decreased the infestation by 83.6% and 93.4% with no differences between the doses of 0.21 and 0.42 g a.i./ plant (Table 2). The same results were observed in the second trial at Caxias do Sul where imidacloprid reduced the infestation by 84.7% and 94.4% for the lower and higher doses, respectively (Table 2). For thiamethoxam, the population reduction was 86.8% and 98.6% (trial I) and 87.1% and 96.7% (trial II) for the lower and higher doses of AI per plant, respectively (Table 1). No differences in BGP control were observed between the higher and lower doses of imidacloprid and thiamethoxam.

Effect of application technology in adult vineyards. Manual incorporation and machine application of granular thiamethoxam reduced the BGP population when compared with untreated plots (g.l. = 4, F = 17.27*, P = 0.000003) (Table 3). Control plots showed an infestation of 135.8 ± 24.25 cysts per plant. However, homogeneous hand distribution of granules around the trunk with subsequent incorporation gave better results than machine application in six single spots placed around each plant (Table 3). Imidacloprid and thiamethoxam

(0.6 g a.i./ plant) applied as a drench using a hand-operated sprayer provided a pest reduction of 86.9% and 86.5%, respectively, equivalent to the results obtained by hand spread of the granules and better than spot application of granules.

Discussion

Imidacloprid and thiamethoxam have been successfully used to manage different sucking insect species (Dominik *et al.* 1996; Cowles *et al.* 2006), mainly mealybugs and sharpshooters, in vineyards of different countries (Daane *et al.* 2006; Tubajika *et al.* 2007). In this experiment, we reduced BGP populations in established vineyards and confirmed the results from Teixeira *et al.* (2002) in new plantings. Because of the univoltine development, where BGP crawlers emerge from November to March (Botton *et al.* 2003), better results were observed when insecticide doses per plant were divided into multiple applications, in November and January, instead of a single treatment in November. However, because of the difficulty of soil application and high labor costs, a single application in November using higher doses is considered to be satisfactory. In addition, the pre-harvest interval defined for grapes in Brazil (45 days for thiamethoxam and 60 days for imidacloprid) makes a second treatment in January impractical because of pesticide residue constraints.

In general there was a positive relationship between pest control and the neonicotinoid dose per plant in 3-years-old vineyards. In Brazilian vineyards, there is a large variation of plant spacing used by growers; with a density of 2000 to

Table 2. Effect of insecticides on *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) population after a single application in November in a 'Cabernet sauvignon' grafted on 'Paulsen 1103' (Trial I) and 'Isabella' own rooted (Trial II) vineyard with three years after planting.

Treatment	Dose (g a.i./plant)	Trial I (Garibaldi)		Trial II (Bento Gonçalves)	
		Nº cysts per plant (X ± EP) ^a	Population reduction (%)	Nº cysts per plant (X ± EP) ^a	Population reduction (%)
Imidacloprid (70%)	0.21	23.4 ± 8.36 a	83.6	9.5 ± 4.84 ab	84.7
Imidacloprid (70%)	0.42	9.4 ± 2.20 a	93.4	3.5 ± 2.52 a	94.4
Thiamethoxam (1%)	0.20	18.8 ± 7.73 a	86.8	6.3 ± 1.03 ab	89.9
Thiamethoxam (1%)	0.40	2.0 ± 0.85 a	98.6	2.0 ± 1.14 a	96.8
Control	-	142.9 ± 62.46 b	-	62.1 ± 29.46 b	-

^a Means in the same column followed by a different letter are significantly different by Tukey test at P ≤ 0.05.

Table 3. Number of insects per plant and control of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) after one application of insecticides (0.6 g a.i./plant) in November using different technologies in a own rooted 'Isabella' 20 years old vineyard.

Treatment	Application technology	Nº cysts per plant (X ± EP) ^a	Population reduction (%)
Thiamethoxam (1%)	Hand operated granulator with six points around trunk	49.4 ± 6.88 a	63.6
Thiamethoxam (1%)	Hand distribution of granules	21.6 ± 4.98 b	84.1
Thiamethoxam (25%)	Drench (6 liters of water per plant)	18.3 ± 5.56 b	86.5
Imidacloprid (70%)	Drench (6 liters of water per plant)	17.8 ± 3.97 b	86.9
Control	-	135.8 ± 24.25 c	-

^a Means in the same column followed by a different letter are significantly different by Tukey test at P ≤ 0.05.

3000 vines per hectare common for processing grapes (vine and juice) and 800 to 1000 vines/ ha for table grapes. Vineyard spacing must be considered when determining doses of neonicotinoids for BGP control. Here, the higher dose evaluated (0.6 g a.i./ plant), equivalent to 600 or 1800 g a.i./ ha, effectively controls BGP in table and processing vineyards, respectively.

The dose/ha for table grapes is near the maximum effective dose of imidacloprid evaluated for other grape sucking insects in other countries (Castillo *et al.* 2004; Byrne and Toscano 2006). As insect infestation normally occurs in foci inside vineyards, high doses can be used for treatment of initial infestations or localized population control in vineyards.

Several factors may contribute to reduced field efficacy of soil applied insecticides to control BGP. In these experiments, soils were >40% clay and 3% organic matter and were not irrigated. Better results are expected with neonicotinoids in sandy soils in younger vineyards that are drip irrigated (Ramakrishnan *et al.* 2000; Byrne and Toscano 2006; Daane *et al.* 2006). In drip-irrigated vineyards, roots are more concentrated and are located in a restricted soil portion when compared with vineyards that are not irrigated. Imidacloprid and thiamethoxam are systemic insecticides (Maienfisch *et al.* 2001a, 2001b; Cole and Horne 2006) and their effectiveness against a pest depends on uniform insecticide uptake by the roots. Because of a low contact activity of imidacloprid with BGP cysts (Hickel *et al.* 2001), effective uptake is important for insect control. The extensive root development by size and depth in non-irrigated vineyards may be a constraint because the insecticide may not reach all active roots, reducing insecticide absorption and the effectiveness of BGP control. This hypothesis was confirmed with better BGP control when granular thiamethoxam was uniformly spread around the root system and when insecticides were drenched, compared to spot application of thiamethoxam around the roots. The choice of a granular formulation or the drench system for neonicotinoid insecticide applications will depend mainly on the availability of water, which is limited in some regions.

The results shown in these experiments are from one-year trials where effective pest reduction was achieved. However, the levels of BGP infestation that kill a grapevine were not evaluated. Large differences in pest infestation between vineyards, regions and cultivars are commonly observed. This means that a pest control of 90% may be ineffective for plant protection considering the age of the vineyards and the level of infestation. The interaction between BGP, resistant rootstocks and chemical control in infested areas, as well as the

relationship between soil fungi (*Fusarium* and *Cylindrocarpon*) and BGP damage caused by stylets into the grape roots must be investigated.

Cited literature

- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (1): 265-267.
- BOTELHO, R. V.; MAIA, A. J.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M.; SCHUCK, E. 2005. Estaquia do porta-enxerto de videira 43-43 (*V. vinifera* x *V. rotundifolia*) resistente à *Eurhizococcus brasiliensis*. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27 (3): 480-483.
- BOTTON, M.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J. 2003. Pragas. p. 82-107. In: Fajardo, T. V. M. (Ed.). Uvas para processamento: Fitossanidade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 131 p. (Embrapa: Frutas do Brasil, 35).
- BOTTON, M.; SCHUCK, E.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J. 2004. Pérola-da-terra, pp. 457-476. In: Salvadori, J. R.; Ávila, C. J.; Silva, M. T. B. (Eds.). Pragas de solo no Brasil. Passo Fundo: Embrapa/Fundacep, 541 p.
- BYRNE, F. J.; TOSCANO, N. C. 2006. Uptake and persistence of imidacloprid in grapevines treated by chemigation. *Crop Protection* 25 (8): 831-834.
- CASTILLO, A. A. F.; BLANCO, J. L. M.; ACOSTA, G. O.; CARRILLO, J. L. 2004. Control químico de piojo harinoso *Plano-coccus ficus* Signoret (Homoptera: Pseudococcidae) en vid de mesa. *Agricultura Técnica* 30 (1): 101-105.
- COLE, P. G.; HORNE, P. A. 2006. The impact of aphicide drenches on *Micromus tasmaniae* (Walker) (Neuroptera: Hemerobiidae) and the implications for pest control in lettuce crops. *Australian Journal of Entomology* 45 (3): 244-248.
- COWLES, R. S.; MONTGOMERY, M. E.; CHEAH, C. A. S. J. 2006. Activity and residues of imidacloprid applied to soil and tree trunks to control hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae) in forests. *Journal of Economic Entomology* 99 (4): 1258-1267.
- DAANE, K. M.; BENTLEY, W. J.; WALTON, V. M.; MALAKAR-KUENEN, R.; MILLAR, J. G.; INGELS, C. A.; WEBER, E. A.; GISPERT, C. 2006. New controls investigated for vine mealybug. *California Agriculture* 60 (1): 31-38.
- DALBÓ, M. A.; CRESTANI, O. 1988. Controle de margarodes: Tratamento das mudas evita disseminação. *Agropecuaria Catarinense* 1 (1): 10-11.
- DALBÓ, M. A.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. 2007. Alternativas de manejo para o controle de declínio da videira. *Agropecuaria Catarinense* 20 (1): 58-61.
- DE KLERK, C. A. 1987. Chemical control of *Margarodes prieskaensis* (Jakubski) (Coccoidea: Margarodidae) on grape-vines. *South African Journal for Enology and Viticulture* 8 (1): 11-15.
- DOMINIAK, B. C.; MCGILL, N. G.; ALLSOPP, P. G. 1996. Evaluation of 10 insecticides against pink ground pearl *Eumargarodes*

- laingi* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae). Plant Protection Quarterly 11 (1): 134-136.
- FOLDI, I. 2005. Ground pearls: A generic revision of the Margarodidae *sensu stricto* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). Annales de la Société Entomologique de France 41 (1): 81-125.
- GONZALEZ, R. H.; KIDO, H.; MARIN, A.; HUGES, P. 1969. Biology and preliminary control trials of the ground pearl of grapevines: A root inhabiting scale insect *Margarodes vitis* (Homoptera: Coccoidea). Agricultura Técnica 29 (1): 93-122.
- HICKEL, E. R. 1994. Reconhecimento, coleta, transporte e depósito de ninfas da pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*) pela formiga argentina (*Linepithema humile* (Mayr)). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 23 (2): 285-290.
- HICKEL, E. R.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P. H. J. 1997. Expurgo de mudas de frutíferas de clima temperado - método alternativo para evitar disseminação de pragas. Agropecuária Catarinense 10 (1): 8-11.
- HICKEL, E. R.; SCHUCK, E. 2005. Tempo de imersão de cistos em solução de methidathion para o controle da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis*. Agropecuaria Catarinense 18 (1): 93-95.
- HICKEL, E. R.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. 2001. Controle da pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Homoptera: Margarodidae) através da insetigação. Neotropical Entomology 30 (1): 127-132.
- KONDO, T. 2001. Las cochinillas de Colombia (Hemiptera: Coccoidea). Biota Colombiana 2 (1): 31-48.
- MAIENFISCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F.; FISCHER, W.; HOFER, D.; KAYSER, H.; KOBEL, W.; RINDLISBACHER, A.; SENN, R.; STEINEMANN, A.; WIDMER, H. 2001a. Chemistry and biology of thiamethoxam: A second generation neonicotinoid. Pest Management Science 57 (10): 906-913.
- MAIENFISCH, P.; HUERLIMANN, H.; RINDLISBACHER, A.; GSELL, L.; DETTWILER, H.; HAETTENSCHWILER, J.; SIEGER, E.; WALTI M. 2001b. The discovery of thiamethoxam: A second-generation neonicotinoid. Pest Management Science 57 (2): 165-176.
- QUIÑONES, W.; VICENTE, B.; TORRES, F.; ARCHBOLD, R.; MURILLO, W.; LONDONO, M.; ECHEVERRI, F. 2008. Chemical composition of ground pearl (*Eurhizococcus colombianus*) cysts. Molecules 13 (1): 190-194.
- RAMAKRISHNAN, R.; SUITER, D. R.; NAKATSU, C. H.; BENNETT, G. W. 2000. Feeding inhibition and mortality in *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) after exposure to imidacloprid-treated soils. Journal of Economic Entomology 93 (2): 422-428.
- RODRÍGUES, D. T. K.; GÓMEZ, C. E. 2008. La perla de tierra, *Eurhizococcus colombianus* Jakubski, una nueva plaga de la vid, *Vitis labrusca* L. en el Valle del Cauca, Colombia. Novedades Técnicas, Centro de Investigación Palmira 9: 34-40.
- SORIA, S. J.; BRAGHINI, L. C. 1999. Controle químico da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wille, 1922) (Homoptera: Margarodidae) 2. Avaliação da bioeficácia do valmidotiom na cultura da videira. Entomología y Vectores 6 (5): 555-561.
- SORIA, S. J.; DAL CONTE, A. F. 2000. Bioecología e controle das pragas da videira no Brasil. Entomología y Vectores 7 (1): 73-102.
- SORIA, S. J.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. 1999. Controle químico da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wille, 1922) 1. Ensaio comparativo de eficácia de alguns inseticidas em vinhedos de Rio Grande do Sul, Brasil. Entomología y Vectores 6 (1): 11-22.
- TEIXEIRA, I.; BOTTON, M.; LOECK, A. E. 2002. Avaliação de inseticidas visando ao controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) em novos plantios de videira. Neotropical Entomology 31 (3): 457-461.
- TUBAJIKA, K. M.; CIVEROLO, E. L.; PUTERKA, G. J.; HASHIM, J. M.; LUVISI, D. A. 2007. The effects of kaolin, harpin, and imidacloprid on development of Pierce's disease in grape. Crop Protection 26 (1): 92-99.

Recibido: 18-mar-2009 • Aceptado: 23-dic-2009

Fotoestabilidad y actividad insecticida de dos formulaciones de granulovirus sobre larvas de *Tecia solanivora*

Photostability and insecticidal activity of two formulations of granulovirus against *Tecia solanivora* larvae

MARTHA CHAPARRO¹, CARLOS ESPINEL C.², ALBA MARINA COTES P.³ y LAURA VILLAMIZAR R.⁴

Resumen: El Laboratorio de Control Biológico de Corpoica desarrolló dos formulaciones con base en un aislamiento nativo del granulovirus de *Phthorimaea operculella* extraído de larvas de *Tecia solanivora* para el control de estas polillas en campo. Estas formulaciones incluyen un protector UV del grupo de los abrillantadores ópticos. Para determinar el efecto del abrillantador, se prepararon suspensiones virales ajustadas a cinco concentraciones desde 10^2 hasta 10^6 CI/mL, en soluciones del abrillantador al 0,1% y al 0,5% y se realizó un bioensayo para determinar las CL₅₀ del virus. Posteriormente las dos formulaciones, un concentrado emulsionable y granulado dispersable, fueron aplicadas sobre tubérculos de papa que se expusieron a la radiación ultravioleta durante dos, cuatro, seis, ocho y 10 horas y se realizó un bioensayo para determinar el nivel de inactivación del virus mediante la evaluación de la mortalidad de los insectos. Se observó mayor actividad del virus cuando se incrementó la concentración del abrillantador, obteniéndose una CL₅₀ de $1,6 \times 10^6$ CI/mL para el virus puro, de $3,0 \times 10^5$ CI/mL para el virus con el fotoprotector al 0,1% y de $3,0 \times 10^4$ CI/mL para el virus con el fotoprotector al 0,5%, resultados que permiten sugerir que el abrillantador óptico presenta efecto sinérgico con el virus. Ambas formulaciones protegieron eficientemente al virus del efecto de la radiación UV, obteniéndose mortalidades corregidas del 60% después de 10 horas de exposición con el concentrado emulsionable, del 46,6% con el granulado dispersable y del 23,3% con el virus puro.

Palabras clave: Baculovirus. Bioplaguicida. Abrillantador óptico. Polilla guatemalteca de la papa.

Abstract: The Biological Control Laboratory of Corpoica developed two formulations based on a native isolate of the *Phthorimaea operculella* granulovirus isolated from *Tecia solanivora* larvae, for the control of these moths in the field. These formulations include a UV protector from the group of optical brighteners. To determine the effect of the brightener, viral suspensions adjusted to five concentrations from 10^2 up to 10^6 CI/mL were prepared in brightener solutions at 0.1% and 0.5% and a bioassay was performed to determine the viral LC₅₀. Afterwards the two formulations, an emulsifiable concentrate and a dispersible granule, were applied on potato tubers that were exposed to ultraviolet radiation during two, four, six, eight, and 10 hours and a bioassay was performed to determine viral inactivation level by evaluating insect mortality. Higher viral activity was observed when brightener concentration was increased, obtaining a LC₅₀ of $1,6 \times 10^6$ CI/mL for pure virus, $3,0 \times 10^5$ CI/mL for the virus with the photoprotector at 0.1% and $3,0 \times 10^4$ CI/mL for the virus with the photoprotector at 0.5%, results that allow us to suggest the optical brightener presents a synergistic effect with the virus. Both formulations efficiently protected the virus from the effect of UV radiation, obtaining corrected mortalities of 60% after 10 hours of exposure with the emulsifiable concentrate, 46.6% with the dispersible granule and 23.3% with the pure virus.

Key words: Baculovirus. Biopesticide. Optical brightener. Guatemalan potato moth.

Introducción

Para el control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae), una de las principales plagas de este cultivo, los agricultores acuden a una gran cantidad de plaguicidas químicos que con frecuencia son aplicados de forma exagerada e indiscriminada. Frente a este problema surge la necesidad de desarrollar estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) que además del control cultural, etológico y químico, incluyen herramientas de control biológico (Herrera *et al.* 2000).

Dentro de las estrategias de control biológico implementadas para el manejo de *T. solanivora*, se encuentra el uso de virus entomopatógenos, como es el caso del granulovirus de *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873), patógeno también de

T. solanivora (Espinel *et al.* 2009b). Sin embargo, la preservación de la actividad original de un virus o algún otro entomopatógeno usado como insecticida microbiano y aplicado en campo, se ve afectada por factores ambientales como la luz ultravioleta (Ignoffo *et al.* 1997).

Dentro de los factores ambientales, el que produce la mayor inactivación y afecta en mayor proporción la estabilidad de los virus entomopatógenos, es la radiación solar y se debe principalmente a la porción del espectro correspondiente a la luz ultravioleta (UV) (Shapiro *et al.* 1983), que causa la inactivación principalmente por la formación de dímeros de pirimidina, que impiden la replicación del ADN y la consecuente formación de nuevos viriones (Burges 1998).

Por tales razones se han realizado trabajos en búsqueda de estrategias que le proporcionen protección a los virus, para lo

¹ Microbióloga Industrial, Laboratorio de Control Biológico, Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica. mchaparro@corpoica.org.co.

² Investigador, M. Sc. Entomología, Laboratorio de Control Biológico, Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica, C.I. Tibaitatá. cespinel@corpoica.org.co.

³ Ph. D. Fitopatología. Directora del Laboratorio de Control Biológico, Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica, C.I. Tibaitatá. acotes@corpoica.org.co.

⁴ Ph. D. Ciencias Farmacéuticas, Investigadora, Laboratorio de Control Biológico, Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica, C.I. Tibaitatá, lvillamizar@corpoica.org.co. Autora para correspondencia.

cual se han probado diferentes sustancias como los abrillantadores ópticos, los cuales no solamente permiten proteger los virus de la radiación UV, sino que simultáneamente tienen un efecto potenciador y permiten aumentar hasta más de dos mil veces la actividad de un virus (Caballero *et al.* 2001). Sin embargo, es importante considerar que su utilización puede tener algunos efectos en el medio, lo cual depende de las dosis utilizadas (Kramer 1992).

Es por esto que Corpoica desarrolló dos formulaciones a base del granulovirus nativo VG003 aislado de *Tecia solanivora*, el cual afecta también a *P. operculella* (Espinel *et al.* 2009b) y según el trabajo de Barrera *et al.* (2009), corresponde a un granulovirus de *Phthorimaea operculella* (PhopGV). Una formulación corresponde a un concentrado emulsionable (CE) y otra a un granulado dispersable (GD). Éstas incluyen dentro de sus excipientes un protector UV que pertenece al grupo de los abrillantadores ópticos; este grupo de compuestos, además de brindar fotoprotección, ha mostrado tener un efecto potenciador de la actividad insecticida de varios baculovirus (Caballero *et al.* 2001).

El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto de las dos formulaciones sobre la fotoestabilidad del virus expuesto a una fuente artificial de luz ultravioleta y determinar el posible efecto del abrillantador óptico incluido en las formulaciones, sobre la actividad insecticida del virus, con el fin de generar información que permita continuar con el desarrollo de los productos.

Materiales y Métodos

Propagación viral. Para obtener la cantidad requerida de inóculo viral, se tomaron huevos de *T. solanivora* provenientes de la cría del insecto ubicada en el Laboratorio de Entomología de Corpoica. Éstos se inocularon con el aislamiento PhopGV nativo (VG003) proveniente de Cundinamarca y previamente seleccionado por presentar alta actividad insecticida contra *T. solanivora* (Espinel *et al.* 2009a). Los huevos ubicados sobre un disco de papel toalla (aproximadamente 400-500 huevos/disco) fueron inoculados con un pincel aplicando la suspensión viral y dejándolos secar a temperatura ambiente.

En cubetas de plástico de 4 litros de capacidad se ubicaron seis tubérculos secos y previamente lavados con agua potable de papa pastusa. Sobre ellos se ubicaron trozos de papel, cada uno con aproximadamente 40 huevos inoculados. Los recipientes fueron cerrados e incubados en un cuarto de bioensayos a una temperatura de 25°C por 20 días. Pasado este tiempo, las larvas fueron extraídas y clasificadas. Aquellas larvas con síntoma típico de la enfermedad causada por granulovirus, se colocaron en cajas de Petri estériles, las cuales fueron selladas y almacenadas a 4°C.

Purificación y cuantificación viral. El virus utilizado para los ensayos y para la elaboración de los prototipos fue obtenido a partir de un proceso de purificación mediante centrifugaciones diferenciales. Para tal fin, las larvas infectadas se maceraron en SDS al 0,1% y la suspensión se filtró en tres capas de velo suizo estéril, para una posterior centrifugación a 800 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante se recuperó y centrifugó a 15000 rpm durante 1 hora y el sedimento obtenido se resuspendió en 2 mL de tampón Tris-HCl (pH 6.0) y se centrifugó nuevamente sobre un gradiente de glicerol de 30% - 80% (v/v) a 15000 rpm durante 10 minutos. Se recuperó la

banda blanca que contenía el virus y ésta se lavó dos veces en tampón Tris-HCl.

La concentración de todas las suspensiones de virus purificado utilizadas para todos los ensayos, se cuantificó mediante la lectura de la absorbancia a 450 nm en un espectrofotómetro, usando una curva de calibración previamente estandarizada adaptando la metodología descrita por Matthiessen *et al.* (1978).

Evaluación del efecto potenciador del filtro UV. Se prepararon suspensiones virales ajustadas a concentraciones desde 2×10^2 hasta 2×10^6 CI/mL; éstas fueron mezcladas en relación 1:1 (V/V) con dos soluciones del filtro ultravioleta (CBUV05) ajustadas al 1% y al 0,2%.

Las suspensiones finalmente quedaron ajustadas a cinco concentraciones virales de 1×10^2 a 1×10^6 CI/mL y con el fotoprotector al 0,1% o al 0,5% respectivamente. El control positivo consistió en el virus puro mezclado con agua destilada y ajustado a las mismas concentraciones virales mencionadas anteriormente. De igual forma, se contó con un testigo absoluto en el cual los tubérculos no fueron tratados y un testigo relativo en el cual los tubérculos fueron tratados con las soluciones del filtro ultravioleta, pero sin estar éste mezclado con el virus. Tres tubérculos lavados de similar tamaño (180 ± 20 g por papa) fueron inoculados con cada tratamiento utilizando una brocha de 1 pulgada y aplicando 2 mL sobre cada cara del tubérculo.

Posteriormente se colocaron 10 larvas neonatas de *T. solanivora* sobre cada tubérculo (30 larvas por tratamiento) ubicado individualmente en un recipiente plástico de 16 onzas (unidad experimental). Los recipientes se taparon e incubaron a una temperatura de 25°C durante 30 días. Pasado este tiempo se realizó un muestreo destructivo de las papas en busca de todas las larvas. El número de larvas muertas se consideró como la suma de los individuos muertos, los desaparecidos y las larvas vivas con síntomas evidentes de infección viral y como individuos vivos, la suma de las larvas sanas y las pupas.

Este experimento contó con un diseño completamente al azar con tres repeticiones (10 larvas por repetición) por tratamiento. Los resultados se sometieron a un análisis Probit con el programa BioStat 2008, para determinar el efecto del filtro UV sobre la concentración letal media del virus.

Determinación del efecto fotoestabilizador de las formulaciones. Las formulaciones se elaboraron empleando virus purificado y diferentes tipos de componentes como aceites vegetales y surfactantes para el concentrado emulsionable (CE) y silicatos, almidón y azúcares para el granulado dispersable (GD). Además, los dos productos incluyeron un filtro ultravioleta del grupo de los abrillantadores ópticos, los cuales tienen la capacidad de absorber el espectro que comprende la luz UV y emitir luz en la región azul del espectro visible (Caballero *et al.* 2001).

Teniendo en cuenta que la concentración de los dos prototipos de bioplaguicidas es 1×10^9 CI por g o mL respectivamente, éstos se reconstituyeron en agua destilada utilizando 1 g o mL en 1000 mL para una concentración final de 1×10^6 CI/mL. También se preparó una suspensión de virus puro sin formular ajustada a la misma concentración de los prototipos de bioplaguicida reconstituidos. Estas suspensiones se utilizaron para inocular la superficie de tubérculos de papa de tamaño parejo (180 ± 20 g por papa), aplicando con una

brocha de 1 pulgada, un volumen de 2 mL por cada cara del tubérculo.

El experimento contó con 19 tratamientos, que consistieron en los tubérculos inoculados con los dos prototipos de bioplaguicidas y el virus puro sin formular, expuestos durante diferentes tiempos a la radiación UV y un testigo absoluto que consistió en tubérculos no tratados y no expuestos a la radiación UV.

Una vez inoculadas las papas, éstas fueron ubicadas en una cabina de flujo laminar a 60 cm de la fuente de luz UV, utilizando un diseño de bloques que contó con nueve columnas de seis tubérculos, tres columnas para cada tratamiento. Las filas comprendieron los diferentes tiempos de exposición y las columnas correspondieron a las formulaciones y el virus sin formular. Para la irradiación se utilizó una lámpara Repti Glo 20 que simula la radiación UV del sol y emite un 33% de UVA y un 8% de UVB; ubicada la lámpara a 10 cm de altura, las muestras se expusieron a una intensidad de radiación ultravioleta tipo B de 250 W/cm². Los tiempos de exposición fueron de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 horas y cada dos horas se cubrió con papel aluminio la fila de tubérculos correspondiente al respectivo tiempo de exposición.

Terminada la irradiación, se pusieron 10 larvas neonatas de *T. solanivora* sobre cada tubérculo ubicado individualmente en un recipiente plástico de 16 onzas (unidad experimental), para un total de 30 larvas por tratamiento. Los recipientes se taparon e incubaron a una temperatura de 25°C durante 30 días. Pasado este tiempo se realizó un muestreo destructivo de los tubérculos en busca de las larvas. Se consideró como el número de larvas muertas la suma de los El número de individuos muertos es igual a la suma de larvas muertas, desaparecidas, larvas vivas con síntomas evidentes de infección viral; como individuos vivos se consideró la suma de las larvas sanas y las pupas. Los resultados de mortalidad se corrigieron con respecto al tratamiento testigo absoluto, determinando el porcentaje de eficacia mediante la fórmula de Schneider Orelli (Zar 1999):

$$\text{Eficacia (\%)} = (b - k) / (100 - k) \times 100$$

Donde *b* es el porcentaje de mortalidad en el tratamiento y *k* es el porcentaje de mortalidad del testigo absoluto. Posteriormente se calculó el porcentaje de mortalidad original remanente (% MOR), mediante la fórmula (Martignoni e Iwai 1985):

$$\text{MOR (\%)} = (f / n) \times 100$$

Donde *f* es el porcentaje de mortalidad obtenido con el tratamiento expuesto a la radiación UV y *n* es el porcentaje de mortalidad obtenido con el tratamiento no expuesto.

El diseño experimental fue completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo y contó con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados se analizaron con el programa SAS 9.1. Éstos cumplieron los principios de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (95%).

Resultados y Discusión

Evaluación del efecto potenciador del filtro UV. En el tratamiento testigo no se presentó mortalidad, por lo que los resultados de los tratamientos restantes no fueron corregidos. Los resultados de mortalidad fueron entonces sometidos a un análisis Probit y para todos los tratamientos, el valor de P fue mayor a 0,05, lo que permitió aceptar la hipótesis propuesta, que sugiere que existe una correlación lineal entre la dosis y la mortalidad de las larvas.

Las concentraciones letales medias obtenidas para el virus puro, el virus con el fotoprotector al 0,1% y el virus con el fotoprotector al 0,5% fueron de $1,6 \times 10^6$, $3,0 \times 10^5$ y $3,0 \times 10^4$ CI/mL respectivamente, observándose que la CL₅₀ del virus con el fotoprotector al 0,1% fue un exponente menor que la del virus puro; cuando el virus se mezcló con el fotoprotector al 0,5%, ésta fue dos exponentes menor que la CL₅₀ del virus puro y un exponente menor que la del virus mezclado con el fotoprotector al 0,1% (Tabla 1).

Las potencias relativas de los tratamientos y sus respectivos límites de confianza (Tabla 1) evidenciaron diferencias significativas entre éstos, mostrando que el fotoprotector CBUV05 tuvo un efecto potenciador de la actividad insecticida del virus, el cual aumentó cuando se incrementó la concentración. El efecto de los abrillantadores ópticos fue comprobado por Shapiro (1992), cuando evaluaron 23 compuestos de este grupo mezclados con el nucleopoliedrovirus de *Lymantria dispar* (L., 1758) (Lepidoptera: Lymantriidae) en diferentes concentraciones como 0,1%, 0,25%, 0,5%, y 1%. Se evidenció que a una concentración del 1% se presentó el mejor porcentaje de mortalidad, hasta del 99,3%.

Este grupo de filtros UV ha demostrado tener la capacidad de aumentar la actividad insecticida de algunos virus como el nucleopoliedrovirus de *L. dispar*, para el cual aumentó dos mil veces su actividad con el uso de un abrillantador óptico (Caballero *et al.* 2001). En otro estudio realizado por Argauer y Shapiro (1997), se evaluó el efecto de varios abrillantadores ópticos sobre este mismo nucleopoliedrovirus y se confirmó esta actividad, ya que la CL₅₀ del virus puro fue de 26.500 CI/mL y con el uso de abrillantadores ópticos como el Blankophor BBH al 1%, ésta disminuyó a 76 CI/mL.

En otro estudio realizado por Martínez *et al.* (2003) se evidenció también el efecto potenciador de los abrillanta-

Tabla 1. Resultados del análisis Probit del ensayo concentración-mortalidad para el virus puro y mezclado con el fotoprotector al 0,1% y al 0,5%.

Tratamiento	CL ₅₀ (CI/ml)	Potencia relativa	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior	<i>r</i> ²	Valor P
Virus Puro	$1,6 \times 10^6$	1.0	—	—	0.505	0.917
Virus con fotoprotector al 0,1%	$3,0 \times 10^5$	5.3	3.4	12.4	0.418	0.936
Virus con Fotoprotector al 0,5%	$3,0 \times 10^4$	53.3	40.9	131.6	0.173	0.981

dores ópticos sobre el nucleopoliedrovirus de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Las larvas de dicho insecto fueron tratadas con el virus solo, obteniéndose un porcentaje de mortalidad del 66,3% y cuando las partículas virales se mezclaron con dos de estos derivados del estilbeno (Blankophor BBH y Calcofluor M2R), la mortalidad aumentó hasta el 100%. Sin embargo, en otro estudio realizado por Lasa *et al.* (2006), se aplicó el nucleopoliedrovirus de *Spodoptera exigua* (Hubner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) solo, sin formular y mezclado con el abrillantador óptico Leucophor AP a plantas ubicadas en un invernadero. Los valores de CL₅₀ fueron reducidos de 57,3 CI/mm² cuando el virus se aplicó solo, a valores de CL₅₀ de 2,29 CI/mm² cuando se incluyó el Leucophor AP.

Durante la última década han surgido diferentes hipótesis sobre el modo de acción de los abrillantadores ópticos, todas dirigidas hacia acciones en el intestino medio del insecto. En estudios con el NPV de *L. dispar*, se encontró que 48 h después del consumo del virus mezclado con Tinopal LPW, se produjeron perturbaciones fisiológicas que incluyeron la disminución del pH intestinal, la disminución en la alimentación y una disminución de peso (Caballero *et al.* 2001). En el trabajo de Okuno *et al.* (2002) además se observó que los abrillantadores ópticos incrementan la probabilidad de infección del virus, porque inhiben la síntesis de quitina, aumentando la permeabilidad de la membrana peritrófica, y en consecuencia reduciendo la cantidad necesaria de virus para causar infección y muerte en las larvas.

Dicho efecto sobre la quitina se considera el principal modo de acción de estas sustancias, debido a que la quitina en la membrana peritrófica actúa como un andamio para las proteínas. Sin embargo, también se ha observado un efecto debido a la degradación de la mucina del intestino, principalmente con el uso de Calcofluor M2R (Wang y Granados 2000).

Los resultados permiten concluir que el abrillantador óptico evaluado en este estudio tiene un efecto potenciador sobre el aislamiento VG003 de PhopGV, el cual es dependiente de la dosis. Dicho efecto podría mejorar la eficacia de un producto formulado a base de este virus, pero es necesario considerar el costo de esta tecnología en una línea de producción comercial.

Además de los costos, debe evaluarse el posible impacto ambiental que pueden generar los derivados del estilbeno al ser aplicados masivamente en campo, ya que aunque su potencial de bioacumulación es muy bajo, dependiendo de la molécula, pueden encontrarse productos de mediana a alta toxicidad para peces y organismos acuáticos, con CL₅₀ entre 7 y 100 mg/L. Un factor favorable, es que los abrillantadores ópticos son fotodegradados por efecto de reacciones de fotólisis causadas por la luz solar, con vidas medias estimadas en campo de aproximadamente 25 días. Adicionalmente, aunque estos compuestos no son realmente biodegradables, la biodegradación puede darse después de un proceso de aclimatación de los microorganismos (Kramer 1992).

Determinación del efecto fotoestabilizador de las formulaciones. La eficacia o mortalidad corregida con respecto al testigo (mortalidad del 6,6%), se redujo significativamente ($P < 0.05$) cuando el virus sin formular fue irradiado con luz UV a partir de 6 horas de exposición. La mortalidad causada por el virus puro sin irradiar fue del 90%, mientras que el virus irradiado por 6 horas fue del 26,6%, a las 8 horas del 23,3%, y a las 10 horas del 23,3% (Tabla 2).

El concentrado emulsionable presentó una reducción significativa de la eficacia a partir de 4 horas de exposición, pues pasó de una eficacia del 100% antes de ser expuesto a la luz UV al 66,6% después de 4 horas de radiación. Sin embargo, esta formulación sigue brindando protección al virus, a pesar de haber presentado una reducción de su eficacia, pues después de 10 horas de exposición, su actividad insecticida fue significativamente mayor que la obtenida con el virus puro (Tabla 2). Por el contrario, con el granulado dispersable no se detectaron diferencias significativas entre la actividad insecticida del virus antes y después de 10 horas de radiación, sugiriendo que la formulación granular fue más eficiente para la fotoestabilización del virus.

En términos generales, la mortalidad disminuyó en todos los tratamientos con el aumento del tiempo de exposición, resultado que indica que la radiación ultravioleta artificial utilizada (UVA y UVB), inactivó el virus formulado y sin formular, pero en los dos casos (GD y CE) el virus formulado se inactivó más lentamente que el no formulado, posiblemente por efecto de los auxiliares de formulación utilizados.

De los tres tratamientos, el granulado dispersable presentó una menor actividad insecticida antes de la radiación, que podría estar relacionada con la composición particular de este producto, el cual incluye proteínas, carbohidratos y azúcares, que se solidifican o cristalizan sobre los cuerpos de inclusión (Támez *et al.* 2006), cuando el producto es sometido al proceso de secado, después de granularlo vía húmeda. Dichos compuestos poliméricos posiblemente formaron matrices de difícil disolución en el intestino del insecto, que afectaron la liberación del virus en el sitio de acción y por ende su actividad insecticida. Por esta misma razón, es posible que el granulado dispersable haya presentado una menor inactivación frente a la radiación, ya que las partículas virales podrían haberse encapsulado en las matrices poliméricas, adquiriendo una cubierta que las protegió del efecto de la luz UV.

Este efecto fotoprotector de las matrices poliméricas depositadas sobre la superficie de los cuerpos de inclusión virales fue descrito por Ignoffo y Batzer (1971), quienes microencapsularon el nucleopoliedrovirus de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) con celulosa. El virus microencapsulado fue más fotoestable y produjo una mortalidad del 60%, en comparación con el 10% de mortalidad obtenido con el virus sin formular, lo que atribuyeron a la formación de las microcápsulas.

Otra posible explicación para la menor actividad inicial del granulado podría ser una heterogénea distribución de los cuerpos de inclusión virales en la superficie de los tubérculos, relacionada con una inadecuada desintegración de esta formulación en el momento de su reconstitución, debida posiblemente al uso de sustancias aglutinantes como el almidón y a un insuficiente contenido del agente desintegrante.

Con respecto a la mortalidad original remanente (MOR%), se observó que a medida que aumentó la exposición a la radiación UV, disminuyó significativamente el valor de esta variable para todos los tratamientos (Tabla 2), confirmándose el efecto deletéreo de la radiación UV, el cual es directamente proporcional al tiempo de exposición. En un estudio similar, Batista *et al.* (2001) evaluaron la tolerancia a la radiación UV de dos formulaciones del nucleopoliedrovirus de *Anticarsia gemmatalis* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). Los tratamientos fueron el virus sin formular y formulado como un concentrado emulsionable. El porcentaje de mortalidad de larvas obtenido con el virus formulado expuesto a luz UV por

Tabla 2. Efecto de la radiación UV sobre la eficacia, inactivación y mortalidad original remanente de las dos formulaciones a base del granulovirus VG003. Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas según prueba de Tukey (95%).

Tratamiento	Tiempo (h)	Eficacia (%)	Inactivación (%)	MOR (%)	Grupos homogéneos (95%)
Granulado dispersable	0	70,0	0,0	100,0	bcd
	2	56,6	19,0	80,9	cd
	4	56,6	19,0	80,9	cd
	6	53,3	23,8	76,1	d
	8	53,3	23,8	76,1	d
	10	46,6	33,3	66,6	d
Concentrado emulsionable	0	100,0	0,0	100,0	a
	2	80,0	20,0	80,0	abc
	4	70,0	30,0	70,0	bcd
	6	66,6	33,3	66,6	bcd
	8	60,0	40,0	60,0	cd
	10	60,0	40,0	60,0	cd
Virus puro	0	90,0	0,0	100,0	ab
	2	86,6	3,7	96,2	ab
	4	80,0	11,1	88,8	abc
	6	26,6	70,3	29,6	e
	8	23,3	70,0	25,9	e
	10	23,3	70,0	25,9	e

5 minutos fue mayor que el obtenido con el virus sin formular, con un 37% y un 19% respectivamente. En dicho trabajo el concentrado emulsionable protegió al virus de la radiación, lo que los autores relacionaron con la adición de aceites vegetales que actúan como fotoestabilizadores y mantienen la actividad de los agentes de biocontrol. Dicho efecto fotoestabilizador de los aceites podría haberse producido con el concentrado emulsionable del granulovirus VG003 evaluado en el presente estudio, cuyo vehículo es una mezcla de ácidos grasos de origen vegetal.

La susceptibilidad a la radiación ultravioleta de otro aislamiento de PhopGV como el evaluado en el presente trabajo, fue estudiada por Sporleder *et al.* (2000). En dicho trabajo se determinó el tiempo de inactivación de este granulovirus sin formular, expuesto a la radiación solar natural en Perú. Después de la exposición a luz solar en diferentes meses del año, el virus se inactivó alrededor del 99% en un intervalo de 2,56 min a 4,53 min, dependiendo del mes de exposición y del incremento de la energía.

La inactivación causada por la luz solar sobre los virus entomopatógenos no se ha evidenciado solamente para PhopGV sino para una gran cantidad de especies y aislamientos virales. Tal es el caso del nucleopoliedrovirus de *Heliothis virescens* (Fabricius, 1977) (Lepidoptera: Noctuidae), el cual después de una exposición de 16 horas a la luz solar simulada, presentó una actividad original remanente del 26% (Ingraffo *et al.* 1989).

Una de las alternativas más estudiadas para la fotoprotección de los virus ha sido la utilización de sustancias que absorben o reflejan la luz UV. Por ejemplo, en el trabajo realizado por Martignoni e Iwai (1985) se evaluaron siete absorbentes para la protección del nucleopoliedrovirus de *Lyman-*

tria dispar; obteniéndose una protección entre el 59,39% y el 100% cuando el virus fue mezclado con lignosulfonato a una concentración del 6,28%. En otro trabajo, Shapiro (1992) evaluó 23 abrillantadores pertenecientes a diferentes grupos químicos (estilbenos, oxazoles, pirazoles y ácido natálico), encontrando que la mejor protección se consiguió con los estilbenos: Leucophor BSB, Phorwithe AR, Intrawite CF, Leucophor BS, Phorwithe BRU, Phorwithe BKL, Phorwithe CL, y Tinopal LPW, los cuales a una concentración del 1% proporcionaron una protección total, con un porcentaje de actividad original remanente del 100%.

Las dos formulaciones evaluadas en el presente estudio incluían un protector ultravioleta del grupo de los derivados del estilbeno, que podría haber jugado un papel fundamental en los resultados de fotoestabilidad obtenidos con los dos productos. Sin embargo, los demás componentes utilizados como carbohidratos, silicatos, aceites vegetales, proteínas y tensioactivos, posiblemente también contribuyeron en alguna proporción en la protección del virus frente a la radiación UV.

Los resultados del trabajo evidenciaron que el fotoprotector CBUV05 incluido en las dos formulaciones, tiene un efecto potenciador de la actividad insecticida del aislamiento de granulovirus VG003, el cual podría ser útil para reducir las dosis de aplicación en campo, haciendo más rentable el uso de este agente de control biológico. También se observó que las dos formulaciones elaboradas con dicho aislamiento viral, incluyendo el filtro CBUV05, fotoestabilizaron al virus, lo que se evidenció en una reducción de la velocidad de inactivación durante la irradiación luz UV artificial. Sin embargo, antes de la exposición a la luz UV, el granulado dispersable presentó una menor actividad insecticida, por lo que se selec-

cionó el concentrado emulsionable para continuar con la fase de optimización de la formulación y posteriormente iniciar los ensayos en campo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por el apoyo financiero para el desarrollo del presente trabajo y a Bayer S.A. por la donación del abrillantador óptico.

Literatura citada

- ARGAUER, R.; SHAPIRO, M. 1997. Fluorescence and relative activities of stilbene optical brighteners as enhancers for the Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Baculovirus. *Journal of Economic Entomology* 90 (2): 416-420.
- BARRERA, G.; CUARTAS, P.; VILLAMIZAR, L. 2009. Comparative analysis of a granulin fragment of Colombian granulovirus isolated from *Tecia solanivora*. *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes*. IOBC wprs Bulletin Pamplona 45: 129-132.
- BATISTA, A.; ALVES, S.; AUGUSTO, N.; PEREIRA, R.; ALVES, L. 2001. Stability and persistence of two formulations containing *Anticarsia gemmatalis* Nuclear Polyhedrovirus (AgMNPV). *Neotropical Entomology* 30 (3): 411-416.
- BURGES, H. D. 1998. Formulation of microbial biopesticides beneficial, microorganisms, nematodes and seed treatments. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 412 p.
- CABALLERO, P.; LÓPEZ-FERBER, M.; WILLIAMS, T. 2001. Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas. Editorial M.V. Phytoma. España, S.l. 518 p.
- ESPINEL, C.; GÓMEZ, J.; VILLAMIZAR, L.; COTES, A.; LERY, X.; LÓPEZ-FERBER, M. 2009a. Biological activity and compatibility with chemical pesticides of a Colombian granulovirus isolated from *Tecia solanivora*. *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes*. IOBC wprs Bulletin. Pamplona 45: 145-148.
- ESPINEL, C.; LERY, X.; VILLAMIZAR, L.; ZEDDAM, J.; COTES, A.; LÓPEZ-FERBER, M. 2009b. A *Phthorimaea operculella* granulovirus (phopGV) containing several genotypes is highly efficient on *Tecia solanivora* *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes*. IOBC wprs Bulletin Pamplona 45: 83-86.
- HERRERA, C.; FIERRO, L.; MORENO, J. 2000. Manejo integrado del cultivo de la papa. Manual técnico, pp. 112-116. Editorial Produmedios. Bogotá. Colombia.
- IGNOFFO, C.; BATZER, O. 1971. Microencapsulation and ultraviolet protectants to increase sunlight stability of an insect virus. *Journal of Economic Entomology* 64: 850-853.
- IGNOFFO, C.; RICE, W.; McINTOSH, A. 1989. Inactivation of nonoccluded and occluded baculoviruses and baculoviruses - DNA exposed to simulated sunlight. *Environmental Entomology* 18 (1): 177-183.
- IGNOFFO, C.; GARCIA, C.; SAATHOFF, S. 1997. Sunlight stability and rain-fatness of formulations of Baculovirus *Heliothis*. *Environmental Entomology* 26 (6): 1470-1474.
- KRAMER, J. 1992. Fluorescent whitening agents. pp. 351-366. En: de Oude, N. T. (Ed.). *The handbook of environmental chemistry*. Vol. 3, Parte F, Anthropogenic compounds. Detergents. Springer-Verlag. Berlin.
- LASA, R.; RUIZ, C.; ALCAZAR, M.; BELDA, J.; CABALLERO, P.; TREVOR, W. 2006. Efficacy of optical brightener formulations of *Spodoptera exigua* multiple nucleopolyhedrovirus (SeMNPV) as a biological insecticide in greenhouses in southern Spain. *Biological Control* 40: 89-96.
- MARTIGNONI, M.; IWAI, P. 1985. Laboratory evaluation of new ultraviolet absorbers for protection of douglas-fir tussock moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Baculovirus. *Journal of Economic Entomology* 78: 982-987.
- MARTÍNEZ, A.; SIMÓN, O.; WILLIAMS, T.; CABALLERO, P. 2003. Effect of optical brighteners on the insecticidal activity of a nucleopolyhedrovirus in three instars of *Spodoptera frugiperda*. *The Netherlands Entomological Society* 109: 139-146.
- MATTHIESSEN J, CHRISTIAN R, GRACE T, FILSHIE K. 1978. Large-Scale field propagation and the purification of the granulosis virus of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Entomological Research* 68: 385-391.
- OKUNO, S.; TAKATSUKA, J.; NAKAI, M.; OTOTAKE, S.; MASUI, A.; KUNIMI, Y. 2002. Viral-enhancing activity of various stilbene-derived brighteners for a *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) nucleopolyhedrovirus. *Biological Control* 26: 146-152.
- SHAPIRO, M.; POH, P.; BELL, R. 1983. Ultraviolet protection of the Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nucleopolyhedrosis virus. *Environmental Entomology* 12: 982-985.
- SHAPIRO, M. 1992. Use of optical brighteners as radiation protectants for Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Nuclear polyhedrosis virus. *Journal of Economic Entomology* 85 (5): 1682-1686.
- SPORLEDER, M.; ZEGARRA, O.; KROSCHEL, J.; HUBER, J.; LAGNAOUI, A. 2000. Assessment of the inactivation time of *Phthorimaea operculella* granulovirus (PoGV) at different intensities of natural irradiation. pp. 123-127. Centro Internacional de la Papa. Lima. Perú.
- TAMEZ, P.; ZAMUDIO, V.; MARTÍNEZ, J.; RODRÍGUEZ, C.; TAMEZ, R.; GÓMEZ, R. 2006. Formulaciones granulares de baculovirus en combinación con abrillantadores ópticos para su empleo como bioinsecticida. *Ciencia-UANL* 9 (2): 149-156.
- WANG, P.; GRANADOS, R. 2000. Calcofluor disrupts the midgut defense system in insects. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 30 (2): 135-143.
- ZAR, J. 1999. Biostatistical analysis. Cuarta edición. Prentice Hall. New Jersey. 663 p.

Recibido: 2-sep-2009 • Aceptado: 8-may-2010

La orina humana como atrayente natural de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Human urine as a natural attractant of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

NELSON A. CANAL¹, MARIA L. PÉREZ O.² y LUISA F. GONZÁLES²

Resumen: El control de las moscas de las frutas en Colombia se realiza con labores de monitoreo, con el uso de insecticidas en aspersión o en forma de cebos tóxicos y con la utilización de prácticas culturales. El monitoreo es una actividad esencial y se realiza con trampas McPhail cebedas con proteína hidrolizada. Como alternativa económica al uso de trampas con proteína hidrolizada, en este trabajo se estudió la eficiencia de la orina humana para el monitoreo de moscas de las frutas por parte de pequeños y medianos productores frutícolas. Se utilizaron 10 tratamientos (orina de mujer, hombre y su mezcla al 30%, 50% y 70% de concentración cada uno y la proteína hidrolizada como testigo), con cuatro repeticiones en un diseño de bloques al azar. Se utilizaron trampas Multilure®, colocadas a 28 m de distancia entre sí, en la colección nacional de mango del centro de investigaciones Nataima, ubicado en el Espinal, Tolima. Se realizaron los conteos de las moscas, machos y hembras capturadas en las trampas, dos veces por semana y se renovaron los atrayentes semanalmente. En las hembras se determinó el estado de desarrollo de los ovarios para determinar su edad fisiológica (joven, madura, vieja). No hubo diferencias estadísticas significativas entre la orina de hombre al 70% de concentración y la proteína hidrolizada; sin embargo, la eficiencia de captura de los otros tratamientos, con respecto a la proteína hidrolizada, superó el 40%. En todos los tratamientos hubo mayores capturas de hembras viejas. Se discute que la orina humana puede ser utilizada como opción a la proteína hidrolizada para el monitoreo de esta plaga por parte de pequeños y medianos productores.

Palabras clave: Moscas de las Frutas. Manejo integrado. Mango. Monitoreo. Trampeo.

Abstract: The control of fruit flies in Colombia is done with monitoring efforts, with the use of insecticides sprayed or in the form of toxic baits, and with the use of cultural practices. Monitoring is an essential activity and it is done with McPhail traps baited with hydrolyzed protein. As an economical alternative to the use of traps with hydrolyzed protein, this work studied the efficiency of human urine for monitoring fruit flies for small and medium sized fruit producers. Ten treatments were evaluated (urine from women, men and each one mixed at 30, 50 and 70% concentration and the hydrolyzed protein as a control), with four repetitions and in a randomized block design. Multilure® traps were used, hung every 28 m in the national mango collection in the Nataima Research Center located in, Espinal, Tolima, Colombia. Counts of males and females captured in the traps were made twice weekly, and the attractants were replenished weekly. For the females, the developmental stage of the ovaries was determined in order to determine their physiological age (young, mature, old). There was no statistically significant difference in male urine at the concentration of 70% treatment and the hydrolyzed protein; however, the efficiency of the other treatments, with respect to the hydrolyzed protein, was over 40%. In all of the treatments there were greater captures of old females. It is discussed that human urine can be used as an alternative to hydrolyzed protein for the monitoring of this pest by small and medium sized producers.

Key words: Fruit flies. Integrated Management. Mango. Monitoring. Trapping.

Introducción

Las moscas de las frutas del género *Anastrepha* se encuentran distribuidas desde los Estados Unidos hasta la parte sur del continente americano (Núñez 1994), en donde causan pérdidas de importancia económica en diversas especies frutícolas (Aluja 1994). Las condiciones favorables de clima, suelo y la gran variedad de frutas, han hecho de la fruticultura uno de los renglones agrícolas de mayor crecimiento y potencial en Colombia.

El manejo de la mosca de la fruta en Colombia, como en gran parte de Latinoamérica, se hace con trampas para monitoreo, utilización de insecticidas en aspersión o en forma de cebos tóxicos y con una serie de labores culturales (Aluja 1994), estas medidas son poco eficientes y no han cambiado en las últimas décadas (Aluja 1994). En Colombia, como en los países localizados en la zona ecuatorial del neotrópico,

no existen alternativas diferentes y por tanto, el primer paso consiste en mejorar la eficiencia de las medidas existentes.

Para el manejo integrado de mosca de la fruta, el monitoreo es una actividad esencial que generalmente se realiza con el uso proteína hidrolizada y trampas tipo McPhail y para los pequeños productores, quienes ofertan un porcentaje importante de las frutas producidas en Colombia, este sistema de monitoreo es una tecnología de difícil acceso por su costo y por su poca comercialización. Es por ello que se han estudiado sistemas de monitoreo más eficientes, los cuales incluyen trampas artesanales y atrayentes elaborados con base en jugos de frutas, urea, melaza, orina y gallinaza entre otras (Veloso *et al.* 1994; Salles 1997; Rodríguez *et al.* 2000).

El amonio es la sustancia que atrae las moscas de las frutas hacia las fuentes de alimento y oviposición (Bateman y Morton 1981; Mazor *et al.* 1987) y es utilizado en sustancias sintéticas desarrolladas recientemente para la captura de

¹ I.A. MS.c. Ph.D. Profesor Asistente, Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena, Ibagué, Tolima. nacanal@ut.edu.co. Autor para correspondencia.

² Ing. Agrónomo, Universidad del Tolima.

moscas de las frutas (Heath *et al.* 1995). La orina humana es una fuente de amonio (Piñero *et al.* 2003) y por eso se ha considerado viable como atrayente de moscas de las frutas, pero su eficiencia ha sido variable en diferentes trabajos (Hedström 1988; Piñero *et al.* 2003). Hedström (1988) evaluó la efectividad de la orina humana para atraer moscas del género *Anastrepha*, la cual capturó diez veces más moscas que la levadura Torula. En evaluaciones de la orina humana y heces de pollo, realizadas por Piñero *et al.* (2003), se concluyó que ambas fuentes naturales fueron atractivas a los adultos de *Anastrepha* cuando son comparados con la proteína hidrolizada y la torula; en este trabajo la orina humana con cinco días en campo atrajo numéricamente a más hembras inmaduras de *A. obliqua* (Macquart, 1835) y *A. serpentina* (Wiedemann, 1830) que a machos, pero la proteína hidrolizada fue más eficiente que la orina; las heces del pollo demostraron ser tan atractivas como los tratamientos de levadura torula /borax para *A. obliqua* y *A. serpentina* (Wiedemann, 1830). El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de la orina humana frente a la proteína hidrolizada, buscando alternativas de monitoreo para los pequeños productores de frutas.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en un huerto de mango (*Mangifera indica* L.), durante el período de inicio de fructificación para garantizar poblaciones de la mosca. El huerto se encuentra en el Centro de Investigaciones Nataima, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias CORPOICA, localizado en El Espinal, Tolima, Colombia. El ensayo de campo se llevó a cabo entre el 23 de abril y el 18 de junio del 2004. Se utilizó el lote denominado I-2, correspondiente a la colección nacional de variedades de mango, localizado a 4°11'33.695" N, 74°57'47.200" W y con una altitud sobre el nivel del mar de 387,8 m. El lote posee un área de 9,5 has y estaba sembrado con árboles de 14 años de edad de diferentes variedades. En los lotes que rodean el sitio del experimento se encuentran huertos de mango (II-2; III-3 y parte de II-3); además se encuentran algunos pequeños huertos de limón (*Citrus limon* L.), guayaba (*Psidium guajava* L.), ciruela (*Spondias purpurea* L.), anón (*Anona squamosa* L.), guanábana (*Anona muricata* L.) y papaya (*Carica papaya* L.), así como árboles no comerciales de las mismas frutas.

El Centro de Investigaciones se localiza a 150 km de Bogotá en la vía a Ibagué; las condiciones climáticas medias obtenidas de la estación meteorológica existente en el centro son: temperatura media entre los 25 y 28°C, precipitación promedio anual de 1300 mm, humedad relativa media de 68% y evapotranspiración media anual de 1886 mm. Según la clasificación de Holdrigde, la región corresponde a la zona de Bosque Seco Tropical.

La unidad experimental fue una trampa Multilure® (tipo McPhail de base amarilla), dispuesta en un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones y diez tratamientos, para un total de 40 unidades experimentales. Las trampas se instalaron desde 28 metros del borde del lote. Los tratamientos fueron proteína hidrolizada de soya (PH) (Copiagran, Medellín - Colombia), orina de mujer (OM) al 30, 50 y 70% de concentración (dilución en agua), orina de hombre (OH) también diluida al 30, 50 y 70% y la mezcla de ambas orinas con posterior dilución al 30, 50 y 70%. Los donantes de la orina fueron dos hombres adultos jóvenes (de 23 y 27 años) y dos mujeres adultas maduras (de 45 y 47 años). Los

donantes gozaban de buena salud, no fueron sometidos a tratamiento alguno y sus orinas se mezclaron antes de preparar las mezclas para evaluación. A los tratamientos se les adicionó bórax al 1% para preservar las soluciones. Esta adición fue necesaria pues la primera lectura realizada se descartó porque muchas de las soluciones de orina presentaban gruesas capas superficiales que impedían la captura de la mosca.

Las trampas fueron ubicadas a 28 metros de distancia entre sí, en la parte sur-oriental del árbol y hacia la parte más externa del follaje. Semanalmente los tratamientos fueron rotados en los árboles utilizados dentro del mismo bloque con el fin de diluir la variación causada por la distribución de la población de los insectos en estudio. Un bloque estuvo representado por una hilera de árboles y en cada árbol se situó un tratamiento, de acuerdo con la distancia asignada. El número de moscas capturadas fue registrado dos veces por semana y la renovación del atrayente se realizó semanalmente, durante ocho semanas consecutivas, para un total de 16 lecturas. Se separaron hembras de machos en cada lectura y se observó el estado de madurez de las hembras. Según el estado de desarrollo de los ovarios se clasificaron en jóvenes, maduras o viejas, en el total de las hembras capturadas. Los especímenes recolectados fueron identificados en el Laboratorio de Entomología de la Universidad del Tolima. En cada revisión se midió el pH de los atrayentes, pero como no hubo diferencias en las lecturas, su análisis fue descartado. En todos los tratamientos fue aproximadamente 8.5.

El estado de madurez de las hembras fue establecido de acuerdo al desarrollo de los ovarios, tomando como referencia el criterio establecido por Ramírez *et al.* (1996). Para ello se disectaron hembras de *A. obliqua* provenientes de la cría artificial del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Ibagué. Se consideraron hembras antes de iniciar su período de oviposición (jóvenes de cinco días de edad), hembras en período de oviposición (maduras) y hembras que habían cumplido su ciclo reproductivo (viejas). Las hembras jóvenes tenían los ovarios poco desarrollados, las hembras maduras tenían los ovarios desarrollados con gran cantidad de huevos y las hembras viejas tenían los ovarios desarrollados con pocos huevos o sin ellos (Fig. 1).

Los datos registrados se sometieron a una prueba de Análisis de Varianza y las medias comparadas por la prueba de significancia de Duncan. Se utilizó el Programa de análisis estadístico SANEST - Sistema de Análisis Estadístico, del Centro de Informática na Agricultura - ESALQ - USP, Brasil. Las variables estudiadas fueron: lecturas (correspondientes a las fechas de muestreo), número de hembras, número de machos, número total de moscas, estado de madurez de las hembras y tiempo de exposición del atrayente en campo (cuatro o siete días).

Resultados

Se capturaron un total de 10.182 moscas, de las cuales 4.951 son hembras y 5.231 son machos. Todos los ejemplares colectados pertenecían a la especie *A. obliqua*.

Las variables estudiadas presentaron diferencia estadística significativa, con excepción del tiempo de exposición (Tabla 1). Se encontró diferencia significativa entre los bloques, la cual es atribuida al tamaño del huerto y los movimientos propios de las poblaciones de moscas dentro de los lotes. En los bordes de los lotes normalmente hay una mayor captura de moscas que en el centro de los mismos (Aluja *et al.* 1996).

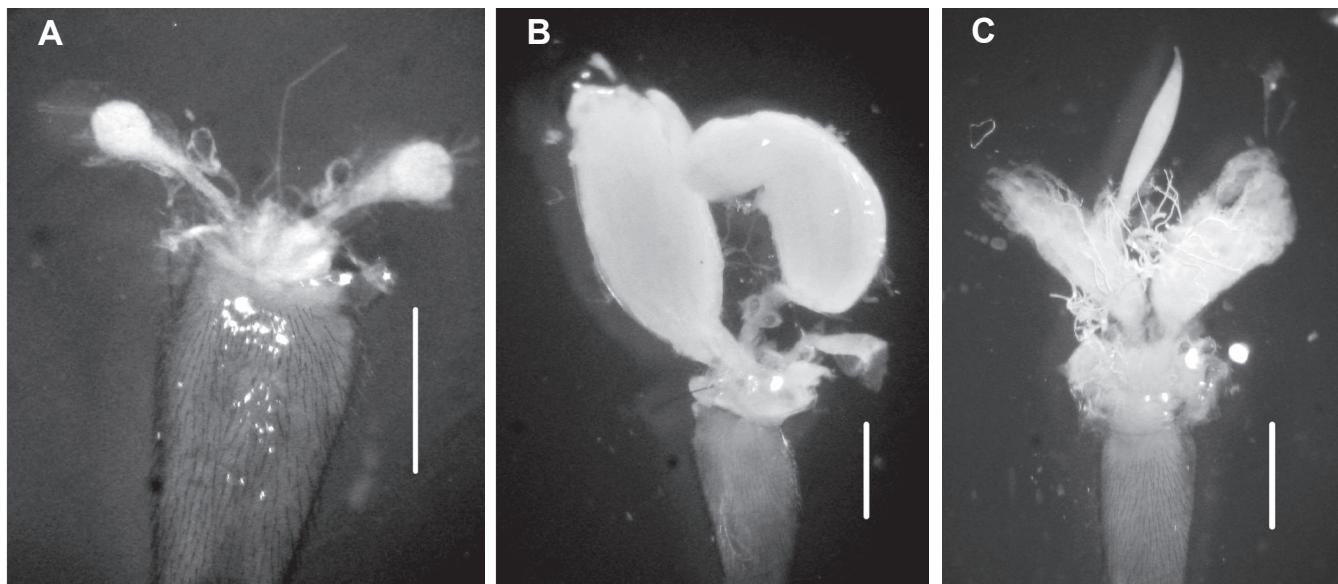


Figura 1. Desarrollo ovárico de *Anastrepha obliqua* obtenidas de una cría artificial como referencia para clasificar las hembras obtenidas en campo. **A.** Joven (5 días de edad) **B.** Madura (12 días) **C.** Vieja (40 días).

Como indicado en la sección de materiales y métodos, el diseño en bloques al azar y la rotación de tratamientos fueron utilizados para reducir la variación causada por la distribución de la población de la plaga.

Se encontraron diferencias significativas en la variable lecturas. Esta variable se refiere a la cantidad de moscas en cada una de las fechas de lectura y su significancia indica que se capturan diferente número de moscas en diferentes épocas de lectura. Los mayores índices de captura ocurrieron hacia el final de la toma de datos, cuando la población de moscas incrementó por la presencia de un mayor número de frutos maduros. Los valores del índice de moscas/trampa/día (mtd) oscilaron entre 0 y 20,9 en las diferentes lecturas y en los diferentes tratamientos, sin embargo, se presentaron capturas en todos los tratamientos y las gráficas de captura muestran una tendencia similar (Fig. 2).

La mayor captura de hembras ocurrió en la proteína hidrolizada (1.105 especímenes), seguida por la captura en orina de hombre al 70% (973); estas dos capturas difieren estadísticamente entre sí y superan a todos los demás tratamientos (Fig. 3). A diferencia de lo ocurrido con las capturas de hembras, los tratamientos de la proteína hidrolizada y la orina de hombre al 70% de concentración presentaron las mayores captu-

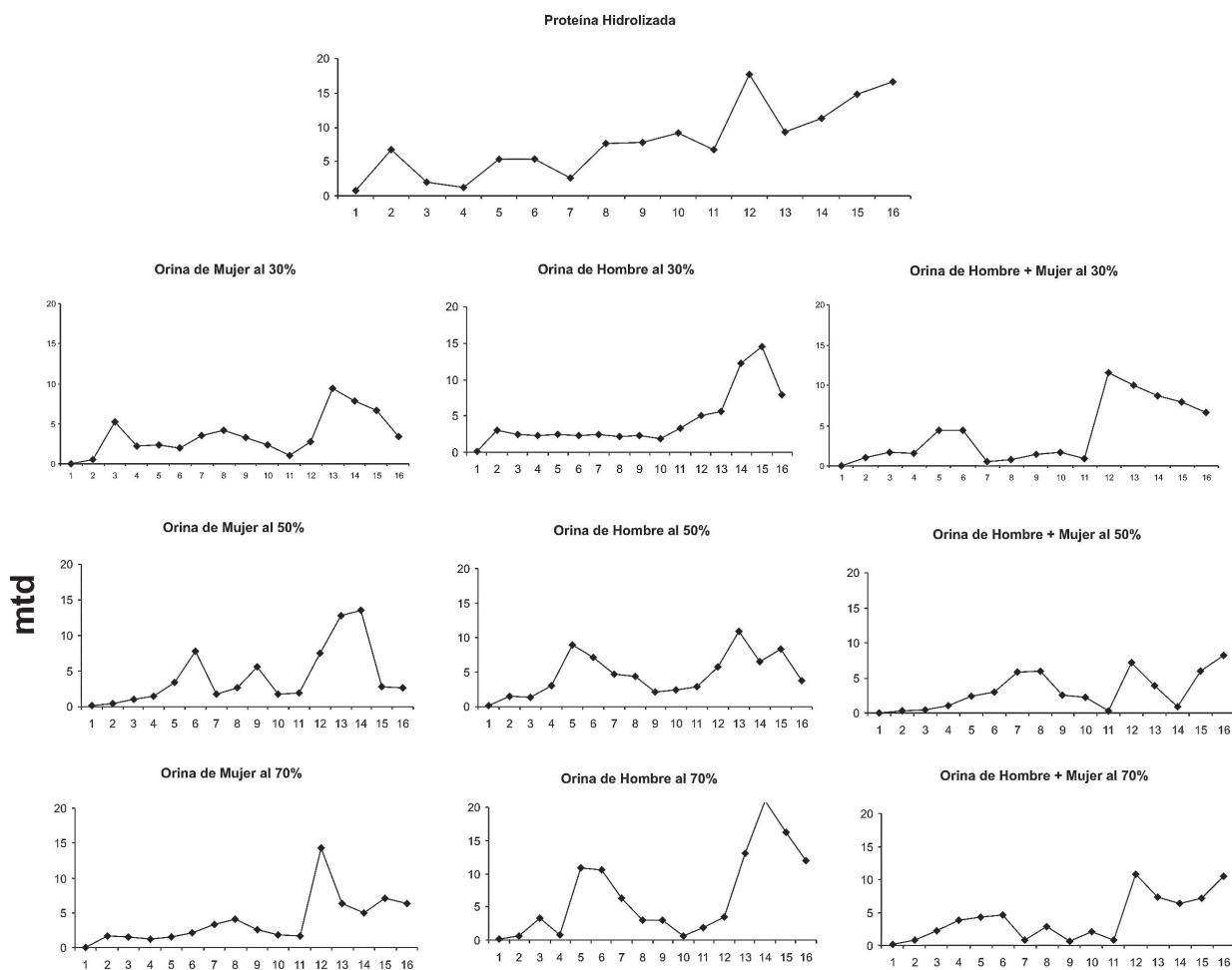
ras de machos (899 para la proteína y 857 para OH 70%), sin diferencia estadística entre sí, pero también superaron a los machos colectados en los demás tratamientos (Fig. 3). No se encontró diferencia estadística entre el total de moscas (hembras+machos) colectadas con la proteína hidrolizada y la orina de hombre al 70% de concentración (Fig. 3). Esto demuestra que las hembras y los machos de *A. obliqua* responden diferente a los atrayentes utilizados en campo.

A cada una de las hembras se les determinó su edad mediante el estado de desarrollo de sus ovarios. En la evaluación no se observó variación de la frecuencia de los estados en cualquiera de los tratamientos, es decir, la distribución por edades de las moscas capturadas fue similar en todos ellos. Las mayores capturas fueron de hembras viejas, seguido por maduras, y por último de hembras jóvenes (Fig. 4).

No se encontraron diferencias significativas entre las capturas de moscas a los cuatro o siete días de exposición del atrayente (Tabla 1), sin embargo, cuando se consideraron las capturas dentro de cada tratamiento y en los diferentes tiempos de exposición, si se encontraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 1). A los cuatro días de exposición no se encontraron diferencias entre las capturas en la proteína hidrolizada y en la orina de hombre al 70% de concentración

Tabla 1. Análisis de varianza para las capturas de *Anastrepha obliqua* con la orina humana como atrayente natural. El Espinal, Tolima, Abril-junio/2004.

Factor de variación	Probabilidad >F	C.V. %
Moscas hembras	0,00004	18,162
Moscas machos	0,00026	31,308
Total número de moscas	0,00001	19,769
Madurez	0,00001	57,614
Madurez * Tratamiento	0,82802	57,614
Exposición	0,07693	23,431
Exposición * Tratamiento	0,01166	23,431
Bloques	0,00001	18,162



Lecturas

Figura 2. Variación del número de moscas/trampa/día (mtd) de *Anastrepha obliqua* capturadas en 10 atrayentes alimenticios entre el 23 de abril y el 18 de junio de 2004 en El Espinal, Tolima, Colombia.

y estos tratamientos superaron a los demás. A los siete días de exposición, hubo diferencia significativa entre las moscas colectadas en la proteína y las colectadas en la orina de hombre al 70% y ambos tratamientos superaron a los demás (Fig. 5), lo cual indica que en la orina se presenta una disminución más rápida en la emisión de volátiles amoniacales respecto a lo ocurrido en la proteína hidrolizada.

Discusión

El monitoreo es una parte fundamental en los programas de manejo de las moscas de las frutas. Las trampas y atrayentes son las herramientas básicas del monitoreo de las poblaciones y la base para la planificación de medidas de control. Entre tanto, en algunos lugares se ha utilizado el trampeo masivo como una alternativa de control (Aluja *et al.* 1996). Para los pequeños y medianos productores colombianos la utilización de la proteína hidrolizada en el monitoreo y/o control de la mosca de la fruta tiene un alto costo, por lo cual, la utilización de sustancias que emitan fermentos amoniacales, como la orina humana, puede ser una alternativa viable.

Se ha demostrado que la orina humana es atractiva a moscas de las frutas (Hedström 1988; Piñero *et al.* 2002, 2003;

Aluja y Piñero 2004). En Costa Rica, Hedström (1988) encontró que la orina humana capturó 10 veces más moscas de *A. striata* Schiner, 1868 y *A. obliqua* que la levadura Torula en un huerto de guayaba. Piñero *et al.* (2003) compararon la orina humana y la proteína hidrolizada en México y encontraron que la proteína hidrolizada capturó más individuos de *A. obliqua* y *A. serpentina* que la orina. Aluja y Piñero (2004), en México, compararon la captura de moscas de la fruta en orina humana y proteína hidrolizada en diferentes huertos de frutas y encontraron que la orina capturó igual número de moscas de *A. fraterculus* (Wiedemann, 1835) en huertos de guayaba y toronja (*Citrus paradisi* (Macfadyn)), menor número de *A. obliqua* y *A. serpentina* en mango y significativamente más moscas de *A. serpentina* en chico zapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen). Piñero *et al.* (2002) estudiaron la influencia de la alimentación previa, la edad y el sexo en la respuesta de cuatro especies de *Anastrepha* a la orina humana y la proteína hidrolizada. Los autores encontraron que estas variables influyen en las preferencias de las moscas por determinado atrayente.

Los trabajos anteriores y los resultados de este ensayo permiten concluir que la respuesta de las moscas a la orina humana depende de la especie objeto del monitoreo y que

otros factores biológicos y ecológicos influyen en esta respuesta. En este estudio el tratamiento de orina de hombre al 70% capturó una cantidad similar de adultos de *A. obliqua* con respecto a la proteína hidrolizada, lo que difiere de lo referido para la misma especie por Piñero *et al.* (2003) y Aluja y Piñero (2004). Las razones a las cuales se pueden atribuir estas diferencias son: 1) Posibles variaciones en la calidad de las proteínas hidrolizadas utilizadas, 2) La concentración de la orina utilizada, 3) El origen de la orina y, 4) Condiciones fisiológicas de la mosca.

Hedström (1988) y Piñero *et al.* (2003) utilizaron en sus estudios orina al 50% de concentración y Aluja y Piñero (2004) evaluaron concentraciones de 12,5, 25 y 50% de concentración. Las concentraciones utilizadas por estos autores fueron seleccionadas para evitar una posible disminución en la atracción del cebo por concentraciones altas de amonio (Bateman y Morton 1981). En este trabajo se elevó la concentración de orina hasta el 70% y no se observó un efecto negativo por la concentración del atrayente y con las concentraciones menores se capturó significativamente menor cantidad de moscas que con la proteína hidrolizada, lo que coincidió con los resultados obtenidos por Piñero *et al.*

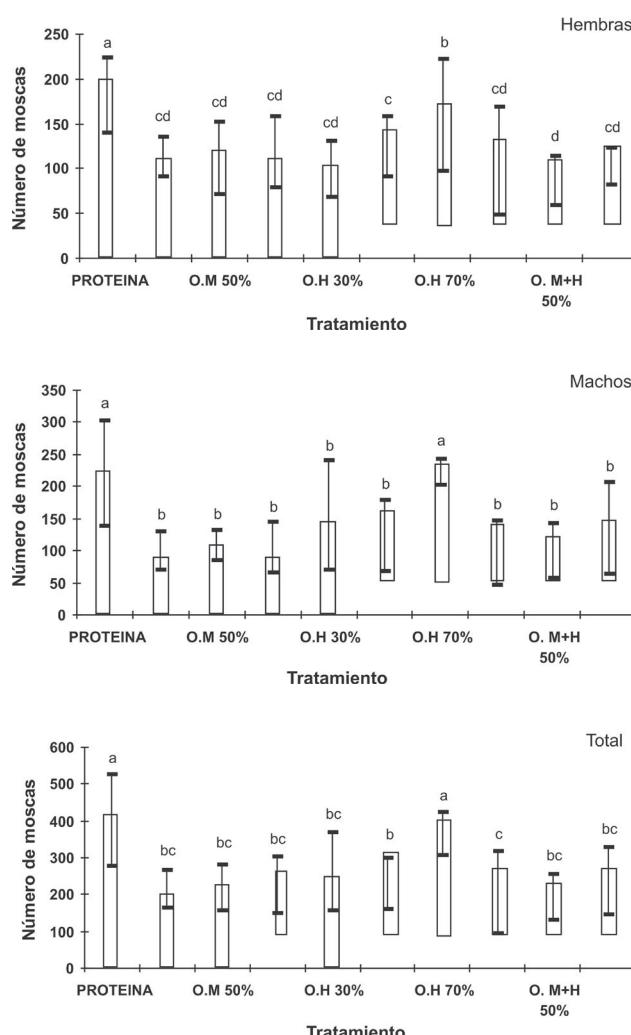


Figura 3. Medias de la captura de machos, hembras y total de moscas de *Anastrepha obliqua* en proteína hidrolizada y orina humana entre abril y junio de 2004 en El Espinal, Tolima. Tratamientos seguidos de la misma letra no presentan diferencia estadística.

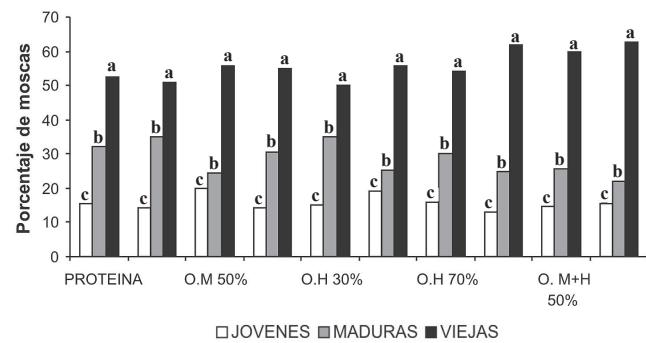


Figura 4. Proporción de edad de hembras de *Anastrepha obliqua* colectadas en proteína hidrolizada y diferentes tratamientos de orina humana entre abril y junio de 2004 en El Espinal, Tolima. La comparación de medias se hizo dentro de cada uno de los tratamientos.

(2003) y Aluja y Piñero (2004). Igualmente, en los trabajos antes referidos con orina humana no se adicionó bórax a los atrayentes y en El Espinal fue necesario adicionar este producto para evitar la formación de capas gruesas, aparentemente de microorganismos, en la superficie del atrayente, que impedían la captura de las moscas. El efecto del bórax en la actividad de un atrayente alimenticio es variable de acuerdo a las especies de mosca de las frutas, siendo para unas positivo y para otras negativo (Dyuck *et al.* 2004).

Los donantes usados en este trabajo no fueron sometidos a ninguna dieta especial con el objetivo de utilizar la orina en las condiciones reales en las cuales un pequeño fruticultor puede utilizarla como atrayente. Además de la preparación de los donantes, puede tener influencia el sexo del donante, es decir,

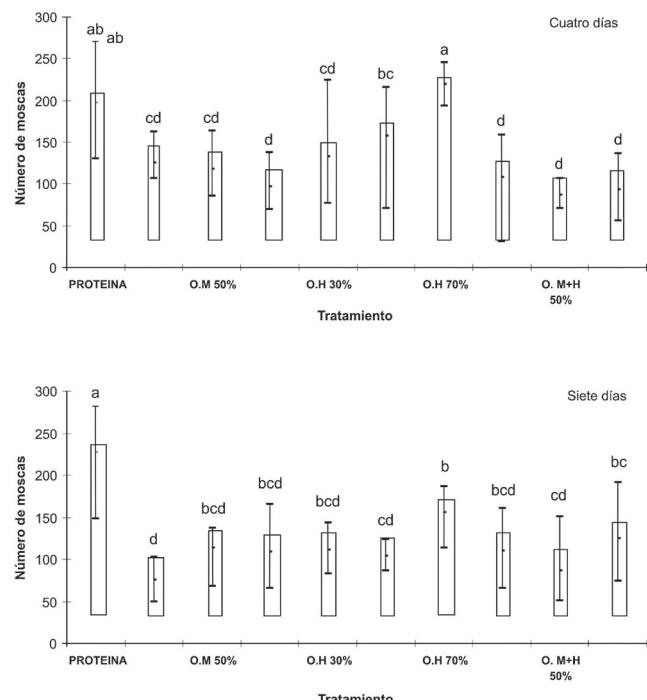


Figura 5. Capturas de adultos de *Anastrepha obliqua* en diferentes tiempos de exposición de los atrayentes proteína hidrolizada y diferentes tratamientos de orina humana entre abril y junio de 2004 en El Espinal, Tolima.

quizás la orina de hombre sea más atractiva que la de la mujer, o quizás, la edad del donante pueda influir, pues mientras los donantes hombres en este experimento fueron adultos jóvenes, las donantes fueron adultas maduras. Las diferencias encontradas en los resultados de nuestro trabajo con los de Piñero *et al.* (2003) y Aluja y Piñero (2004), indicadas anteriormente, pueden ser debidas a que estos últimos autores obtuvieron la orina de un donante hombre de 26 años de edad que fue sometido a una dieta rigurosa libre de café, bebidas alcohólicas, suplementos vitamínicos, condimentos y cigarrillo.

Robacker (1991) encontró que la respuesta de *A. ludens* (Loew, 1873) a un atrayente alimenticio dependía de la alimentación previa y sugirió que esto podría influir en los programas de trámpeo de moscas, pues la respuesta del insecto al atrayente depende de la fuente de alimento que inicialmente encuentre y del tamaño de la población; Piñero *et al.* (2002) encontraron resultados similares, pero además refirieron que la respuesta depende también del sexo y la edad. Este hecho indica que el microambiente del huerto y el hábitat de su entorno, así como condiciones propias de las poblaciones, resultan en diferencias en la respuesta hacia los atrayentes alimenticios y, por tanto, es posible que poblaciones de sitios diferentes presenten diferencias en sus respuestas.

Canal *et al.* (2007) evaluaron diferentes atrayentes alimenticios en poblaciones de *A. obliqua*, durante cinco años y en diferentes períodos, en la misma área donde se realizó el presente estudio. Los resultados indicaron que la respuesta a los atrayentes variaba debido posiblemente a variaciones mínimas de la humedad relativa, la temperatura y debido a la biología propia del insecto. Si bien estos autores estudiaron la estructura poblacional de las moscas capturadas en cada uno de los ensayos realizados, a través del estudio del estado fisiológico de las moscas, los análisis no fueron concluyentes debido a la falta de conocimiento sobre la variación de esta estructura poblacional a través del tiempo. En todos los tratamientos evaluados en el presente estudio se capturó una mayor cantidad de hembras viejas y esto puede ser debido a la estructura poblacional existente en el tiempo del ensayo, sin embargo, si no se conocen los factores relacionados con la fluctuación poblacional del insecto, incluyendo la variación de la estructura etárea en el tiempo, no será posible establecer conclusiones definitivas.

Cuando se utiliza el trámpeo como un método de control puede no ser conveniente que se capture un mayor número de

moscas viejas, debido a que a esta edad las moscas ya han depositado sus huevos en los frutos y su ciclo biológico ha culminado, sin embargo, cabe destacar dos cosas: la primera de ellas que este resultado se obtuvo en todos los tratamientos; incluso en el de la proteína hidrolizada, que es la opción utilizada comúnmente por los productores frutícolas. La segunda, que aunque se haya capturado mayor número de moscas viejas, los insectos capturados en los otros dos estados (maduras y jóvenes) también fue considerable (aproximadamente el 44,57% de las moscas capturadas).

La respuesta de las moscas de las frutas a los atrayentes alimenticios puede ser influenciada por muchos factores. Definir exactamente cual es la causa en las diferencias encontradas en los resultados, como es el caso de México y Colombia, implica la realización de experimentos específicos. Estos son necesarios, no solo por intentar popularizar el uso de un atrayente natural como la orina humana, sino también por la necesidad de mejorar los sistemas de monitoreo en general.

La orina de hombre al 70% de concentración permite tener una eficiencia estadística igual a la de la proteína hidrolizada en cuanto a la detección de moscas. Cabe destacar que hasta el tratamiento con menor índice de captura dentro de la evaluación (Orina de hombre + mujer al 30% de concentración con 690 moscas capturadas, alrededor de 7% del total), presentó una eficiencia aceptable (40,74%) con respecto a la proteína hidrolizada (Tabla 2); ésta puede ser mejorada utilizando un número mayor de trampas por área si el interés es el trámpeo masivo. Por otro lado, al observar detenidamente la figura 2, se puede observar que cualquiera de los tratamientos puede llegar a ser usado por un pequeño fruticultor para saber como está fluctuando la población de moscas en su lote.

Por muchos años la orina humana ha sido utilizada con fines benéficos para el hombre (el dato más antiguo en el Veda Hindú, que nació hace 5000 años, llamado "Shivambukaloa" donde se le dedican 107 capítulos a la orinoterapia); existen además estudios científicos que señalan que en la orina humana se presentan varios anticuerpos (como Interokin Renina, Protasglandina) los materiales más importantes para combatir las infecciones o tumores malignos, hormonas como la Spu-Hormona que tiene varias funciones como antibiótico para la circulación de la sangre, analgésico y promotor de la secreción de otras hormonas (Velázquez 2000). Lo anterior indica que no existirían muchos riesgos a la salud con la utilización de la orina en programas de manejo de moscas, la cual

Tabla 2. Porcentaje de moscas capturadas según su sexo. Centro de investigaciones Nataima, El Espinal, Tolima. 2004.

Tratamiento	Hembras %	Machos %	Total %	% eficiencia *
PH	7,76	8,82	16,58	100
OH70	6,31	8,41	14,72	88,78
OH50	4,99	5,25	10,24	61,76
OM50	4,69	4,35	9,04	54,52
OH+OM30	4,45	4,075	8,525	51,42
OM30	4,39	3,5	7,89	47,59
OM70	4,35	3,71	8,06	48,61
OH+OM70	4,09	4,42	8,51	51,33
OH30	4,075	5,49	9,565	57,69
OH+OM50	3,46	3,3	6,76	40,77
TOTAL	48,565	51,325	99,89	

* Eficiencia calculada para el total de moscas capturadas con respecto a la proteína hidrolizada.

al final depende de la superación del rechazo mental de los fruticultores.

Conclusiones

La orina humana es un atrayente viable para ser utilizado por pequeños fruticultores, en zonas cálidas colombianas, para el monitoreo de la mosca de la fruta *Anastrepha obliqua*.

La eficiencia de la orina en la atracción de moscas de las frutas es influenciada por muchos factores referentes al medio y a las condiciones biológicas de las especies de insectos; es necesario profundizar en el conocimiento de esos factores para mejorar los sistemas de trampeo de estos insectos.

Literatura citada

- ALUJA, M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. Annual Review of Entomology 39: 155-178.
- ALUJA, M.; CELEDONIO-HURTADO, H.; LIEDO, P.; CABRE-RA, M.; CASTILLO, F.; GUILLÉN, J.; RIOS, E. 1996. Seasonal population fluctuations and ecological implications for management of *Anastrepha* fruti flies (Diptera: Tephritidae) in commercial mango orchards in Southern Mexico. Journal of Economic Entomology 89 (3): 654-667.
- ALUJA, M.; PIÑERO, J. 2004. Testing human urine as a low-tech bait for *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in small guava, mango, sapodilla and grapefruit orchards. Florida Entomologist 87 (1): 41-50.
- BATEMAN, M. A.; MORTON, T. C. 1981. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Diptera: Tephritidae). Australian Journal of Agricultural Research 32: 883-903.
- CANAL, N. A.; CHACON, M. C. de; GALEANO, P. E.; GOMEZ, S. G.; GOMEZ, M. J.; RAMIREZ, J. H.; OSORIO, A.; CASTAÑEDA, M. R. 2007. Response of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) to synthetic attractants in Colombia. IAEA-TECDOC, Development of improved attractants and their integration into fruit fly SIT management programmes (Austria) 1574: 129-141.
- DYUCK, P. F.; ROUSSE, P.; RYCKEWAERT, P.; FABRE, F.; QUI-LICI, S. 2004. Influence of adding borax and modifying pH on effectiveness of food attractants for melon fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology 97 (3): 1137-1141.
- HEATH, R. R.; EPSKY, N. D.; GUZMAN, A.; DUEBEN, B. D.; MANUKIAN, A.; MEYER, W. L. 1995. Development of a dry plastic insect trap with food-based synthetic attractant for the Mediterranean and Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology 88 (5): 1307-1315.
- HEDSTRÖM, I. 1988. Una sustancia natural en la captura de moscas de la fruta del género *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae): Revista de Biología Tropical 36: 269-272.
- MAZOR, M.; GOTHLIF, S.; GALUN, R. 1987. The role of ammonia in the attraction of females of the Mediterranean fruit fly to protein hydrolysate baits. Entomologia Experimentalis et Applicata 43: 25-29.
- NÚÑEZ, L. 1994. Las Moscas de las Frutas (Diptera: Tephritidae). Revista ICA. 29 (2): 122-129.
- PIÑERO, J.; ALUJA, M.; EQUIHUA, M.; OJEDA M. M. 2002. Feeding history, age and sex influence the response of four economically important *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) to human urine and hydrolyzed protein. Folia Entomologica Mexicana 41 (3): 283-296.
- PIÑERO, J.; ALUJA, M.; VÁZQUEZ, A.; EQUIHUA, M.; VARÓN, J. 2003. Human urine and chicken feces as fruit fly (Diptera: Tephritidae) attractants for resource-poor fruit growers. Journal of Economic Entomology 96 (2): 334-339.
- RAMIREZ, A.; HERNANDEZ-ORTIZ, V.; MARTINEZ, I. 1996. Maduración ovárica en la “mosca de la guayaba” *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae). Acta Zoologica Mexicana (n.s.) 69: 105-116.
- ROBACKER, D. C. 1991. Specific hunger in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae): effects on attractiveness of proteinaceous and fruit-derived lures. Environmental Entomology 20 (6): 1680-1686.
- RODRIGUEZ G. G.; MARK P. D.; SILVA-ACUÑA, R.; GONZALEZ, E.; MILANO, E. 2000. Evaluacion de trampas y formulaciones atrayentes para la captura de la mosca de la guayaba, *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae) en Santa Bárbara, Monagas, Venezuela. Boletín de Entomología Venezolana 15 (1): 49-60.
- SALLES, L. A. 1997. Sucos de frutas como atractivos para a captura de adultos da moscas-das-frutas *Anastrepha fraterculus* (Wied. 1930) (Diptera: Tephritidae). Pesquisa Agropecuaria Gaúcha (Brasil) 3 (1):25-28.
- VELAZQUEZ, J. 2000. La orinoterapia. Universidad Interamericana de Puerto Rico. Disponible en: <http://ponce.inter.edu/cai/reserva/jvelazquez/orino.htm>. Fecha revisión: 29 diciembre 2009.
- VELOSO, V. R. S.; FERNANDES, P. M.; ROCHA, M. R.; QUEIROZ, M. V.; SILVA, R. M. R. 1994. Armadilha para o monitoramento e controle das moscas-das-frutas *Anastrepha* spp. e *Ceratitis capitata* (Wied.). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 23 (3): 487-493.

Recibido: 20-mar-2009 • Aceptado: 16-ene-2010

Nóctuidos (Lepidoptera) en cultivos de flores colombianas

Noctuids (Lepidoptera) in Colombian flower crops

NORELHY QUIMBAYO^{1,2}, FRANCISCO SERNA^{1,3}, TANIA S. OLIVARES⁴ y ANDRÉS O. ANGULO⁵

Resumen: Se identifican las especies de noctúidos de importancia económica en cultivos de flores ornamentales para exportación en Colombia. El estudio incluyó 15 fincas cultivadoras de flores, localizadas en los dos departamentos con mayor producción de flores del país; Cundinamarca, municipios de Bogotá, Bojacá, Chía, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Sopó, y Tocancipá; y Antioquia, municipio de Rionegro. Huevos, larvas y pupas de estos insectos fueron recolectados y criados hasta el estado adulto. Las polillas fueron identificadas empleando claves taxonómicas basadas en caracteres de la maculación alar, y genitales de machos y hembras; se identificaron siete especies de noctúidos; se encontraron *Pseudoplusia includens* y *Megalographa biloba* en Cundinamarca. *Spodoptera frugiperda* y *S. ornithogalli* en el municipio de Rionegro. *Agrotis ipsilon*, *Peridroma saucia* y *Copitarsia decolora* en ambos departamentos. *C. decolora* se encontró en todos los municipios y hospedantes revisados por lo cual se considera la especie más común entre las dos regiones. Se discute también la variación intraespecífica de estas especies.

Palabras clave: Colombia. Noctuidae. Floricultura. *Spodoptera*. *Agrotis*. *Copitarsia*.

Abstract: The noctuid species of economic importance in ornamental flower crops of Colombia are identified. The study included 15 flower-cultivating farms located in the two departments with the largest production of flowers in the country: Cundinamarca, municipalities of Bogotá, Chía, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Sopó, and Tocancipá; and Antioquia, municipality of Rionegro. Eggs, larvae and pupae of these insects were collected and reared to the adult stage. The moths were identified employing taxonomic keys based on characters of wing maculation, and male and female genitalia. Seven noctuid species were identified. *Pseudoplusia includens* and *Megalographa biloba* were found in Cundinamarca. *Spodoptera frugiperda* and *S. ornithogalli* in the municipality of Rionegro. *Agrotis ipsilon*, *Peridroma saucia*, and *Copitarsia decolora* in both states. *C. decolora* was found in all municipalities and hosts examined, therefore considered the most common species between the two regions. Intraspecific variation of these species is also discussed.

Key words: Colombia. Noctuidae. Floriculture. *Spodoptera*. *Agrotis*. *Copitarsia*.

Introducción

La producción de flores para exportación en Colombia se ha logrado consolidar como uno de los sectores económicos más promisorios en el país. La floricultura ocupa el segundo renglón de exportación después del café, comercializando 98% de su producción en los mercados internacionales (Asocolflores 2005). Sin embargo, la producción de flores se ve disminuida debido al ataque de diversas especies de insectos fitófagos, como los lepidópteros, los cuales presentan la mayor diversidad en la región Neotropical, estimada en más de 35% del número total de especies. Dentro de Lepidoptera, Noctuidae es considerada la familia con mayor diversidad, ya que se han estimado alrededor de 35.000 especies en el mundo (Poole 1989; Yela y Kitching 1999); sólo el Neótropico contiene 8.539 especies (Brown 1996; Lamas 2000).

Más de 6.000 hectáreas en Colombia sembradas con flores para exportación tienen serios problemas económicos causados por especies de la familia Noctuidae. Estos insectos causan daños al follaje y otras estructuras de interés para la comercialización. Además, cuando son detectados en carga-

mentos, hacen que los países importadores sometan al país exportador a restricciones comerciales o cuarentenarias. En las interceptaciones realizadas en el puerto de Miami (Estados Unidos) a flores colombianas, los noctúidos representan la mayoría de las capturas. Se registra un porcentaje bastante alto de especies identificadas como pertenecientes al género *Copitarsia* y otros lepidópteros identificados como Noctuidae (Guerra y Forero 2002). Estas identificaciones que no llegan al nivel de especie impiden adelantar programas adecuados de manejo de las poblaciones de estos insectos dañinos. Igualmente, esta limitación puede conducir al uso inapropiado de plaguicidas y a la generación de diversos problemas, como la resistencia de plagas a insecticidas y perjuicios al ambiente y a la fauna insectil benéfica.

Por lo tanto, el principal objetivo de este estudio fue conocer la identidad de las especies de Noctuidae de importancia económica en flores de corte. Se espera que los resultados contribuyan a redireccionar los programas de manejo integrado de plagas en el cultivo de flores para exportación, además de aportar conocimiento taxonómico sobre la familia Noctuidae en Colombia.

¹ Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Grupo Sistemática de Insectos Agronomía. Museo Entomológico Facultad de Agronomía UNAB, agroinsectounab@gmail.com.

² Ingeniero Agrónomo. norelhyq@yahoo.com.

³ M. Sc., Ph. D. Museo Entomológico Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. fjsernac@unal.edu.co.

⁴ Doctoratr es Sciences. Casilla 4040 correo 3. Concepción, Chile. tolivare@udec.cl. autora para correspondencia.

⁵ Doctor en ciencias mención Zoología. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Departamento de Zoología. Casilla 160-C, Concepción, Chile. aangulo@udec.cl.

Materiales y Métodos

Los especímenes estudiados fueron capturados en 15 fincas productoras de flores ornamentales para exportación. Las fincas están ubicadas en el departamento de Cundinamarca (altiplano de Bogotá), municipios de Bogotá, Bojacá, Chía, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Sopó y Tocancipá y en el departamento de Antioquia, municipio de Rionegro.

Durante los meses de mayo, junio y julio de 2004, en las fincas productoras de flores se llevó a cabo una recolección manual de huevos, larvas y pupas de Noctuidae. Estos especímenes son usualmente recolectados por los trabajadores de las fincas como método cotidiano de control manual. Entre estas flores comerciales se encuentran 23 variedades de *Alstroemeria* sp. (Amaryllidaceae), tres de *Aster* sp. (Asteraceae), dos de *Astilbe* sp. (Saxifragaceae), dos de *Campanula* sp. (Campanulaceae), dos de *Limonium* sp. (Plumbaginaceae), dos de *Lisianthus* sp. (Gentianaceae), cinco de *Mum cremon*, cuatro de Pompón (*Dahlia* sp., Asteraceae), dos de Pompón micro (*Dahlia* sp., Asteraceae), cinco de *Rosa* sp. (Rosaceae). Otros cultivos hospedantes son *Anemone japonica* Siebold, 1835 (anémona) (Ranunculaceae), *Bupleurum* sp. (Apiaceae), *Chrysanthemum* sp. (Asteraceae), *Delphinium* sp. (Ranunculaceae), *Eryngium* sp. (Apiaceae), *Gerbera* sp. (Asteraceae), *Helianthus annuus* L., 1753 (girasol, Asteraceae), *Gypsophila* sp. (Caryophyllaceae), *Antirrhinum majus* L., 1753 (snapdragon, Scrophulariaceae), *Solidago* sp. (spider, Asteraceae) y *Statice* sp. (Plumbaginaceae).

Los especímenes recolectados eran recibidos por un funcionario del Museo UNAB y por la primera autora, quienes los trasladaban al laboratorio de UNAB y los colocaban en vasos plásticos cubiertos con tela, para adelantar la cría hasta el estado adulto. Algunas larvas y pupas eran sacrificadas en agua caliente y transvasadas a alcohol al 98%. Los adultos fueron sacrificados, montados, rotulados y catalogados con base en estándares del museo UNAB. Los especímenes se montaron en alfileres entomológicos y se rotularon teniendo en cuenta datos de país, departamento, municipio, vereda, georreferencia, altitud, fecha de recolección y datos del recolector. En un segundo rótulo se consignó el nombre de la planta hospedante. Para la extracción y preparación de los genitales de machos y hembras se utilizó el método considerado en Angulo y Weigert (1977).

Las muestras se analizaron en el laboratorio de Macro-lepidopterología de la Universidad de Concepción, Chile. Los adultos fueron identificados mediante las claves de Eichlin y Cunningham (1978), Todd y Poole (1980), Parra *et al.* (1986), Angulo (1994) y Heppner (1998). Estas claves se basan en la maculación alar o en la forma de los genitales de machos y hembras. Las larvas y pupas se identificaron mediante las claves de Angulo y Weigert (1975), Angulo y Jana-Saénz (1982), Angulo y Olivares (2001) y Angulo y Olivares (2005). Asimismo se emplearon las descripciones y diagnosis incluidas en los estudios de Guenée (1852), Hampson (1906), Angulo y Quezada (1975), Angulo y Jana-Saénz (1984), Jana-Saénz (1989), Navarro (1989), Castillo y Angulo (1991), Angulo (1994), Angulo y Olivares (2003), Simmons y Pogue (2004) y Simmons y Scheffer (2004).

Resultados y Discusión

Un total de 307 especímenes (293 adultos) fueron examinados. Se identificaron siete especies de lepidópteros perten-

nientes a cuatro subfamilias y seis géneros de la familia Noctuidae, taxonómicamente distribuidas de la siguiente manera. Acronyctinae: *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott, 1797) (Figs. 1A-1B, 4A-4B), *Spodoptera ornithogalli* (Guenée, 1852) (Figs. 1C, 4C-4D); Cuculliinae: *Copitarsia decolora* (Guenée, 1852) (Figs. 1D-1E, 4E-4F); Noctuinae: *Agrotis epsilon* (Hüfnagel, 1766) (Figs. 1F-2A, 4G-4H), *Peridroma saucia* (Hübner, 1808) (Figs. 2B-2C, 4I-4J); Plusiinae: *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Figs. 2D, 4K-4L) y *Megalographa biloba* (Stephens, 1830) (Figs. 2E, 4M-4N). En el Altiplano de Bogotá (Cundinamarca) se encontraron *Pseudoplusia includens* y *Megalographa biloba* (Plusiinae). En Rionegro (Antioquia) se encontraron *Spodoptera frugiperda* y *Spodoptera ornithogalli* (Acronyctinae). Distribuidas en las dos regiones se hallaron *Agrotis epsilon*, *Peridroma saucia* (Noctuinae) y *Copitarsia decolora* (Cuculliinae) (Tablas 1 y 2). Estas especies son responsables de causar daño económico en los cultivos de flores de corte. *C. decolora* se presenta prácticamente en todas las especies de flores y todas las regiones estudiadas. Las demás especies son comparativamente menos frecuentes.

Copitarsia sp., registrada por Guerra y Forero (2002), corresponde a la especie *Copitarsia decolora*. Ésta es de especial interés por pertenecer a un género de origen sudamericano con restricciones cuarentenarias en puertos de exportación, principalmente en los Estados Unidos, en donde no se ha registrado (Vélez 1997; Yela y Kitching 1999; Guerra y Forero 2002).

Las especies del género *Spodoptera* presentan patrones similares en la maculación alar, lo que genera confusión en su identificación. El macho de *S. frugiperda* se diferencia de otras especies porque la mancha orbicular es oval y oblicua, mientras que en especies similares esta mancha se presenta en forma de una franja angosta. Los machos de *S. frugiperda* son similares a *S. latifascia*, pero se diferencian en que las alas anteriores son más redondeadas y la línea subterminal blanca es más curvada que en *S. latifascia* (Todd y Poole, 1980). Todd y Poole (1980) registran una amplitud alar menor a 30 mm para *S. frugiperda*. Sin embargo, en los especímenes analizados la envergadura alar se encuentra en el rango de 35-36 mm.

Entre las especies de *Spodoptera* estudiadas se podrían presentar algunas confusiones. Los machos de *S. ornithogalli* se parecen a algunos machos de *S. frugiperda*. En los últimos, el termen del ala anterior es más marrón, mientras que en *S. ornithogalli* está cubierto de escamas blancas. *S. ornithogalli* también se puede confundir con *S. latifascia*. La primera se diferencia porque la banda subterminal de las alas anteriores tiene una marca crescentiforme y separada, mientras que en *S. latifascia* esas marcas son adnatas y se igualan cerca del tornus. *S. latifascia* no se encontró en este estudio. *S. ornithogalli* es también similar a *S. pulchella* (Herrich-Schöffer, 1868) (Todd y Poole 1980). Guenée (1852) registra para *S. pulchella* una amplitud alar de 40 mm. Todd y Poole (1980) consideran una amplitud alar mayor a 30 mm. El ejemplar recolectado tiene una envergadura alar de 37 mm.

Los especímenes de *Copitarsia decolora* presentan considerable variabilidad en las poblaciones de Colombia. Se observaron caracteres morfológicos en la genitalia del macho que evidencian dos muestras poblacionales; sin embargo, tales diferencias probablemente corresponden a variaciones intraespecíficas. Estas observaciones están en concordancia con los estudios de Simmons y Scheffer (2004). La colora-

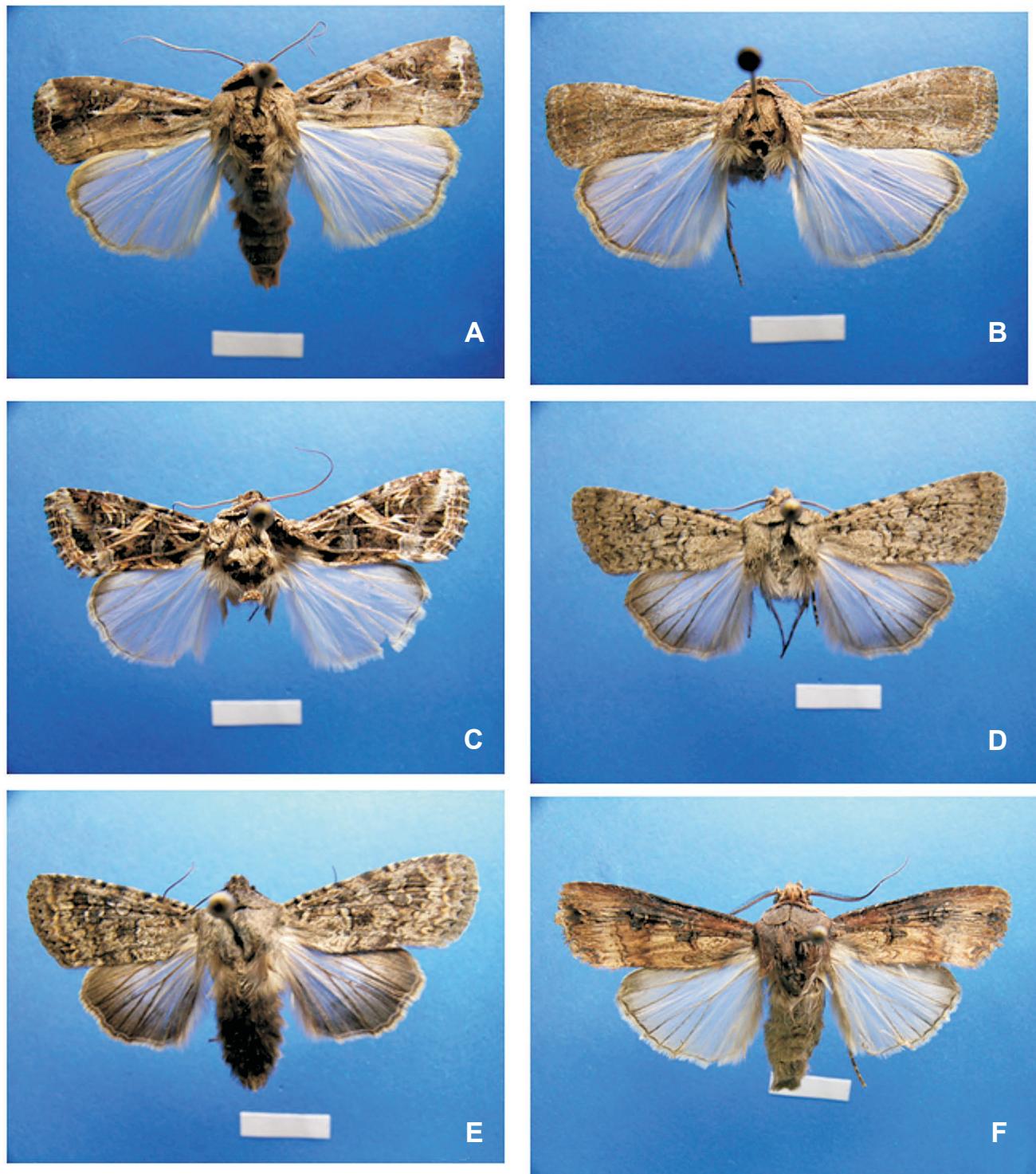


Figura 1. Especies de noctúidos encontrados en flores de cultivo. **A.** Adultos de *Spodoptera frugiperda* (δ). **B.** *Spodoptera frugiperda* (φ). **C.** *Spodoptera ornithogalli* (δ). **D.** *Copitarsia decolora* (forma clara). **E.** *Copitarsia decolora* (forma oscura). **F.** *Agrotis ipsilon* (δ).

ción de los adultos presenta un patrón básico en las dos poblaciones. El primer tipo de coloración es castaño claro encendido a tonalidades muy blancuzcas (Fig. 1D); el segundo tipo de coloración es pardo oscuro a grisáceo (Fig. 1E). La mancha orbicular puede o no presentar un punto oscuro en el centro; la mancha claviforme está presente o ausente. Una de las formas de *C. decolora* es clara (castaño claro encendido a tonalidades muy blancuzcas). Esta variación caracteriza a

los especímenes recolectados en el Altiplano de Bogotá. La segunda forma es oscura (pardo oscuro a grisáceo) y se presenta con mayor intensidad en los especímenes provenientes de Rionegro (Antioquia); estos últimos aspectos hacen que este tema merezca un análisis más profundo. La expansión alar de los especímenes recolectados presenta un rango de 29-40 mm, con un promedio de 35 mm.

Tabla 1. Distribución de especies de la familia Noctuidae (Lepidoptera) en cultivos de flores ornamentales en el Altiplano de Bogotá (Cundinamarca) y en Rionegro (Antioquia).

Especie de polilla	Municipio
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Rionegro
<i>Spodoptera ornithogalli</i>	Rionegro
<i>Copitarsia decolora</i>	Rionegro, Bogotá, Bojacá, Chía, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Sopó, Tocancipá
<i>Agrotis ipsilon</i>	Rionegro, Facatativá
<i>Peridroma saucia</i>	Rionegro, Bogotá, Chía, Facatativá
<i>Pseudoplusia includens</i>	Chía, Funza

La variación de los caracteres en los adultos de *C. decolora* coincide con los resultados del trabajo de Angulo y Olivares (2003), en donde se analizan las diferencias morfológicas en los genitales de los machos de *C. decolora* y *C. incommoda*. (Walker, 1865). Esta última especie no se encontró en este trabajo.

Pogue y Simmons (2008) describen la especie *Copitarsia corruda* Pogue y Simmons, 2008 con material de Colombia, Ecuador y Perú. De acuerdo con Pogue y Simmons (2008), *C. corruda* ataca en Colombia los cultivos de *Aster* (Asteraceae), *Calostephus* (Asteraceae), y *Lysimachia* (Primaluceae). Sin embargo, “*C. corruda*” podría tratarse de una variación dentro de *C. decolora*.

En el presente estudio se amplía el rango de variación morfológica para *C. decolora*. A nivel general se observaron dos formas (Variaciones A y B) claramente separables en cuanto a los siguientes caracteres. Forma del dígitus. Este carácter es de mayor importancia. El dígitus es de forma subrectangular. *Variación A*: presenta ápice truncado (Fig. 2F); *Variación B*: ápice truncado con una proyección apical en el ángulo interno (Fig. 3A). Uncus. *Variación A*: tercio distal del uncus con lóbulos laterales uniformemente ahusados, que terminan en una punta roma (Fig. 3B). *Variación B*: tercio distal con lóbulos laterales fuertemente ensanchados, lo que le proporciona un aspecto espatulado y termina en una punta aguda (Fig. 3C). Ampulla: con ápice acotado; por lo general de ápice redondeado (Fig. 3A). Transtilla. *Variación A*: ápice con una fuerte hendidura que llega hasta el tercio medio de su longitud y forma una U con dos brazos distinguibles; el brazo anterior es más largo y da la apariencia de gancho (Fig. 3D).

Soccus corto o alargado, que termina en una punta redondeada. Placa suboval (Fig. 3E), por lo general de aspecto semicircular, con margen dentada en donde el número de dientes varía de uno hasta 15, con un promedio de siete dientes. Placa triangular (Fig. 3F) fuertemente esclerosada donde el número de dientes varía de uno hasta seis, con un promedio de tres dientes. El número máximo de dientes en ambas placas se relaciona directamente con los caracteres de la *variación A*. Otras variaciones en esta especie son mencionadas por Simmons y Scheffer (2004), quienes las describen en ejemplares recolectados en México y Perú.

La mayor cantidad de especímenes recolectados corresponde a *C. decolora*. Esta especie fue la única que se encontró atacando todos los hospedantes, lo que indica un alto grado de polifagia en sus poblaciones. Moreno y Serna (2006a) estudiaron el ciclo de vida de *C. decolora* en *Alstroemeria* sp., y registran la variación larval en los diferentes instares.

Aunque *C. incommoda* (= *C. consueta* (Walker, 1857)) se registra en varios trabajos para Colombia (ICA 1976; Villamizar 1988; Porras 1999; Simmons y Scheffer 2004; Simmons y Pogue 2004), se considera que su presencia en el país está aún por confirmarse. Del mismo modo, la presencia de *Copitarsia sulfurea* (Koehler, 1973 *sensu* Angulo y Olivares 2003), en Colombia, Bogotá, requiere verificación.

Respecto a *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), Jana-Saénz (1989) describe el ala anterior ocre, con área costal marrón oscuro; mancha orbicular y claviforme débilmente marcadas (Fig. 1F). En el presente estudio se encontraron dos formas de coloración en las alas anteriores; en el Altiplano de Bogotá se encontró la forma descrita en el presente trabajo y en Rio-

Tabla 2. Flores ornamentales hospedantes de especies de la familia Noctuidae (Lepidoptera) en el Altiplano de Bogotá (Cundinamarca) y en Rionegro (Antioquia).

Especie de polilla	Especies de flores hospedantes
<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Campanula</i> sp. (champion blue)**, <i>Mum cremon</i> (lilac eleonora*), <i>Aster</i> sp var solidago (delistar*)
<i>Spodoptera ornithogalli</i>	<i>Mum cremon</i> (daymark)
<i>Copitarsia decolora</i>	<i>Alstroemeria</i> sp. (variedades amor, atlanta, belvedere, cotedazur, cliestry bay, dawney, diamon, dorothy, dreamgol, mango, mystique, moscow, myfair, orange q, provence, rebeca, sacha, salmon bay, senna, virginia, victoria, white heaven), <i>Anemone japonica</i> (anémona), <i>Aster</i> sp. (M.D.O, solidago, white var. surcarlo*), <i>Astilbe</i> sp. (esmeralda), <i>Bupleurum</i> sp. (green gold), <i>Campanula</i> sp. (var. champion blue*, champion pink), <i>Chrysanthemum</i> sp. (white albatros), <i>Eryngium</i> sp., <i>Gerbera</i> sp. (testarrosa), <i>Helianthus annuus</i> (sunbright), <i>Gypsophila</i> sp., <i>Limonium</i> sp. (blue stream, emili), <i>Lisianthus</i> sp. (avila blue rim*, mariache pure White*), <i>Mum cremon</i> (lilac eleonora*, pink eleonora*, resomee*, yellow eleonora*), <i>Dahlia</i> sp. (daymark, narú*) <i>Dahlia</i> sp micro (limoges dark*, shock*), <i>Rosa</i> sp. (alicette, engagement, helena, madame del bar, madreselva), <i>Antirrhinum majus</i> , <i>Solidago</i> sp. (delistar*, tara*), <i>Statice</i> sp.
<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Astilbe</i> sp. (espinel), <i>Mum cremon</i> (daymark), <i>Dahlia</i> sp. (wish*),
<i>Peridroma saucia</i>	<i>Alstroemeria</i> sp., <i>Astilbe</i> sp., (espinel), <i>Eryngium</i> sp., <i>Lisianthus</i> sp. (mariache pure white*), <i>Solidago</i> sp.
<i>Pseudoplusia includens</i>	<i>Alstroemeria</i> sp., <i>Alstroemeria</i> sp. (sabosha)

* Hospedantes de noctúvidos encontrados en Rionegro (Antioquia). ** entre paréntesis se indican las variedades por especie.

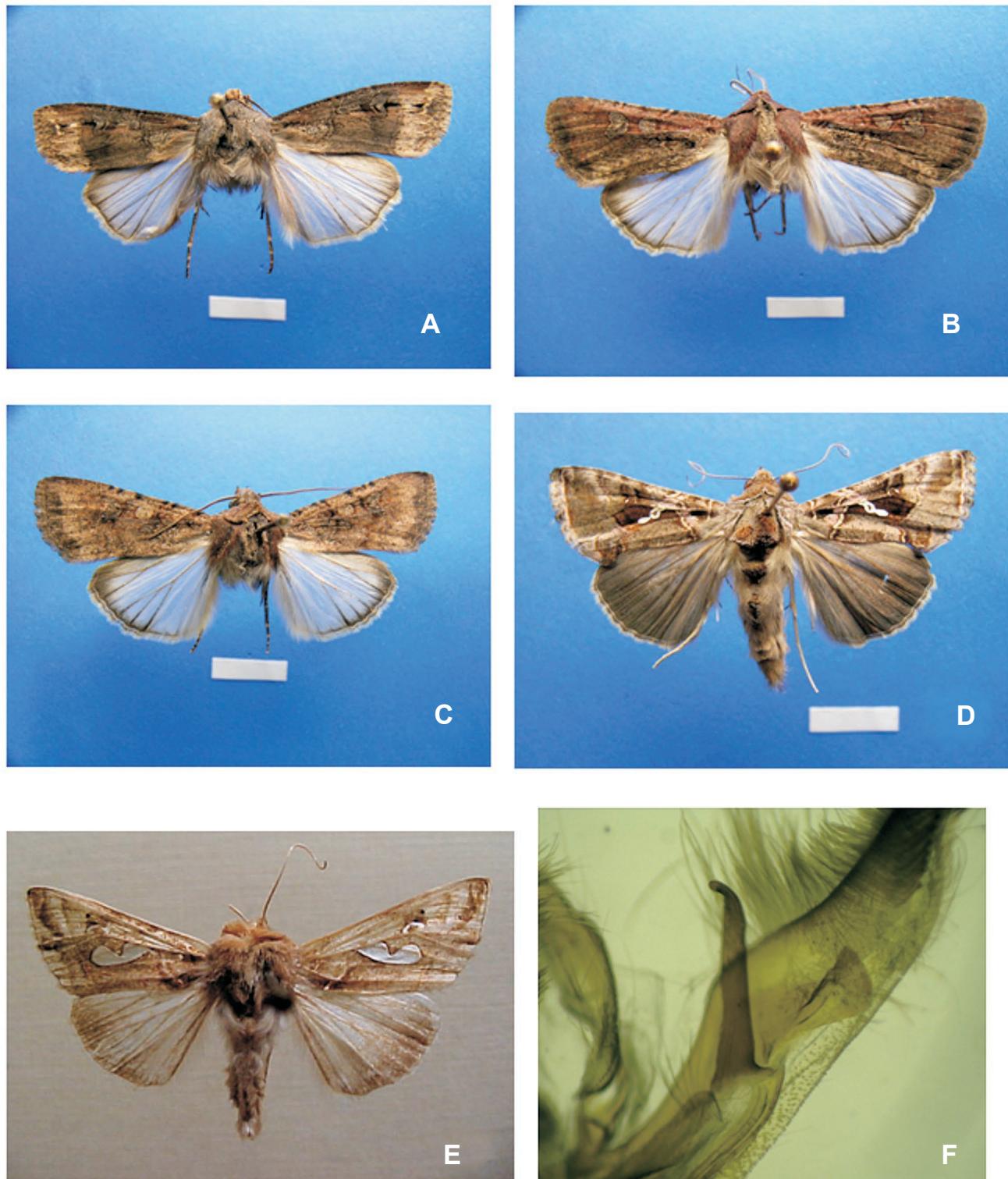


Figura 2. Especies de noctúidos encontrados en flores de cultivo. **A.** *Agrotis ipsilon* (♀). **B.** *Peridroma saucia* (forma rojizo-ocre). **C.** *Peridroma saucia* (forma ocre-pardo). **D.** *Pseudoplusia includens* (♂). **E.** *Megalographa biloba* (♂). **F.** Variación del complejo del clásper en *C. decolora* A.

negro la descrita por Jana-Saénz (1989). Parra *et al.* (1986) mencionan una envergadura alar que va de 28-48 mm. En los especímenes analizados se encontró una expansión alar entre 41-43 mm.

En los especímenes de *Peridroma saucia* se observaron dos patrones en la coloración alar. Una forma rojizo-ocre y

otra forma ocre-pardo. La forma rojizo-ocre (Fig. 2B) presenta un color rojizo intenso, similar al vinotinto; la *patagia* es del mismo color rojizo que se observa en el margen costal del ala anterior, menos amplia que la mitad del ala. El ala anterior presenta una banda basal castaño clara limitada por dos líneas pardo oscuro en ambos lados; se extiende desde la

Costa hasta las venas anales. La banda anterior castaño clara está demarcada por dos líneas pardo oscuro onduladas. Las manchas claviforme, orbicular y reniforme son distinguibles, delineadas por escamas marrón oscuro y con el centro color castaño-grisáceo. La mancha orbicular está levemente aplana; la banda posterior transversa castaño clara es dentada hacia el margen externo, poco notoria; la banda subterminal marrón oscura está levemente ondulada; la banda terminal

parda oscura es amplia con dientes negros subtriangulares dirigidos hacia la base del ala. La forma ocre-pardo (Fig. 2C) presenta una coloración en las alas anteriores uniforme, donde predomina el color ocre claro a pardo claro, manchado; la mancha orbicular es distingible y de color amarillento. Los demás atributos coinciden con la descripción original de la especie.

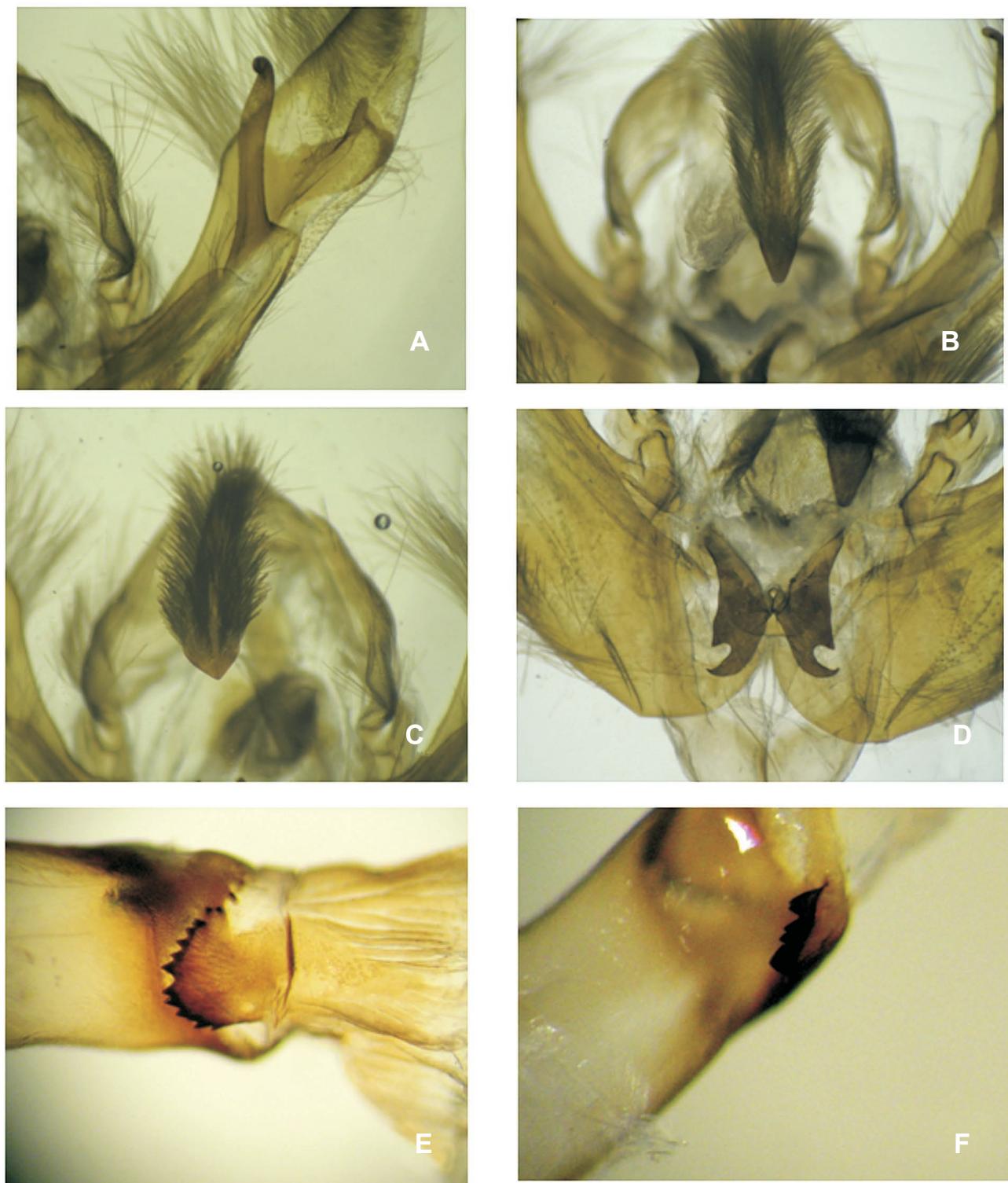


Figura 3. Variaciones en genitales en *Copitarsia decolora*. A. complejo del clásper B. B. variación del uncus forma A. C. Variación del uncus en forma B. D. Variación de la transtilla en forma A. E. placa suboval del aedeagus. F. Placa triangular del aedeagus.

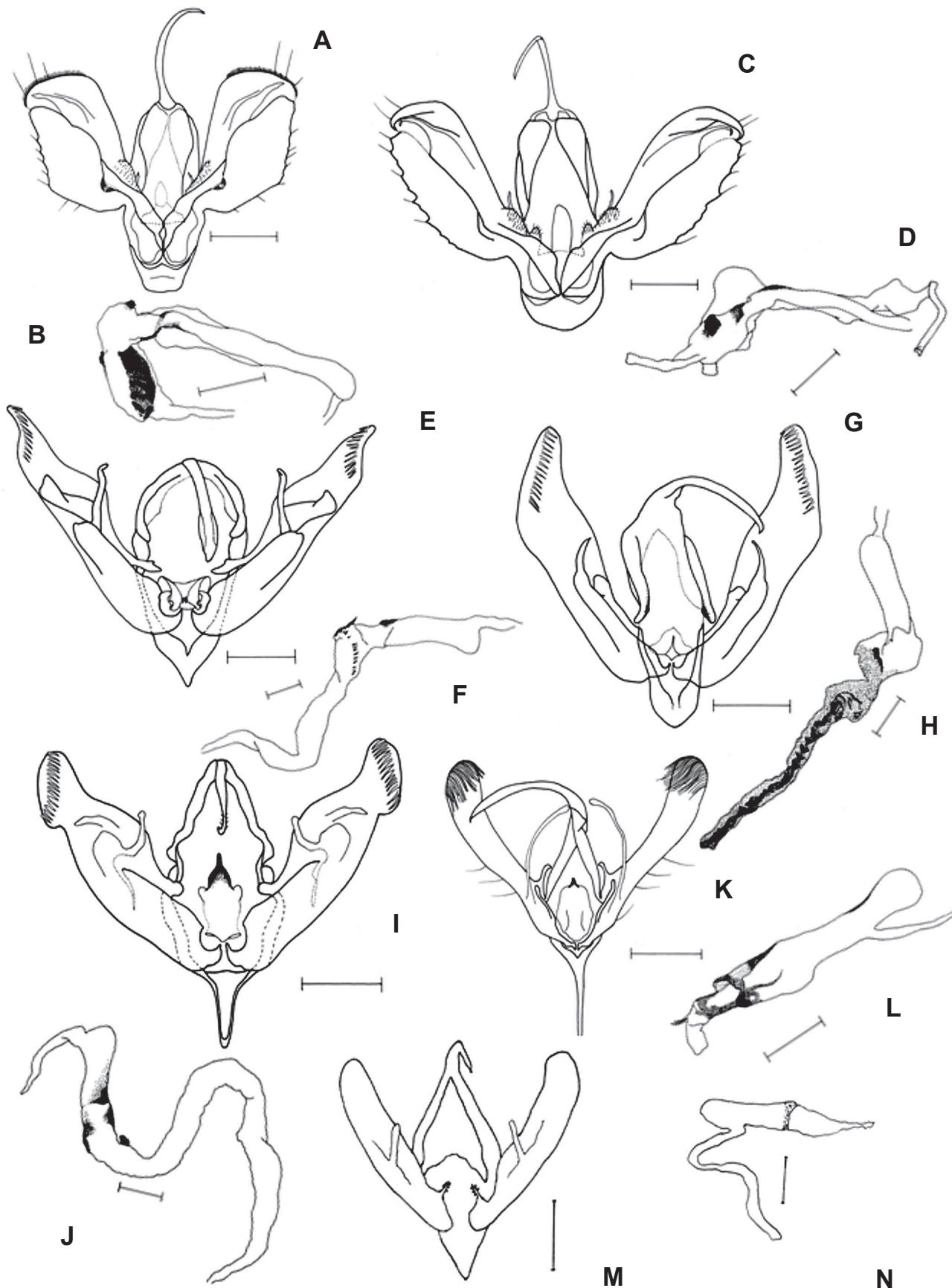


Figura 4. Ilustraciones de genitales y edeago en noctúridos encontrados en cultivos de flores. **A-B.** *Spodoptera frugiperda*. **C-D.** *Spodoptera ornithogalli*. **E-F.** *Copitarsia decolora*. **G-H.** *Agrotis ipsilon*. **I-J.** *Peridroma saucia*. **K-L.** *Pseudoplusia includens*. **M-N.** *Megalographa biloba*.

A pesar de que *Peridroma* es un género con pocas especies, se caracteriza por exhibir una importante variabilidad morfológica dada por sus múltiples gamas de colores, por lo que se ha hecho necesario describir el adulto de manera muy general (Köhler 1963). En Colombia sólo se han registrado las especies *Peridroma saucia* y *P. semidolens* (Walker, 1857). Amarillo (1993) estudió el ciclo de vida de *P. semidolens* con especímenes recolectados en Boyacá (Colombia). Este artículo es prácticamente el único registro que existe de dicha especie, aparte del trabajo de Koehler, 1945 que la menciona para Tucumán, Argentina. Hasta el momento, la especie *P. semidolens* no se ha referenciado causando daños económicos en áreas agrícolas en Colombia. Amarillo (1993) menciona la recolección sobre *Bocconia frutescens* L. (Papaveraceae).

Los adultos de estas dos especies difícilmente se pueden confundir. Los adultos de *P. semidolens* se describen con alas anteriores con área basal, postmedia, marginal y tono gris verdoso. Ápice y margen costal del área submedia gris claro y el margen anal café (Amarillo 1993). Parra *et al.* (1986) menciona una envergadura alar para *P. saucia* de 32-42 mm, en los ejemplares el rango va de 33-47 mm.

P. saucia es considerada una de las especies de mayor importancia económica en Colombia y en el mundo, debido a sus hábitos polífagos y a su amplio rango de distribución. Al igual que otros géneros de Noctuidae, *Peridroma* resulta de importancia cuarentenaria si carece de identificaciones al nivel específico. Moreno y Serna (2006b) estudian el ciclo de vida de *P. saucia* en *Alstroemeria* sp. en dos temperaturas y citan la variación del tamaño larval a través de los diferentes instares.

Pseudoplusia includens. Esta especie es fácilmente confundible con *Trichoplusia ni*. Sin embargo, si se revisa la armadura de los genitales del macho de *T. ni* se observa que ésta se presenta en contraposición a los genitales del macho de *P. includens*: juxta dos veces más ancha que larga y harpe curvado en ángulo recto, falciforme, grueso y puntiagudo, ligeramente proyectado más allá del margen costal de la valva. Otros caracteres pueden ser revisados en Navarro (1989). Este autor registra una envergadura alar entre 28,8-34,2 mm, mientras que en los especímenes estudiados se encontró una envergadura que va de 35-39 mm.

Copitarsia decolora se encontró en este estudio como la especie más común en el Altiplano de Bogotá (Cundinamarca) y en Rionegro (Antioquia). En otros países de América Latina, como México, esta especie se ha detectado con poblaciones dominantes. En el presente trabajo, *Peridroma saucia* se encontró como la segunda especie más frecuente en los cultivos de flores. *Spodoptera frugiperda* y *S. ornithogalli* no se presentaron en el Altiplano de Bogotá, en tanto que *Pseudoplusia includens* no se encontró en Rionegro. Las flores *Astroemeria* sp. en Bogotá, y *Mum cremon* en Rionegro fueron hospedantes del mayor número de especies de noctúidos.

Agradecimientos

En Chile, a los proyectos N° 203.113.060-1.0, 205.113.068-1.0 y 207.113.074-1.0 de la Universidad de Concepción y al Laboratorio de Macrolepidopterología del Departamento de Zoología de la Universidad de Concepción por el apoyo durante la pasantía. En Colombia, Rebecca Lee (Asocolflores), Edison Torrado (Universidad Nacional de Colombia, proyecto "Identificación de lepidópteros en la Sabana de Bogotá");

fincas floricultoras del altiplano de Bogotá. Diana Pérez (Cultivos del Caribe, Rionegro, Antioquia).

Literatura citada

- AMARILLO, A. 1993. Ciclo de vida de *Peridroma semidolens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Caldasia* 17: 259-563.
- ANGULO, A. O. 1994. La genitalia femenina como carácter diagnóstico de grupos de especies de noctúidos (Lepidoptera: Glossata: Noctuidae): clave práctica. *Comunicaciones del Museo Regional de Concepción* 8: 55-65.
- ANGULO, A. O.; JANA-SAÉNZ, C. 1982. La pupa de *Spodoptera Guenée*, 1852, en el norte de Chile (Lepidoptera: Noctuidae). *Agricultura Técnica (Chile)* 42: 347-349.
- ANGULO, A. O.; JANA-SAÉNZ, C. 1984. El género *Peridroma* Hübner en Chile (Lepidoptera: Noctuidae). *Gayana Zoología* 48: 61-73.
- ANGULO, A. O.; OLIVARES, T. S. 2001. Clave para identificar pupas de especies de noctúidos chilenos (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Chilena de Entomología* 28: 55-58.
- ANGULO, A. O.; OLIVARES, T. S. 2003. Actualización taxonómica de las especies de *Copitarsia* Hampson, 1906 (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae). *Gayana Zoología* 67: 33-38.
- ANGULO, A. O.; OLIVARES, T. S. 2005. Two larval characters to separate *Copitarsia incommoda* (Walker) from *C. decolora* (Guenée) (Herrich-Schaeffer) (Lepidoptera: Noctuidae). *Gayana Zoología* 69: 409-410.
- ANGULO, A. O.; QUEZADA, A. E. 1975. *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel) y *Feltia malefida* (Guenée): aspectos ecológicos y evolutivos de dos especies de noctúidos similares en el mundo (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 49: 117-124.
- ANGULO, A. O.; WEIGERT, G. TH. 1975. Estados inmaduros de lepidópteros noctúidos de importancia económica en Chile y claves para su determinación (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción. Publicación especial* 2: 153.
- ANGULO, A. O.; WEIGERT, G. TH. 1977. *Pseudaletia punctulata* (Blanchard) y *Pseudaletia impuncta* (Guenée): noctúidos hadeninos similares en Chile (Lepidoptera: Noctuidae). *Agro Sur* 5: 12-17.
- ASOCOLFLORES. 2005. Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. En: Datos de Interés, Disponible en : http://www.asocolflores.org/info/info_datosin.php. Fecha última revisión: junio 2005.
- BROWN Jr, K. S., 1996. Diversity of brazilian Lepidoptera: history of study, methods for measurement, and use as indicator for genetic, specific and system richness, pp. 221-253. En: Bicudo C. E.de M.; Menezes, N. A. (Eds.). *Biodiversity in Brazil. A first approach*. São Paulo.
- CASTILLO, E. E. ANGULO, A. O. 1991. Contribución al conocimiento del género *Copitarsia* Hampson, 1906 (Lepidoptera: Glossata: Cucullinae). *Gayana Zoología* 55: 227-246.
- EICHLIN, T. D.; CUNNINGHAM, H. B. 1978. The Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) of America North of Mexico, emphasizing genitalic and larval morphology. Technical bulletin. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture 1567: 1-99.
- GUENÉE, M. A. 1852. *Noctuélites*, pp.163-191. En: Boisduval, M.; Guenée, M. A. (Eds.). *Histoire naturelle des insectes. Species Général des Lépidoptères*. Librairie Encyclopédique de Roget, París, France.
- GUERRA, J. J.; FORERO, D. 2002. Principales interceptaciones de plagas en flores provenientes de la Sabana de Bogotá en el puerto de Miami, y su implicación fitosanitaria. *Revista Asocolflores* 62: 50-58.
- HAMPSON, G. F. 1906. Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. London. – 185. Trustees of the British Museum (Natural History). Cuculliinae 6: 68 p.

- HEPPNER, J. B. 1998. *Spodoptera* armyworms in Florida. September/October. Florida Dept. Agric. & Consumer Services. Division of Plant Industry. Entomology circular N° 390. 5 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1976. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Tercera edición. Boletín técnico. 43: 484 p.
- JANA-SAÉNZ, C. 1989. Las especies del género *Agrotis* Ochsenheimer (Lepidoptera: Noctuidae) de importancia agrícola en Chile. *Gayana Zoología* 53: 63-71.
- KOEHLER, P. 1945. Los Noctuidae argentinos. Subfamilia Agrotinae. *Acta Zoologica Lilloana* 3: 59-134.
- KOEHLER, P. 1963. Noctuidarum miscellanea. IV (Lep. Het.). El complejo *Peridroma* Hübner. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 26: 7-11.
- LAMAS, G. 2000. Estado actual del conocimiento de la sistemática de los lepidópteros, con especial referencia a la Región Neotropical. Pribes 2000. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 1: 253-260.
- MORENO, O.; SERNA, F. J. 2006a. Biología de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae), en flores cultivadas del híbrido comercial de *Alstroemeria* spp. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 59: 3257-3270.
- MORENO, O.; SERNA, F. J. 2006b. Biología de *Peridroma saucia* (Lepidoptera: Noctuidae) en flores cultivadas del híbrido comercial de *Alstroemeria* spp. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 59 (2): 3435-3448.
- NAVARRO, F. R. 1989. Contribución al conocimiento de los noctúidos neotropicales (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. 270 p.
- PARRA, L. E.; ANGULO, A. O.; JANA-SAÉNZ, C. 1986. Lepidópteros de importancia agrícola: clave práctica para su reconocimiento en Chile (Lepidoptera: Noctuidae). *Gayana Zoología* 50: 81-116.
- POOLE, R. W. 1989. *Lepidopterorum catalogus*. Noctuidae, E. J. Brill, Leiden, The Netherlands. New York. 118: 1013 p.
- PORRAS, R. P. D. 1999. La papa en Colombia: desarrollo de una cadena agroalimentaria estratégica. *Revista Papa (Fedepapa)* 20: 21 p.
- POGUE, M. G.; SIMMONS, R. B. 2008. A new pest species of *Copitarsia* (Lepidoptera: Noctuidae) from the Neotropical Region Feeding on *Asparagus* and Cut Flowers. *Annals of the Entomological Society of America* 101(4): 743-762.
- SIMMONS, R. B.; POGUE, M. G. 2004. Redescription of two often-confused noctuid pest, *Copitarsia decolora* and *Copitarsia incommoda* (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae). *Annals of the Entomological Society of America* 97: 1159-1164.
- SIMMONS, R. B.; SCHEFFER, S. J. 2004. Evidence of cryptic species within the pest *Copitarsia decolora* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America* 97: 675-680.
- TODD, E. L.; POOLE, R. W. 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the Noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Annals of the Entomological Society of America* 73: 722 - 738.
- VÉLEZ, R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Editorial Universidad de Antioquia. 482 p.
- VILLAMILAR, R. 1988. Contribución a la biología y los hábitos de *Copitarsia consueta* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae) bajo condiciones de invernadero comercial. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá. 118 p.
- YELA, J. L.; KITCHING, I. J. 1999. Evolución y filogenia de Arthropoda. sección III: Artropodiana. La filogenia de noctúidos, revisada (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (S. E. A.) 26: 485508.
- ZENNER DE POLANIA, I. 1970. Apuntes descriptivos y ciclo de vida de los "muqués de la papa" *Peridroma pos. saucia* (Hübner) y *Copitarsia consueta* (Walker). *Agricultura Tropical* 26: 687-693.

Recibido: 6-jun-2009 • Aceptado: 9-mar-2010

Thrips (Thysanoptera) del aguacate (*Persea americana*) en Nayarit, México

Thrips (Thysanoptera) of avocado (*Persea americana*) in Nayarit, Mexico

OCTAVIO J. CAMBERO C.¹, ROBERTO JOHANSEN N.², AXEL RETANA S.³,
OSWALDO GARCÍA M.⁴, MARIO CANTÚ S.⁵ y CARLOS CARVAJAL C.⁶

Resumen: Se determinaron las especies de thrips asociadas al cultivo de aguacate Hass y se estableció su importancia como plagas o depredadoras. El trabajo se llevó a cabo en el Municipio de Xalisco, Nayarit, México, en tres huertas comerciales ubicadas a diferente altitud: "La Carbonera", "El Carrizal" y "Oreja de Ratón". Se realizaron recolecciones semanales durante 24 meses, utilizando tres técnicas de muestreo: manteo, redeo y derribo. Se capturaron 3.698 thrips adultos. La mayor captura se obtuvo en "La Carbonera" (40,50%), la intermedia en "Oreja de Ratón" (30,74%) y la menor en "El Carrizal" (20,76%). Con la técnica de derribo se obtuvo el mayor número de thrips, seguido por redeo y manteo, respectivamente. Se identificó un total de 725 thrips, resultando 40 especies. *Franklinothrips orizabensis* fue la especie más representada (21,7%), seguida de *Pseudophilothrips perseae* (15,2%), y *Franklinothrips lineatus* (14,3%). El resto de las 37 especies tuvieron porcentajes en rangos de 0,13 a 8,65. En esta diversidad, once especies son fitófagos, siete depredadoras y 22 visitadoras.

Palabras clave: *Franklinothrips orizabensis*. *Pseudophilothrips perseae*. Fitófagos. Depredadores. Visitadores. CV. Hass.

Abstract: The species of thrips associated with Hass avocado orchards was determined, and their importance as pests or predators was established. Research was carried out in the municipality of Xalisco, Nayarit, Mexico, in three commercial orchards located at different altitudes: "La Carbonera", "El Carrizal" and "Oreja de Raton." Weekly collections were carried out over a period of 24 months, using three sampling techniques: blanketing, netting and knockdown. A total of 3,698 adult thrips were captured. The greatest capture was at "La Carbonera" (40.50%), the intermediate at "Oreja de Raton" and the lowest at "El Carrizal" (20.76%). The knockdown technique obtained the highest number of thrips, followed by netting and blanketing, respectively. A total of 725 thrips were identified, resulting in 40 species. *Franklinothrips orizabensis* was the most represented species (21.7%), followed by *Pseudophilothrips perseae* (15.2%) and *Franklinothrips lineatus* (14.3%). The other 37 species had percentages ranging from 0.13 to 8.65. In this diversity, 11 species are phytophagous, seven predaceous and 22 visitors.

Key words: *Franklinothrips orizabensis*. *Pseudophilothrips perseae*. Phytophages. Predators. Visitors. CV. Hass.

Introducción

La producción mundial de aguacate se estima en 3,2 millones de toneladas, obtenidas en 417.000 ha. México es el principal productor en el mundo y uno de los exportadores más importantes, con una producción de 1'040.390 ton. (33% de la producción mundial), cosechadas en 102.467 ha. (25% de la superficie mundial) (Téliz y Marroquín 2007).

En México, el aguacate se cultiva en 27 estados; Nayarit ocupa el segundo lugar nacional en volumen de producción anual y superficie establecida, con alrededor de 2.697 ha. (SIAP 2008). En este Estado, el cultivo alberga una variedad de organismos plaga que afectan la producción y calidad del fruto, destacándose los thrips (Thysanoptera), debido a que causan lesiones en hojas, flores y frutos pequeños cuando se alimentan. A los frutos los atacan en el estado de desarrollo llamado "cerillo" o "canica", provocando protuberancias o crestas en la superficie del pericarpo, las cuales son más evi-

dentes en los frutos maduros (González *et al.* 2000). Además, las heridas en los frutos favorecen la infección de enfermedades como la roña de fruto (*Sphaceloma perseae* Jenkins, 1934), (Marroquín 1999; Ascensión *et al.* 1999; Ávila *et al.* 2002). Todo esto reduce considerablemente el valor del fruto en el mercado.

En Nayarit se desconoce cuáles especies de thrips están asociadas al cultivo por lo que este trabajo tiene por objetivos determinar las especies de thrips asociadas al cultivo de aguacate Hass y estudiar su importancia como plagas y depredadoras.

Materiales y Métodos

Las recolecciones de thrips se realizaron en el Municipio de Xalisco, Nayarit, en tres huertas en producción de aguacate Hass con diferente altitud; estas son: "Oreja de Ratón (21°27'36.3"N, 105°00' 25.9"W, 1436 msnm); "La Carbo-

¹ Estudiante de Doctorado. M. Sc. Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. C.P 25315. Buenavista, Coahuila, México. *jhony695@gmail.com* *Autor para correspondencia.

² Profesor Investigador. Ph. D. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. A.P. 70-153. 04510. México (Coyoacán) D.F. México. *naime@biologia.unam.mx*.

³ Profesor Investigador. Ph. D. Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC), Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica 2060, San José, Costa Rica. *apretana@gmail.com*

⁴ Profesor Investigador. Ph. D. Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. C.P 25315. Buenavista, Coahuila, México. *drogarcia@yahoo.com.mx*.

⁵ Profesor Investigador. Ph. D. Departamento de Estadística, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. *mcansif@uaaan.mx*.

⁶ Profesor Investigador. M. Sc. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, Nayarit, México. *carvajal@nayar.com.mx*.

nera" ($21^{\circ}27'34.1''N$, $105^{\circ}00'19.1''W$, 1787 msnm) y "El Carrizal" ($21^{\circ}27'24.3''N$, $105^{\circ}01'47''W$, 1010 msnm). Para obtener thrips se muestreó semanalmente, de octubre de 2003 a noviembre de 2004, y de marzo a diciembre de 2006, utilizando tres métodos de captura: manteo, derribo y redeo. En el manteo se colocó una manta de 3x3 m debajo del dosel de un árbol tomado al azar en cada huerta, se le sacudieron las ramas con las manos para propiciar la caída de insectos sobre la manta, de donde se recolectaron con pincel; en el derribo se siguió el procedimiento anterior, con la diferencia de que el árbol se asperjó previamente con permetrina (84 cc permetrina 35% en 15 litros agua), dejando que el insecticida actuara por 30 minutos; en el redeo se dieron, en cada huerta, 100 golpes con una red entomológica de 30 cm de diámetro sobre la maleza, en cuatro áreas seleccionadas aleatoriamente.

Los insectos se preservaron en alcohol etílico al 70%, para su traslado al laboratorio de la Universidad Autónoma de Nayarit, así como al laboratorio del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde se separaron, cuantificaron y montaron los especímenes colectados. La técnica de montaje utilizada fue la desarrollada por Mound y Marullo (1996).

Dado que los conteos de diferentes ítems se pueden modelar aproximadamente mediante una distribución multinomial, para el análisis de datos se empleó la prueba estadística Ji-cuadrada de Pearson (Pearson 1900), y en los casos en que esta no es aplicable, se usó la prueba G o de razón de verosimilitud para bondad de ajuste (Sokal y Rohlf 1994).

Resultados y Discusión

Se capturó un total de 3.698 thrips adultos en las tres huertas y el mayor número se obtuvo en "La Carbonera" (40,50%), y el menor en "El Carrizal" (20,76%); en "Oreja de Ratón" el valor fue intermedio (30,74%). Con la técnica de derribo se obtuvo el mayor número de thrips, seguido por redeo y manteo, respectivamente (Tabla 1).

Las proporciones de captura por huerta son estadísticamente diferentes, ($X^2 = 437.2964$, gl = 2, $P << 0.001$). También hubo diferencias entre los tipos de muestreo ($X^2 = 865.7691$, gl = 2, $P << 0.001$). Además, se realizó una prueba de Ji-cuadrada en dos sentidos: Método de muestreo dentro

de cada huerta y método de muestreo entre huertas. Para el muestreo dentro de huertas, en todos los casos, se encontró que las diferencias entre las proporciones de los conteos son estadísticamente significativas, en "La Carbonera" ($X^2 = 905.663$, gl = 2, $P << 0.01$); "Oreja de Ratón" ($X^2 = 234.9974$, gl = 2, $P << 0.01$) y en "El Carrizal" ($X^2 = 16.1797$, gl = 2, $P << 0.001$). Esto indica que a mayor altitud, se presentan densidades más altas de thrips, destacando a "La Carbonera" localizada a una altura de 1.787 msnm, seguido por "Oreja de Ratón" a 1.436 y "El Carrizal" en último lugar localizada a 1.010 msnm. Mientras que en el muestreo entre huertas, los resultados del análisis de diferencias de proporciones por cada método de muestreo fueron, para redeo ($X^2 = 10.3681$, gl = 2, $P < 0.001$); manteo ($X^2 = 44.0256$, gl = 2, $P << 0.01$) y derribo ($X^2 = 646.0436$, gl = 2, $P << 0.01$). Lo cual muestra que el mejor método de captura fue el derribo, esto debido a la eficiencia del insecticida empleado y a una mayor cobertura del área foliar del mismo.

De los 3.698 adultos de thrips capturados, se realizaron montajes de los individuos adultos en buen estado (725) siendo estos el material biológico identificado en este trabajo. Se identificaron cuatro familias; tres del Suborden Terebrantia (70,3%) y una de Tubulifera (29,7%) (Tabla 2), coincidiendo con Valle *et al.* (2003), quienes registraron las mismas familias en huertas de aguacate en Michoacán. Con mucho, la familia Aeolothripidae fue la más representada (52,3%) en las tres huertas, sobresaliendo "La Carbonera". Al respecto, Valle *et al.* (2003), informan que la familia Thripidae es la más frecuente con 99,5, 98,2 y 99,6% en las huertas de aguacate muestreadas en Michoacán, y a la familia Aeolothripidae con solo una captura. Hay diferencia altamente significativa entre huertas para las proporciones de cada familia, excepto para la familia Heterothripidae ($X^2 = 2,1972$, $P < 0,334$). Los valores correspondientes para las familias restantes son: Aeolothripidae ($X^2 = 12,354$, $P < 0,002$); Thripidae ($X^2 = 103,861$, $P << 0,001$) y Phlaeothripidae ($X^2 = 55,042$, $P << 0,001$). La familia Heterothripidae es la que exhibe el menor número de individuos recolectados (Tabla 2). Esto coincide con las observaciones de Mound y Marullo (1996) que indican que estos thrips son escasos, por lo que la mayoría de las especies se han descrito a partir de pocos especímenes.

Tabla 1. Total de thrips adultos recolectados por técnica de muestreo y por huerta de aguacate Hass en Jalisco, Nayarit, México.

Huerta	Redeo	Manteo	Derribo	Total
Carbonera	279	316	1198	1793
	15,56%*	17,62%*	66,82%*	100%
	30,03%**	44,95%**	57,99%**	48,48%
Oreja de Ratón	355	181	601	1137
	31,22%*	15,92%*	52,86%*	100%
	38,21%**	25,75%**	29,09%**	30,74%
Carrizal	295	206	267	768
	38,41%*	26,82%*	34,77%*	100%
	31,76%**	29,30%**	12,92%**	20,76%
Total	929	703	2066	3698
	25,12%	19,01%	55,86%	100%
	100%	100%	100%	100%

* Porcentaje por técnica dentro de cada huerta, ** porcentaje por huerta dentro de cada técnica.

Se registraron 19 géneros en las huertas, obteniéndose el mayor número de capturas en la “La Carbonera” con 372 individuos, siendo *Franklinothrips* el más recolectado con 324

especímenes (44,7%). Al respecto, Ascensión (2000), registra diez géneros (*Aurantothrips*, *Exophthalmothrips*, *Frankliniella*, *Halmathrips*, *Heterothrips*, *Microcephalothonips*,

Tabla 2. Especies de thrips adultos obtenidos en huertas de aguacate Hass de Xalisco, Nayarit, México.

Especies	No. de Especímenes				
	El Carrizal	Oreja de Ratón	La Carbonera	Total	%
Aeolothripidae	96	132	151	379	52,3
<i>Aeolothrips mexicanus</i> Priesner, 1924 ^D	5	18	3	26	3,57
<i>Erythrothrips durango</i> Watson, 1924 ^D	3	13	13	29	3,98
<i>Franklinothrips lineatus</i> Hood, 1949 ^D	24	35	45	104	14,3
<i>Franklinothrips orizabensis</i> Johansen, 1974 ^D	39	44	75	158	21,7
<i>Franklinothrips tenuicornis</i> Hood, 1915 ^D	-	-	2	2	0,27
<i>Franklinothrips vespiformis</i> (D.L.Crawford, 1909) ^D	25	22	13	60	8,24
Heterothripidae	-	-	1	1	0,13
<i>Heterothrip</i> sp. Hood, 1908 ^V	-	-	1	1	0,13
Thripidae	13	19	98	130	18,0
<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Bouche, 1833) ^F	2	2	16	20	2,74
<i>Bravothrips</i> sp. Johansen, 1986 ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Chirothrips</i> sp. Haliday, 1836 ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Frankliniella minuta</i> (Moulton, 1907) ^V	-	-	2	2	0,27
<i>Frankliniella insularis</i> (Franklin, 1908) ^V	-	-	2	2	0,27
<i>Frankliniella simplex</i> Priesner, 1924 ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Frankliniella brunnea</i> Priesner, 1932 ^V	-	1	-	1	0,13
<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande, 1895) ^F	-	-	1	1	0,13
<i>Frankliniella cephalica</i> (D.L.Crawford, 1910) ^V	-	1	-	1	0,13
<i>Frankliniella boringuen</i> Hood, 1942 ^F	-	1	1	2	0,27
<i>Frankliniella difficilis</i> Hood, 1925 ^F	3	-	5	8	1,1
<i>Frankliniella cubensis</i> Hood, 1925 ^F	-	-	1	1	0,13
<i>Frankliniella curiosa</i> Priesner, 1932 ^V	1	-	1	2	0,27
<i>Frankliniella williamsi</i> Hood, 1915 ^V	1	-	-	1	0,13
<i>Frankliniella fortissima</i> Priesner, 1925 ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Frankliniella dubia</i> Priesner, 1932 ^V	-	1	-	1	0,13
<i>Frankliniella invasor</i> Sakimura, 1972 ^F	-	-	5	5	0,69
<i>Frankliniella minor</i> Moulton, 1948 ^F	1	2	13	16	2,19
<i>Frankliniella curticornis</i> Priesner, 1933 ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Neohydatothrips mirandai</i> Johansen, 1981 ^V	-	1	-	1	0,13
<i>Neohydatothrips gracilipes</i> (Hood, 1924) ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Neohydatothrips signifer</i> (Priesner, 1932) ^F	2	7	41	50	6.86
<i>Neohydatothrips burungae</i> (Hood, 1935) ^F	1	2	-	3	0,41
<i>Scirtothrips perseae</i> Nakahara, 1997 ^F	1	-	1	2	0,27
<i>Scolothrips sexmaculatus</i> (Pergande, 1894) ^D	1	1	2	4	0,55
<i>Thrips albopilosus</i> Uzel, 1895 ^V	-	-	1	1	0,13
Phlaeothripidae	38	55	122	215	29,7
<i>Gastrothrips acuticornis</i> Hood, 1925 ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Haplothrips gowdeyi</i> (Franklin, 1908) ^V	20	5	12	37	5,08
<i>Hoplandrothrips jennei</i> Jones, 1912 ^V	-	1	-	1	0,13
<i>Karnyothrips</i> sp. nov. ^V	-	-	1	1	0,13
<i>Leptothrips mconnelli</i> (D.L.Crawford, 1910) ^D	18	28	17	63	8,65
<i>Pseudophilothrips perseae</i> (Watson, 1923) ^F	-	20	91	111	15,2
<i>Sedulothrips vigilans</i> Hood, 1913 ^V	-	1	-	1	0,13
Total 40	147	206	372	725	100

^V Visitadora, ^D Depredadora, ^F Fitófaga.

Neohydatothrips, *Scirtothrips*, *Apterygothrips* y *Liothrips*) en la huerta El Durazno, en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán en esta investigación se obtuvieron cuatro de estos géneros. Los géneros *Aeolothrips*, *Erythrothrips*, *Franklinothrips*, *Scolothrips* y *Leptothrips* son considerados depredadores; *Heliothrips*, *Frankliniella*, *Neohydatothrips*, *Scirtothrips* y *Pseudophilothrips* son fitófagos, mientras que los géneros restantes son visitadores.

Hubo diferencias entre las huertas en las proporciones de abundancia para los géneros *Aeolothrips* ($X^2 = 15.31$, $P < 0.001$) *Erythrothrips* ($X^2 = 6.89$, $P < 0.05$), *Franklinothrips* ($X^2 = 10.91$, $P < 0.05$), *Heliothrips* ($X^2 = 19.6$, $P << 0.001$), *Frankliniella* ($X^2 = 34.08$, $P << 0.001$), *Neohydatothrips* ($X^2 = 47.16$, $P << 0.001$), *Haplothrips* ($X^2 = 9.13$, $P < 0.01$) y *Pseudophilothrips* ($X^2 = 123.6$, $P << 0.001$); mientras esto no ocurre para los géneros restantes. En estos análisis de diferencias de proporciones de géneros dentro de huertas, la diferencia es altamente significativa, resaltando el género *Franklinothrips* con la mayor proporción de abundancia (44,7%), este dato contrasta con Valle *et al.* (2003) ya que ellos lo registran en muy bajas densidades.

Se registraron 40 especies, (Tabla 2) de las cuales, 16 se capturaron en “El Carrizal”, 20 en “Oreja de Ratón” y 32 en “La Carbonera”. *Franklinothrips orizabensis* Johansen, 1974 fue la especie más representada (21,7%), seguida de *Pseudophilothrips perseae* (Watson, 1923) (15,2%), y *Franklinothrips lineatus* Hood, 1949 (14,3%). El resto de las 37 especies tuvieron porcentajes en rangos de 0,13 a 8,65. En esta diversidad, once especies son fitófagas, siete depredadoras y 22 visitadoras (especies micófagas en hojarasca y fitófagas que viven en maleza dentro y alrededor de las huertas). De las once especies registradas como fitófagas, se consideran plagas primarias a *Frankliniella difficilis* Hood, 1925, *Frankliniella invasor* Sakimura, 1972, *Frankliniella minor* Moulton, 1948, *Neohydatothrips signifer* (Priesner, 1932), *Neohydatothrips burungae* (Hood, 1935) y *Scirtothrips perseae* Nakahara, 1997 (Johansen *et al.* 2007; Johansen *et al.* 1999). De las 10 especies reportadas por Johansen *et al.* (2007) como depredadoras en aguacate en México, se encontraron siete, a saber: *Aeolothrips mexicanus* Priesner, 1924, *Erythrothrips* Durango & Watson, 1924, *Franklinothrips lineatus* Hood, 1949, *F. orizabensis* Johansen, 1974, *F. tenuicornis* Hood, 1915, *F. vespiiformis* (D. L. Crawford, 1909), *Scolothrips sexmaculatus* (Pergande, 1894) y *Leptothrips mconnelli* (D.L.Crawford, 1910), desconociéndose qué efectos tienen estos enemigos naturales en las poblaciones de thrips fitófagos en las huertas de aguacate; es importante cuidar el manejo de las huertas a fin de no afectar a estas especies benéficas.

Se encontraron ocho especies de thrips consideradas como visitadoras, de las 40 informadas por Johansen *et al.* (2007). Al respecto, es importante señalar que se determinaron las siguientes 14 especies que no se encuentran en esta relación: *Bravothrips* sp., *Chirothrips* sp., *Bravothrips* sp., *Chirothrips* sp., *Frankliniella brunnea* Priesner, 1932, *Frankliniella williamsi* Hood, 1915, *Frankliniella fortissima* Priesner, 1925, *Frankliniella curticornis* Priesner, 1933, *Neohydatothrips mirandai* Johansen, 1981, *Neohydatothrips gracilipes* (Hood, 1924), *Thrips albopilosus* Uzel, 1895, *Gastrothrips acuticornis* Hood, 1925, *Hoplandrothrips jennei* Jones, 1912, *Karnyothrips* sp. nov. y *Sedulorthrips vigilans* Hood, 1913.

Conclusiones

Este estudio es una base que permite identificar a la fauna de Thysanoptera asociada al cultivo en el área y además, apreciar la presencia cualitativa y cuantitativa de thrips depredadores, aspecto que se desconocía y que se refleja ahora en el uso y manejo más cuidadoso de plaguicidas para no afectar a esta fauna. Asimismo, el estudio demanda ahora precisar en un futuro inmediato qué papel está jugando cada especie plaga y depredadora en este agroecosistema.

La ecología de las especies de Thysanoptera es una de las áreas de mayor dificultad de estudio por el reducido tamaño de las especies y la complejidad de su identificación (Mound y Retana 1994; Mound y Marullo 1996). El actual aporte a la biología de las especies asociadas a los cultivos de aguacate en diferentes alturas en Nayarit, México, es de gran importancia en la comprensión de la dinámica de estos insectos en este agroecosistema.

Los datos aquí expuestos demuestran que existe una gran variación de la comunidad de especies de thrips en cultivares de aguacate en diferentes regiones de México que necesita proyectos de investigación para establecer patrones de comportamiento de estas especies.

Literatura citada

- ASCENSIÓN, B. G. 2000. Fluctuación poblacional, daño e identificación de trips del aguacate cv. Hass en Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Instituto de Fitosanidad, 82 p.
- ASCENSIÓN, B. G.; BRAVO, M. H.; GONZÁLEZ, H. H.; JOHANSEN, N. R. M y BECERRIL, R. A. E. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 291-296.
- ÁVILA, Q. G. D.; TELIZ, O. D.; GONZALEZ, H. H.; VAQUERA, H. H.; TIJERINA, C. L.; JOHANSEN, N. R.; MOJICA, G. A. 2002. Dinámica espacio-temporal de la roña (*Elsinoe perseae*), el daño asociado a trips y antracnósis (*Glomerella cingulata*) del aguacate en Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología 20 (1): 77-87.
- GONZÁLEZ, H. H.; JOHANSEN, N. R. M.; GASCA, C. L.; EQUIHUA, M. A.; SALINAS, C. A.; ESTRADA, V. E.; DURAN DE A. F.; VALLE DE LA P. A. 2000. Plagas del aguacate, pp: 117-121. En: Téliz, M.; Mora, A. El aguacate y su manejo integrado. Mundi Prensa Libros. México.
- JOHANSEN, N. R. M.; MOJICA, G. A.; GONZÁLEZ, H. H.; VALLE, DE LA P. A. R.; CASTAÑEDA, G. E. L.; ÁVILA, Q. G.; SOSA, T. C. M. 2007. Trips asociados con el aguacate en México, pp. 134-153. En: Téliz, M.; Mora, A. El aguacate y su manejo integrado (2^a Edición). Mundi Prensa Libros. México.
- JOHANSEN, R. M.; MOJICA, G. A.; ASUNCIÓN B. G. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos tisanópteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 279-285.
- LEÓN, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. IICA, 3^aEdición. 522p.
- MARROQUÍN, P. F. J. 1999. Factores que favorecen la incidencia de roña (*Sphaceloma perseae* Jenk.) en el cultivo del aguacate (*persea americana* Mill.) ‘Hass’, en tres regiones agroclimáticas de Michoacán. México. Revista Chapingo. Serie Horticultura 5: 309-312.
- MOUND, L. A.; MARULLO, R. 1996. The Thrips of Central and South America: An Introduction. Memoirs on Entomology International 6: 1-488.

- MOUND L. A.; RETANA, S. A. P. 1994. Keys to the genera of Thysanoptera: Terebrantia from Costa Rica and Panamá. Revista de Biología Tropical 41: 709-727.
- PEARSON, K. 1900. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. Philosophical Magazine 50 (5): 157-175.
- SIAP, 2008. http://www_siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1096&tipo=1. Fecha última revisión: 20 marzo 2008. Fecha último acceso: [18 abril 2008].
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1994. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research.*, 3rd edition. New York: Freeman.
- TELIZ, O. D.; MARROQUIN P. F. J. 2007. Importancia Histórica y Socioeconómica del Aguacate. pp. 3-28. In: D. Téliz. El Aguacate y su Manejo Integrado. (2da edición) Editorial Mundiprensa. México.
- VALLE, DE LA P. A. R.; MOJICA, B. A.; GONZÁLEZ, H. H.; JOHANSEN, N. R. M.; MOJICA, G. A.; VALLE, DE LA P. M. 2003. Trips (Thysanoptera) en huertos de aguacate (*Persea americana* Miller.) cv. Hass en Michoacán, México, pp. 481-486. En: Actas: Vol. II. V Congreso Mundial del Aguacate. 19-24 octubre. Granada, Málaga, España.

Recibido: 10-jun-2009 • Aceptado: 1-abr-2010

Nota Científica

Cigarrita verde en cultivos de *Jatropha curcas* en el Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil

Green leafhopper in crops of *Jatropha curcas* in Mato Grosso do Sul State, Brazil.

HARLEY NONATO DE OLIVEIRA¹, CÉSAR JOSÉ DA SILVA¹, ALFREDO RAUL ABOT²
y DANIELE INOCÊNCIO ARAÚJO¹

Resumen: El objetivo de este trabajo fue registrar la ocurrencia de *Empoasca kraemerii* en cultivos de piñón manso (*Jatropha curcas*) de Mato Grosso do Sul, en los Municipios de Anastácio, Chapadão do Sul, Dourados, Eldorado, Nova Andradina y Rio Brilhante. Ninfas y adultos de esa cigarrita fueron observados en las hojas de las plantas. Además del registro se evaluó la fluctuación poblacional de la cigarrita desde marzo de 2008 hasta febrero de 2009 a través de trampas adhesivas instaladas en áreas con plantaciones de piñón manso en Embrapa Agropecuária Oeste, en Dourados, MS. Las mayores poblaciones fueron observadas en febrero, marzo, abril, mayo y junio y ausencias del insecto desde agosto hasta noviembre. En los períodos de mayor ocurrencia, se verificó un amarillamiento y deformación de las hojas. El conocimiento de los picos poblacionales de la cigarrita será un importante componente para definir estrategias para su manejo.

Palabras clave: Piñón manso. *Empoasca*. Fluctuación poblacional.

Abstract: The objective of this work was to report the occurrence of *Empoasca kraemerii* in plantations of physic nut (*Jatropha curcas*) in Mato Grosso do Sul, in the municipalities of Anastácio, Chapadão do Sul, Dourados, Eldorado, Nova Andradina and Rio Brilhante. Nymphs and adults of this leafhopper were observed on leaves of the plants. In addition to this report, the population dynamics of the leafhopper were evaluated from March 2008 until February 2009, through sticky traps installed in areas with physic nut plantations from Embrapa Agropecuária Oeste, in Dourados, MS. The greatest populations were observed in February, March, April, May and June, with an absence of insects from August to November. In the periods of greatest occurrence, yellowing and deformity of the leaves was verified. Knowledge of the leafhopper's population peaks will be an important component for defining strategies for its management.

Key words: Physic nut. *Empoasca*. Population fluctuations.

Introducción

Entre los principales insectos de la familia Cicadellidae, se destacan los del género *Empoasca*, que es conocida como cigarrita verde, cuyos adultos poseen coloración verde, miden cerca de 3 mm de longitud, son muy ágiles, viven una media de 60 días y son atraídos por superficies de color amarillo. Las hembras prefieren ovipositar próximas a las nervaduras de las hojas. Las ninfas eclosionan de ocho a diez días después de la postura, y poseen cinco estadios de desarrollo que se completa entre ocho y 15 días; poseen coloración verdosa, semejante a la de los adultos y tienen el hábito de andar lateralmente (Gallo *et al.* 2002; Quintela 2004). Entre las principales plagas del poroto, se destaca *Empoasca kraemerii* Ross y Moore, 1957, que pueden reducir la productividad y la calidad de la producción (Gallo *et al.* 2002; Moreno y Nakano 2002; Quintela 2004), con pérdidas superiores a 60% (Quintela 2004). Las cigarritas verdes también son citadas como plaga de los cultivos de maní, papa, batata, caupí, lenteja, haba y mamón (Gallo *et al.* 2002).

En 2005, en el norte de Minas Gerais, una intensa infestación por cigarrita verde fue observada por Saturnino *et al.* (2005) en áreas plantadas con piñón manso (*Jatropha curcas* L.), siendo necesaria la intervención para el control de ese insecto. En esa misma región, también se evaluó el efecto de

productos alternativos para el control de *E. kraemerii* (Machado *et al.* 2009).

El piñón manso ocupa un destacado lugar debido a su potencial de utilización en la producción de biodiesel (Saturnino *et al.* 2005; Andrade *et al.* 2008; Roscoe y Silva 2008). En Brasil, existen en la actualidad aproximadamente 16.000 hectáreas cultivadas con piñón manso y las estimaciones indican que para 2015 ese valor podrá llegar a 1.300.000 hectáreas. Mato Grosso do Sul, es uno de los Estados que presentan mayor área plantada con *J. curcas* dadas las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de esa planta (Renner *et al.* 2008).

El objetivo del trabajo fue registrar la ocurrencia de *E. kraemerii* en plantaciones de piñón manso en los Municipios de Anastácio (20°29'S, 53°48'W, altitud 160 m), Chapadão do Sul (18°47'S, 52°37'W, altitud 790 m), Dourados (22°13'S, 54°48'W, altitud 430 m), Eldorado (23°47'S, 57°17'W, altitud 342 m), Nova Andradina (22°14'S, 53°20'W, altitud 380 m) y Rio Brilhante (21°48'S, 54°32'W, altitud 312 m); localizados en el Estado de Mato Grosso do Sul y conocer su distribución poblacional.

Para conocer esa distribución de la cigarrita, se realizaron recolecciones en un cultivo de aproximadamente 0,4 hectáreas de piñón manso localizado en el área de pesquisa de Embrapa Agropecuária Oeste, en Dourados, MS, en el espa-

¹ Ph.D., Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados, MS, Brazil. harley@cpao.embrapa.br: Autor para correspondencia.

² Ph.D. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana, MS, Brazil. arabot@uem.br.

ciamiento de 3 x 2 m, desde marzo de 2008 hasta febrero de 2009, a través de trampas adhesivas de color amarillo, con dimensiones de 24,5 x 10 cm, instaladas en el tercio medio de 10 plantas, siendo substituidas semanalmente. Despues de retiradas, las trampas fueron llevadas para el Laboratorio de Entomología, donde se cuantificaron las cigarritas.

En los meses de mayor ocurrencia (febrero, marzo, abril y mayo) (Fig. 1), los principales síntomas observados en las plantas fueron amarillamiento y una leve curvatura de las hojas. Dias *et al.* (2007) también relatan esos síntomas en las hojas de piñón manso en función del ataque de la cigarrita verde. Este amarillamiento y curvatura de las hojas es citado como uno de los principales síntomas de ataque de *E. kraemerii* en las hojas del poroto (Boiça Jr. *et al.* 2000; Moreno y Nakano 2002). Si el control es realizado aún en la fase en que las hojas solamente presentan amarillamiento, las mismas recuperan la coloración verde. Pero si no es efectuado el control, aumentando la intensidad del ataque de la cigarrita, las hojas pasan del amarillo a la necrosis, que comienza del borde hacia el centro (Dias *et al.* 2007). Moreno y Nakano (2002), también relatan que en casos más severos de ataque de cigarrita verde en poroto, ocurre el amarillamiento de los márgenes de los foliolos que posteriormente se secan.

De agosto hasta noviembre, no se observó incidencia del insecto (Fig. 1), esa disminución del número de cigarritas verdes en los meses más fríos está probablemente relacionada con la caída de las hojas en la estación seca, cuando la planta entra en reposo vegetativo (Saturnino *et al.* 2005; Roscoe y Silva 2008). Según Borrer *et al.* (1989), la mayoría de las especies de cigarritas tienen preferencia por las hojas lo que explica la baja incidencia de las mismas en ausencia de hojas en la planta de piñón manso.

En función del aumento de áreas con *J. curcas*, en la Región Centro-Oeste de Brasil, es necesario realizar mayores estudios sobre la ocurrencia, distribución y métodos de control de esa plaga. El conocimiento de los picos poblacionales de *E. kraemerii*, serán importantes para definir estrategias adecuadas de control y el desarrollo de un manejo integrado.

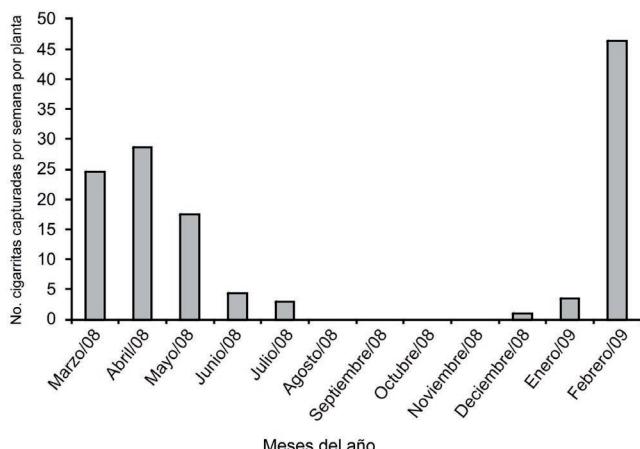


Figura 1. Número medio de individuos de *Empoasca kraemerii* recolectados semanalmente por planta desde marzo de 2008 hasta febrero de 2009 en cultivo con *Jatropha curcas* L. en Dourados, MS, Brasil.

Literatura citada

- ANDRADE, G. A.; CARAMORI, P. H.; SOUZA, F. S.; MARUR, C. J.; RIBEIRO, A. M. A. 2008. Temperatura mínima letal para plantas jovens de pinhão-manso. *Bragantia* 67 (3): 799-803.
- BOIÇA JR., A. L.; SANTOS, T. M.; MUÇOUÇAH, M. J. 2000. Adubação e inseticidas no controle de *Empoasca kraemerii* e *Bemisia tabaci*, em cultivares de feijoeiro semeados no inverno. *Scientia Agricola* 57 (4): 635-641.
- BORROR, D. J.; TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 1989. An introduction to the study of insects. 6th ed. Philadelphia: Saunders College Publications, 875 p.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O. L.; DIAS, D. C. F. S.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; PRETTI, L. A. 2007. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. Viçosa: UFV, 40 p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. 2002. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 920p.
- MACHADO, A. R.; MOURA, P. C. S.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; FARIA, R. S.; ANDRADE, L. F. 2009. Métodos de controle de cigarrinha-verde (*Empoasca kraemerii*) no pinhão-manso aplicados a agricultura familiar no norte de Minas Gerais. *Anais Completos 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Montes Claros*, 4121p.
- MORENO, P. R.; NAKANO, O. 2002. Atividade de buprofezin sobre a cigarrinha verde do feijoeiro *Empoasca kraemerii* (Ross & Moore, 1957) (Hemiptera, Cicadellidae) em condições de laboratório. *Scientia Agricola* 59 (3): 475-481.
- QUINTELA, E. D. 2004. Manejo integrado dos insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro. *Informe Agropecuário* 25 (223): 113-136.
- RENNER, A.; ZELT, T.; GERTEISER, S. 2008. Global market study on *Jatropha*: Project Inventory: Latin America. London: GEXSI LLP, 36p. Disponible en: http://www.jatrophaplatform.org/Liens/GEXSI%20Global%20Jatropha%20Study_CASE%20STUDIES.pdf. Fecha de revisión: 4 agosto 2008.
- ROSCOE, R.; SILVA, C. J. 2008. Pinhão-manso não faz milagres, mas é boa opção para o biodiesel. *Agriannual* p. 43-45.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINA-GA, N.; GONÇALVES, N. P. 2005. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). *Informe Agropecuário* 26 (229): 44-78.

Recibido: 5-mar-2009 • Aceptado: 23-dic-2009

Sección Médica

Dosis diagnósticas para vigilar la resistencia a insecticidas de los vectores de malaria en Colombia

Diagnostic doses for monitoring insecticide resistance of malaria vectors in Colombia

IDALYD FONSECA-GONZÁLEZ^{1,2}, ROCÍO CÁRDENAS², WILBER GÓMEZ³, LILIANA SANTACOLOMA^{4,5}, HELENA BROCHERO^{4,5}, CLARA OCAMPO⁶, MIRIAM SALAZAR⁶, JANET MCALLISTER⁷, WILLIAM BROGDON⁸
y MARTHA QUIÑONES^{2,9}

Resumen: El control de los mosquitos vectores de malaria se realiza principalmente con aplicaciones de insecticidas ya sea en las paredes internas de las viviendas o en toldillos. Por lo anterior, la vigilancia de la resistencia a insecticidas en estas especies es fundamental para la definición de planes y estrategias de control de malaria. El propósito de este estudio fue determinar las dosis diagnósticas de varios insecticidas de uso en salud pública para los principales vectores de malaria en Colombia: *Anopheles darlingi*, *A. albimanus* y *A. nuneztovari*, utilizando la metodología de las botellas impregnadas desarrollada por los Centros para la Prevención y Control de Enfermedades. Se seleccionaron poblaciones naturales de las tres especies sometidas a baja o nula presión con insecticidas con las cuales se realizaron bioensayos para determinar las líneas base de susceptibilidad. Se establecieron las dosis diagnósticas (concentración del insecticida y tiempo diagnóstico) o curvas de saturación, para los insecticidas lambdacialotrina, deltametrina, fenitrotión, malatión y DDT para los tres vectores; cíflutrina, permétrina y propoxur para *A. albimanus* y *A. darlingi*; y etofenprox y bendiocarb para *A. darlingi*. Las dosis diagnósticas determinadas en estas poblaciones permitirán evaluar el estado de la resistencia a insecticidas de los principales vectores de malaria a lo largo de su distribución en Colombia, fortaleciendo el sistema de vigilancia de la resistencia y facilitando la toma de decisiones para un uso más adecuado de los insecticidas en el control de malaria en el país.

Palabras clave: Control vectorial. *Anopheles albimanus*. *Anopheles darlingi*. *Anopheles nuneztovari*. Bioensayos en malaria.

Abstract: The control of mosquito vectors of malaria is largely based on insecticide applications, either on the inside walls of dwellings or on treated nets. For that reason, the surveillance of insecticide resistance in these species is essential for the definition of plans and strategies of malaria control. The purpose of this study was to determine the diagnostic doses of several insecticides used in public health for the main vectors of malaria in Colombia: *Anopheles darlingi*, *A. albimanus* and *A. nuneztovari*, using the methodology of impregnated bottles developed by the Centers for Disease Control and Prevention. Natural populations of the three species, submitted to low or no insecticide pressure, were selected with which bioassays were conducted to determine baseline susceptibility. Diagnostic doses (insecticide concentration and diagnostic time), or saturation curves, were established for the insecticides lambda-cyhalothrin, deltamethrin, fenitrothion, malathion and DDT for the three vectors; cyfluthrin, permethrin and propoxur for *A. albimanus* and *A. darlingi*, and etofenprox and bendiocarb for *A. darlingi*. The diagnostic doses determined in these susceptible populations will allow an evaluation of the status of insecticide resistance of the main malaria vectors across their distribution in Colombia, strengthening the resistance surveillance system and facilitating decision making for a more appropriate use of insecticides to control malaria in the country.

Key words: Vector control. *Anopheles albimanus*. *Anopheles darlingi*. *Anopheles nuneztovari*. Bioassays in malaria.

Introducción

La malaria continúa siendo la enfermedad transmitida por insectos que causa los mayores índices de morbi-mortalidad en Colombia (Sivigila 2007). Para su control en el país se adoptaron las estrategias del programa “Hacer Retroceder la Malaria en el Mundo” propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS 1994). Los cuatro principios técnicos de la estrategia mundial son: el diagnóstico temprano y tra-

tamiento inmediato de la enfermedad; la aplicación de medidas de protección y prevención; el desarrollo de la capacidad para predecir y contener epidemias, y el fortalecimiento de la capacidad local en investigación básica y aplicada para permitir y promover la evaluación regular de la situación de la malaria (OMS 1994). La utilización de insecticidas, bien sea en rociamientos intradomiciliares o en toldillos, es la medida de control utilizada con mayor frecuencia para interrumpir la transmisión de la enfermedad durante brotes y epidemias y

¹ Grupo Biología y Control de Enfermedades Infecciosas, Universidad de Antioquia, Calle 62 No. 52 - 59 Lab. 620, Medellín, Colombia.
idalyd.fonseca@siu.udea.edu.co. Autor para correspondencia.

² Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales - PECET, Universidad de Antioquia, Calle 62 No. 52 - 59, Medellín, Colombia.

³ Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Calle 42B No. 52-106, Medellín, Colombia.

⁴ Laboratorio de Entomología, Instituto Nacional de Salud, Avenida calle 26 No. 51 - 20, Bogotá, Colombia.

⁵ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45 - 03, Bogotá, Colombia.

⁶ Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Medicas - CIDEIM, Carrera 125 No. 19 - 225, Cali, Colombia.

⁷ Centers for Disease Control and Prevention, Fort Collins, USA.

⁸ Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA.

⁹ Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45 - 03, Bogotá, Colombia.

como acción preventiva en las áreas de transmisión (Najera y Zaim 2002). La OMS informa que para la región de las Américas se utilizaron aproximadamente 230.000 kilos de ingrediente activo de insecticidas para el control de malaria entre los años 2000 y 2002, de los cuales el 57% corresponde a piretroides, el 41% a organofosforados y el restante 2% a carbamatos y organoclorados (Zaim y Jambulingam 2004).

Esta utilización de insecticidas genera una presión de selección en las poblaciones de mosquitos que podría causar resistencia a los ingredientes activos de uso en salud pública (WHO 1975). La situación se agrava en áreas endémicas para la enfermedad donde la agricultura presenta un desarrollo importante, ya que los vectores que habitan estos ecosistemas tienen una presión de selección aún mayor por los insecticidas utilizados para plagas en sistemas de cultivos (Guillet 2006; Verschueren 2006).

De las 45 especies de anofelinos registradas para Colombia, *Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820, *A. darlingi* Root, 1926 y *A. nuneztovari* Gabaldón, 1940, son reconocidas como los principales vectores de malaria y principales objetivos de los programas de control vectorial. Estas especies se encuentran distribuidas así: *A. albimanus* sobre las Costas Pacífica y Atlántica, *A. nuneztovari* en el Oriente y Valles Interandinos y *A. darlingi* en los Llanos Orientales, Urabá y Valles Interandinos (Olano *et al.* 2001).

En Colombia, los insecticidas químicos se usan para el control de malaria desde 1959. El Servicio de Erradicación de la Malaria y la Dirección de Campañas Directas del Ministerio de Salud realizaron periódicamente la vigilancia de la resistencia al organoclorado DDT utilizando la metodología de la OMS. Esta vigilancia permitió encontrar poblaciones naturales de *A. darlingi* de Quibdo, Chocó (Suárez *et al.* 1990) y de *A. albimanus* en los municipios de El Carmen (Bolívar), Codazzi, Robles y Valledupar (Cesar) (Quiñones *et al.* 1987) resistentes a DDT. A partir de 1992 y debido a la prohibición del uso de este organoclorado se han venido usando principalmente insecticidas piretroides y organofosforados en los programas de control de malaria, sin mantener vigilancia sobre su impacto en la generación de resistencia fisiológica en poblaciones de los vectores. Entre las razones para esto se puede mencionar la descentralización del programa, lo que trajo consigo dificultades administrativas y para la consecución de los materiales requeridos para la realización de los bioensayos de la OMS (tubos y papeles impregnados) (WHO 1981), los cuales deben ser importados.

Con el propósito de reactivar la vigilancia de la resistencia de los vectores de malaria en el país se desarrolló entre 2005 y 2007 el proyecto: "Evaluación del estado actual de la resistencia a insecticidas en los principales vectores de malaria, dengue y fiebre amarilla urbana en Colombia e iniciación de la Red Nacional de Vigilancia de la Resistencia a Insecticidas en Colombia". Para ello, se realizó una alianza interinstitucional entre el Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales de la Universidad de Antioquia (PECET), el Centro de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (CIDEIM), el Instituto Nacional de Salud (INS) y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), con el apoyo de las Secretarías de Salud Departamentales y la financiación de COLCIENCIAS. El proyecto incluyó la utilización de la metodología de la OMS y la metodología de las botellas de vidrio impregnadas propuesta por el Centro de Prevención y Control de Enfermedades de Estados Unidos (Centers for Disease Control and Prevention - CDC).

El propósito de este estudio fue determinar las dosis diagnósticas para los diferentes grupos de insecticidas en poblaciones colombianas de las especies de *Anopheles* adultos, basados en la correlación tiempo vs. mortalidad propuesto por el CDC (Brogdon y McAllister 1998). El establecimiento de las líneas base con poblaciones susceptibles permitirá detectar los niveles de resistencia en poblaciones de regiones con transmisión y por tanto sometidas a presión con insecticidas. Esto busca generar herramientas que permitan el uso racional de los insecticidas y toma de decisiones basadas en información local sobre el estado de susceptibilidad o resistencia de los vectores a determinados insecticidas. Se presentan en este estudio las dosis diagnósticas por el método de la botella del CDC, a varios insecticidas, para los tres vectores primarios de malaria en Colombia; lo anterior permitirá disponer de una metodología alternativa para vigilar la resistencia a insecticidas en los diferentes departamentos del país.

Materiales y Métodos

Áreas de estudio y poblaciones de mosquitos evaluadas. Las líneas base de susceptibilidad para los bioensayos con botellas en las especies de *Anopheles* se determinaron utilizando poblaciones silvestres con historia de poca aplicación de insecticidas. Los bioensayos se realizaron directamente en campo con especímenes recolectados con atrayente humano o en abrigos animales (Service 1976), en las siguientes regiones del país:

A. albimanus fue recolectado en zona ganadera del área rural del municipio de Santa Rosa de Lima (Bolívar), ubicado en la Costa Norte Colombiana ($10^{\circ}20'24''N$, $75^{\circ}24'38.91''W$) con altitud de 52 msnm. Esta zona registra altas densidades de *A. albimanus* pero una baja incidencia de malaria por lo cual no se usan insecticidas.

A. darlingi recolectado en la localidad Malanoche, municipio de Nechí, región del bajo Cauca de Antioquia ($8^{\circ}05'47''N$, $74^{\circ}46'33''W$) con altitud de 31 msnm. En esta región no se realizan fumigaciones ni ningún tipo de control químico desde hace más de 12 años.

A. nuneztovari Gabaldón, 1940 fue recolectado en la localidad de Caño Victoria, municipio de Tibú, Norte de Santander ($8^{\circ}34'52.02''N$, $72^{\circ}40'42''W$) con altitud de 56 msnm. Esta localidad presenta la mayor densidad de la especie vector y los niveles más bajos de intervención química con insecticidas

Insecticidas evaluados. Se utilizaron soluciones de insecticidas grado estándar diluidos en etanol absoluto grado reactivo. Los principios activos evaluados fueron: piretroides (lambdacialotrina, deltametrina, permetrina, cíflutrina), organofosforados (malatión, fenitrotión, temefos, pirimifos metil), carbamatos (propoxur, bendiocarb), organoclorado DDT y el seudopiretroide etofenprox. Todos los insecticidas grado técnico fueron obtenidos de Chem Service ® (West Chester, PA).

Bioensayos. Antes de evaluar las líneas base de susceptibilidad para *Anopheles* spp. con las poblaciones naturales seleccionadas, se determinó el estado de susceptibilidad de estas poblaciones utilizando la metodología estandarizada de la OMS con papeles impregnados (WHO 1981). Las dosis diagnósticas utilizadas en los bioensayos de papeles impregnados con insecticidas fueron las provistas por la OMS (OMS,

Penang, Malaysia): DDT (4%), malatión (5,0%), fenitrotión (1%), propoxur (0,1%), bendiocarb (1%), lambdacialotrina (0,05%), deltametrina (0,05%), permetrina (0,75%), cíflutrina (0,15%) y etofenprox (0,5%). Según los criterios de la OMS, una población se considera susceptible cuando se obtienen porcentajes de mortalidad superiores al 98%. Una vez se confirmó la susceptibilidad de cada población mediante bioensayos OMS, se utilizaron mosquitos de la misma población para definir las dosis diagnósticas utilizando la metodología de botellas impregnadas propuesta por el CDC.

Los bioensayos CDC fueron realizados en botellas de vidrio transparentes, autoclavables de 250 ml, previamente lavadas y esterilizadas. Cada botella fue impregnada colocando un ml de la solución de la dosis del insecticida y exponiendo la totalidad de la superficie interna de la botella a la solución, incluyendo el interior de la tapa. Esto se logró realizando movimientos de rotación hasta cerciorarse que el producto se hubiera distribuido uniformemente dentro de la botella. Las botellas se dejaron secar durante tres horas antes de iniciar las pruebas, teniendo la precaución de cubrirlas con papel oscuro para proteger el insecticida de la degradación por efecto de la luz (Brogdon y McAllister 1998).

Cada población se evaluó con al menos tres dosis de cada insecticida, las cuales se prepararon en µg de ingrediente activo. Las soluciones de insecticidas con cada dosis a evaluar se prepararon a partir de las soluciones stock dentro de las 24 horas previas a la realización de la prueba. Las soluciones stock permanecieron protegidas de la luz, refrigeradas a 4°C y se manipularon por un único operario. Cada prueba consistió en la exposición de 15 a 20 hembras adultas en cada botella, para un total de cuatro botellas impregnadas y una botella control, la cual solo se impregnó con etanol absoluto. Cada 15 min. se registró el número de mosquitos vivos y muertos en la botella. Este proceso se realizó durante 1,5 – 2 horas o hasta que todos los mosquitos estuvieron muertos. El criterio de mortalidad se definió como los mosquitos con dificultades para volar, incapaces de mantenerse parados sobre la superficie de la botella o que estuviesen caídos en ésta, es decir que demostrarían síntomas de intoxicación.

Determinación taxonómica de especies. Debido a que en una misma localidad habitan en forma simpátrica diferentes especies de *Anopheles*, fue necesario determinar taxonómica-

mente los ejemplares utilizados en las pruebas. Una vez concluido cada bioensayo, los mosquitos se individualizaron en viales de 1,5 ml, debidamente rotulados con la información correspondiente al sitio, insecticida, réplica y fecha. La determinación taxonómica se realizó mediante la comparación morfológica de caracteres usando las claves disponibles (Faran y Linthicum 1981; Linthicum 1988). La determinación taxonómica de *A. nuneztovari* se confirmó mediante técnicas de biología molecular PCR-RFLP (Ruiz *et al.* 2005).

Análisis de resultados. Se usó la fórmula modificada de Abbott para corregir la mortalidad observada de las pruebas de bioensayos cuando las mortalidades en el control se encontraban entre 5-20%. Los porcentajes de mortalidad en relación con el tiempo se graficaron para cada concentración, clase de insecticida y especie. La línea de saturación o dosis diagnóstica se definió como la menor concentración de insecticida que causó el 100% de mortalidad en el menor tiempo para cada insecticida. La dosis diagnóstica (DD) para cada insecticida correspondió a la menor dosis con la cual se obtuvo el 100% de mortalidad de la cepa de referencia en el menor tiempo (Brogdon y McAllister 1998).

Resultados

Los bioensayos de la OMS permitieron confirmar la susceptibilidad de las poblaciones naturales evaluadas, las cuales mostraron mortalidades superiores al 98% (Tabla 1). Aunque inicialmente se había propuesto la evaluación de 11 insecticidas en cada especie, esto no fue posible debido a las dificultades de recolectar el número de ejemplares necesario para la estandarización. Las recolecciones estuvieron afectadas por las altas precipitaciones y la variación en las densidades de las especies. Por lo anterior fue necesario priorizar los insecticidas a evaluar, particularmente con la especie *A. nuneztovari*. Las líneas base de susceptibilidad y las dosis diagnósticas (concentración y tiempo) para cada insecticida en cada una de las especies usando los bioensayos con botellas se muestran en las figuras 1 a 3.

Línea-base de susceptibilidad y dosis diagnósticas para *A. albimanus*. En *A. albimanus* fue posible determinar las DD para ocho insecticidas: cuatro piretroides, dos organo-

Tabla 1. Porcentajes promedio de mortalidad de poblaciones colombianas de *A. albimanus*, *A. darlingi* y *A. nuneztovari* usando la metodología de la OMS.

Insecticida* \ Especie	<i>A. albimanus</i>	<i>A. darlingi</i>	<i>A. nuneztovari</i>
Lambdacialotrina (0,05%)	100	100	99
Deltametrina (0,05%)	99	100	100
Cíflutrina (0,15%)	98	100	N.D**
Permetrina (0,75%)	100	100	N.D**
Etofenprox (0,5%)	98	N.D**	N.D**
DDT (4%)	98	100	99
Malation (5%)	100	100	100
Fenitrotión (1%)	100	100	100
Propoxur (0,1%)	100	100	N.D**
Bendiocarb (0,1%)	N.D**	100	N.D**

* Ingrediente activo y dosis estándar impregnada en los papeles de la OMS, **N.D: No determinado.

fosforados, un carbamato y DDT (Fig. 1). En relación con los piretroides, la menor dosis fue determinada para permefrina mientras lambdacialotrina y deltametrina tuvieron dosis semejantes pero con diferencias en los tiempos de exposición. Lo anterior se observó también en los organofosforados malatión y fenitrotion para los cuales se determinó una DD de 50 µg pero el tiempo de exposición fue 15 min. mayor para fenitrotion. Para DDT se evaluaron cuatro concentraciones iniciando con 200 µg hasta determinar la concentración de 50 µg en 30 min. como la DD. En el caso del carbamato propoxur fue necesario evaluar ocho concentraciones iniciando en 30 µg hasta 1 µg; esta última concentración fue determinada como la DD en 15 min. de exposición.

Línea-base de susceptibilidad y dosis diagnósticas para *A. darlingi*. En esta especie fue posible determinar las DD para diez insecticidas, cinco piretroides, dos organofosforados, dos carbamatos y DDT (Fig. 2). Las DD y tiempos de exposición determinados para los piretroides lambdacialotrina y deltametrina fueron 12,5 µg en 30 min.; ciflutrina y etofenprox presentaron DD y tiempos semejantes correspondientes a 6,25 µg en 30 min; permefrina presentó la mayor DD de todos los piretroides (21,5 µg), en contraste con la evaluación en *A. albimanus* donde la DD fue de 1 µg. Malatión y fenitrotion presentaron dosis y tiempos diagnósticos semejantes. Propoxur y bendiocarb presentan tiempos de exposición semejantes pero la DD para propoxur fue el doble

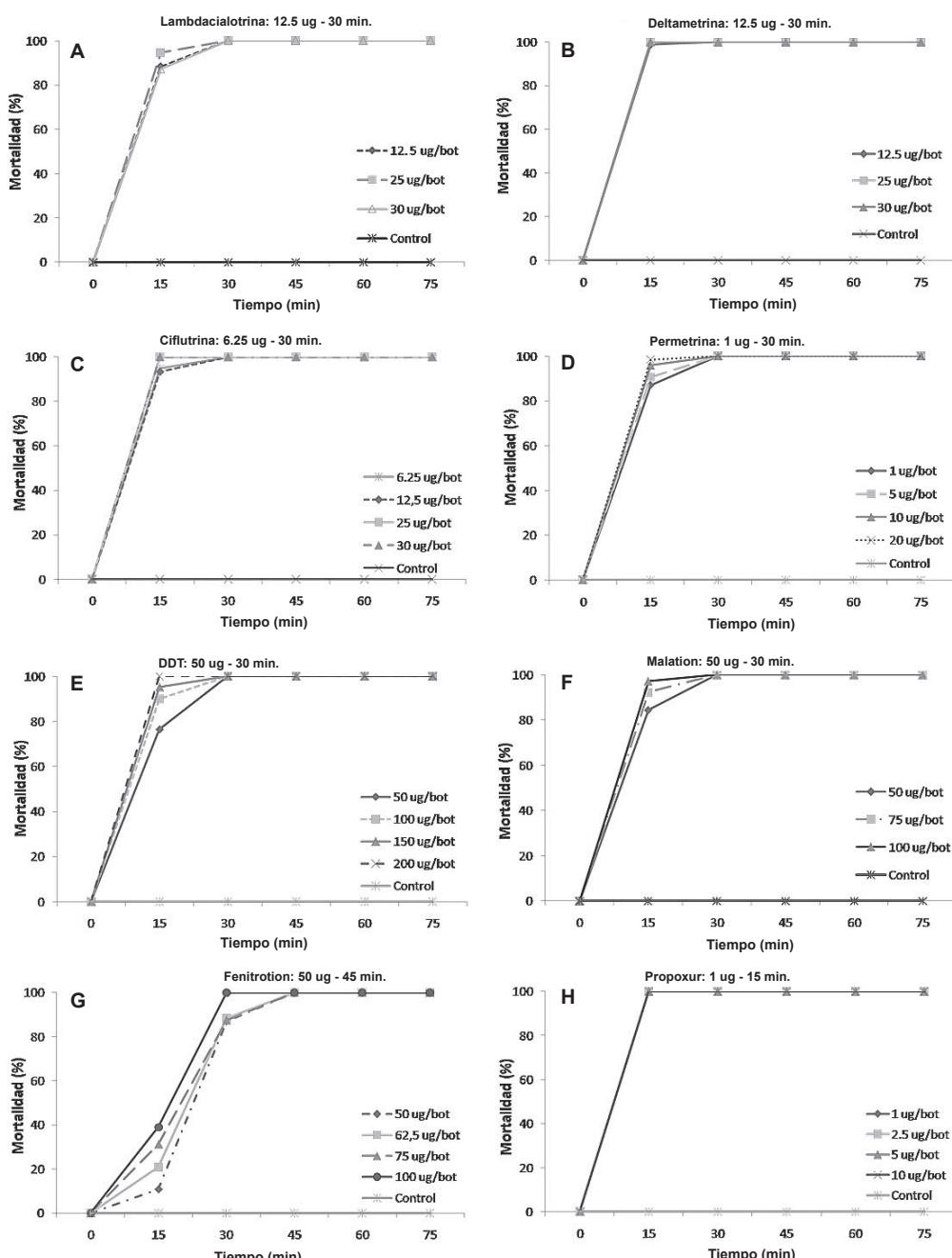


Figura 1. Línea base de susceptibilidad y dosis diagnósticas para *A. albimanus* obtenidas con la población de Santa Rosa de Lima, Bolívar. Curvas obtenidas con las dosis evaluadas y dosis (concentración y tiempo) escogidas para la evaluación en campo. A-D. Piretroides. E-G. Organoclorado. F-G. Organofosforados. H. Carbamato.

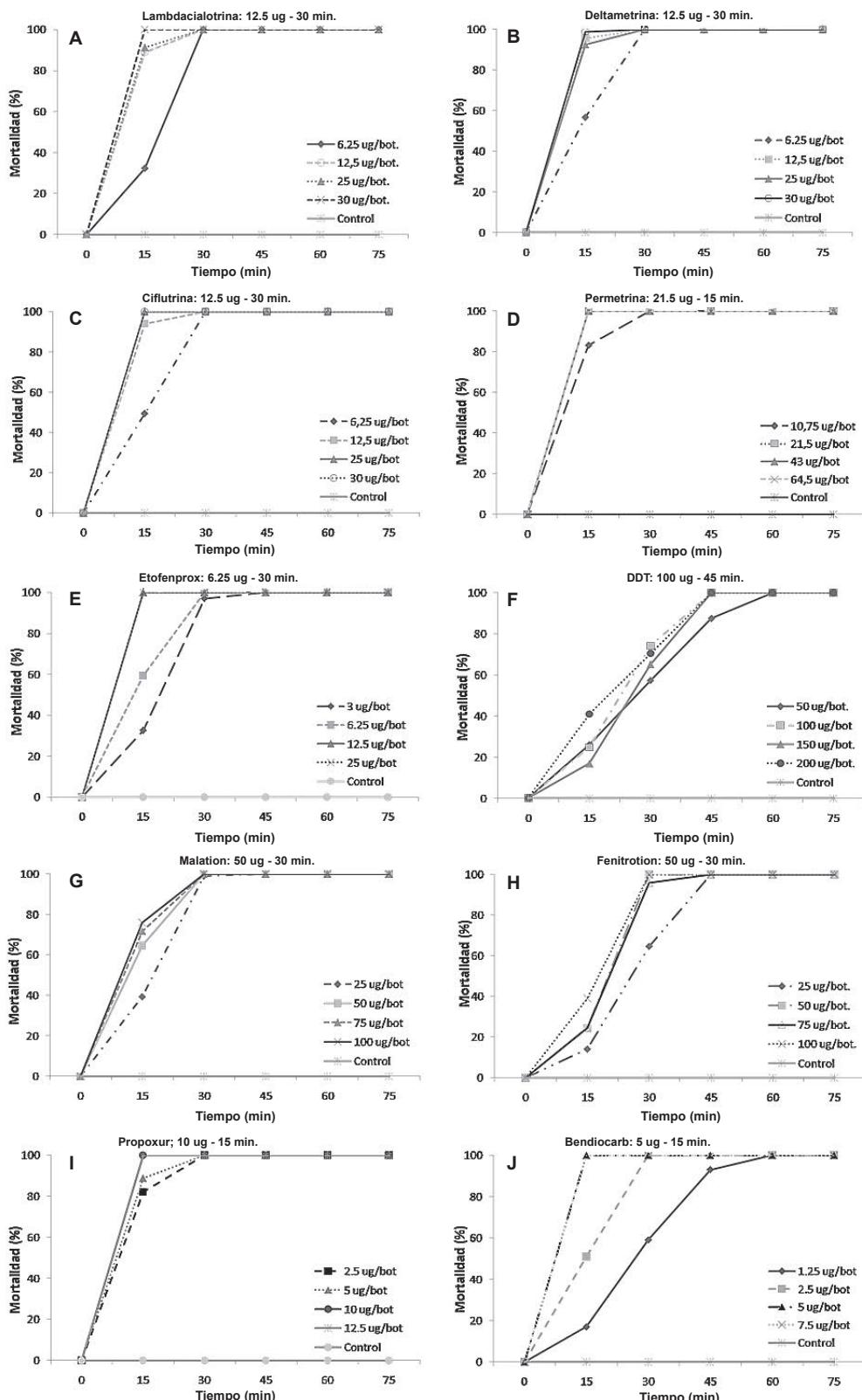


Figura 2. Líneas base de susceptibilidad y dosis diagnósticas para *A. darlingi* obtenidas con la población de Nechí, Antioquia. Curvas obtenidas con las dosis evaluadas y dosis (concentración y tiempo) escogidas para la evaluación en campo. **A- D.** Piretroides. **E.** Seudopiretroides. **F.** Organoclorado. **G-H.** Organofosforados. **I-J.** Carbamatos.

de la determinada para bendiocarb. La DD para DDT en *A. darlingi* correspondió al doble de la DD encontrada para *A. albimanus* con un tiempo diagnóstico también mayor para *A. darlingi*.

Línea-base de susceptibilidad y dosis diagnósticas para *A. nuneztovari*. La determinación de las DD en *A. nuneztovari* solo fue posible para cinco insecticidas. Si bien Caño Victoria fue la población natural con menor registro de uso de

insecticidas y a su vez donde se encontró la más alta densidad de esta especie, el número de mosquitos recolectados solo fue suficiente para construir la línea-base de susceptibilidad a lambdacialotrina, deltametrina, fenitrotina, malatión y DDT. Estas restricciones fueron ocasionadas principalmente por la alta diversidad de especies anofelinas encontradas en la zona de estudio. Con excepción de la DD encontrada para DDT, la cual fue semejante a la determinada en *A. albimanus*, esta especie presentó las menores DD de los tres vectores de malaria evaluados (Fig. 3).

Discusión

En este trabajo se definieron las dosis diagnósticas para realizar la vigilancia de la susceptibilidad de las especies *A. albimanus*, *A. darlingi* y *A. nuneztovari*, principales vectores de malaria en Colombia, utilizando el método de botellas impregnadas. Esta metodología surge como una opción alternativa a la metodología de papeles impregnados de la OMS, la cual requiere la importación de los implementos necesarios, con dificultades para su compra, además de la rápida expiración de los papeles. Esto ha dificultado el uso de esta

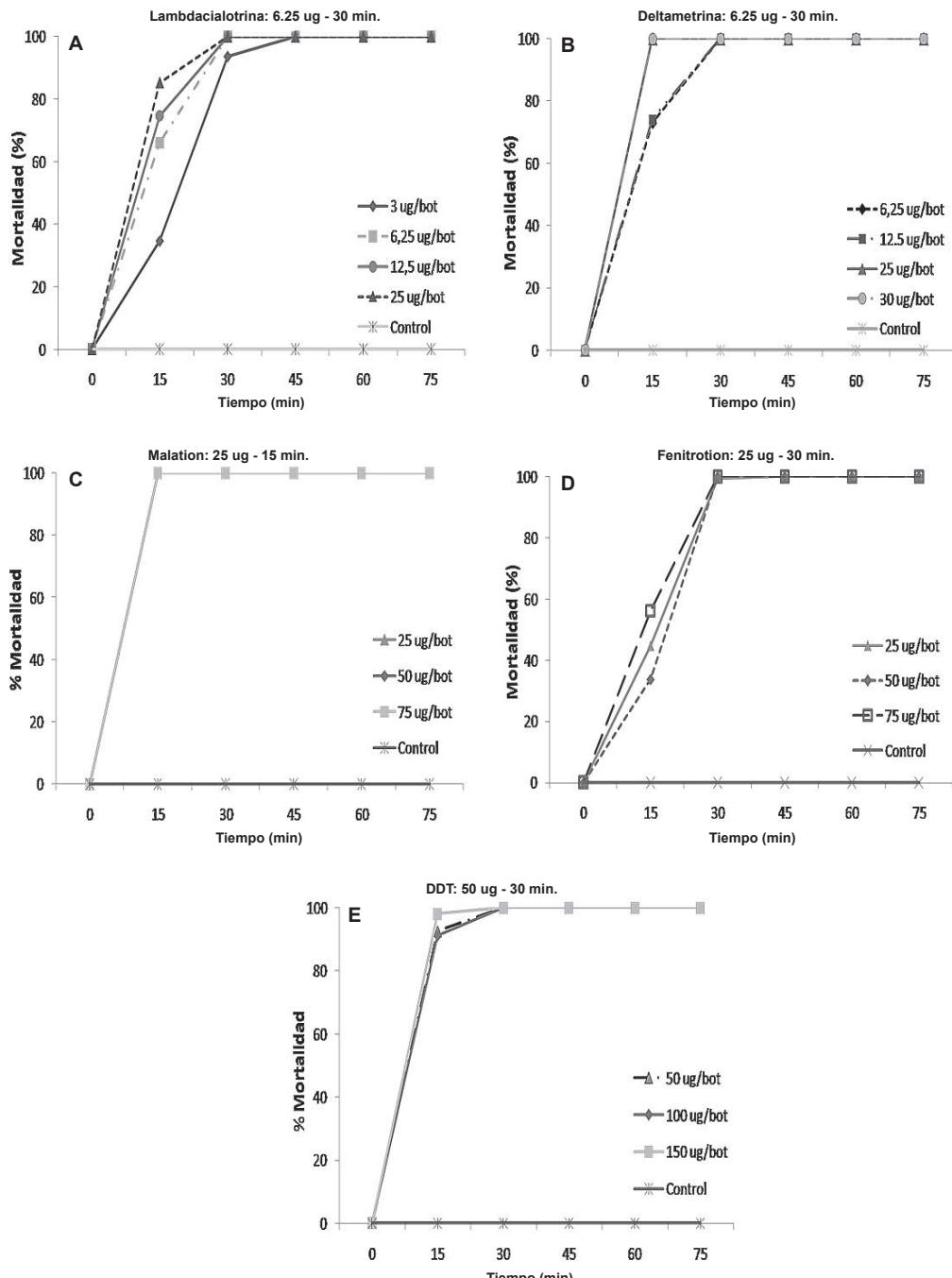


Figura 3. Líneas base de susceptibilidad y dosis diagnósticas para *A. nuneztovari* obtenidas con la población de Caño Victoria, municipio de Tibú, Norte de Santander. Curvas obtenidas con las dosis evaluadas y dosis (concentración y tiempo) escogidas para la evaluación en campo. **A-B.** Piretroides. **C-D.** Organoclorados. **D-E.** Organofosforado.

metodología para el mantenimiento de la vigilancia de la resistencia de los vectores de malaria en el país. Algunas de las principales ventajas del uso de las botellas impregnadas son su sencilla preparación en el laboratorio, la evaluación simultánea de varias dosis e insecticidas, la obtención de resultados en un tiempo no mayor a las 3 horas y la utilización de botellas de vidrio de fácil adquisición a nivel local. La metodología está diseñada para incorporar sinergistas los cuales orientan sobre el posible mecanismo de resistencia presente (Brogdon y McAllister 1998). A su vez, es poco probable obtener falsos resultados de resistencia pues todo el interior de la botella, incluyendo la tapa, se encuentra impregnado con el insecticida. Todas estas características reducen los costos de los bioensayos, facilitando su implementación en programas de vigilancia rutinaria de la resistencia. No obstante, es obligatorio almacenar, transportar y rotular correctamente las soluciones de trabajo, hacer un lavado estricto de las botellas para permitir múltiples usos y es fundamental entrenarse en la interpretación de los resultados, especialmente en los criterios de mortalidad.

Se registran hasta la fecha dosis diagnósticas para *A. albimanus* de Guatemala, usando bioensayos CDC para evaluar la susceptibilidad a permetrina (43 µg/botella), malatión (100 µg/botella) y DDT (50 µg/botella) (Brogdon *et al.* 1999). La evaluación de poblaciones de *A. albimanus* de Guatemala procedentes de sitios de muestreo aislados pocos km, demostró variaciones en la presencia de resistencia, el nivel de resistencia y mecanismo responsable de la misma (Brogdon *et al.* 1999). Las dosis obtenidas en este trabajo evaluando permetrina y malatión en *A. albimanus* de Colombia fueron 43 y dos veces menores que las dosis usadas en la población de Guatemala para estos mismos insecticidas respectivamente. Estos datos confirman la necesidad de establecer las dosis diagnósticas en poblaciones de vectores locales, debido a que representan diferencias en la selección por la aplicación histórica de los insecticidas en cada sitio, junto con las variaciones genéticas propias de cada especie. Actualmente no hay dosis diagnósticas reportadas para los otros insecticidas evaluados ni para *A. darlingi* o *A. nuneztovari*, siendo nuestros resultados los primeros en determinarlas.

La utilidad de estas dosis diagnósticas en la determinación de los niveles de resistencia a insecticidas fue evaluada recientemente con poblaciones naturales de *A. darlingi* de los departamentos de Antioquia, Chocó y Putumayo. Este estudio demostró concordancia entre las metodologías de la OMS y del CDC, las cuales detectaron resistencia a DDT y lambdacialotrina en la población recolectada en la localidad de Amé-Beté (Chocó); estos resultados son una alerta temprana para las autoridades de salud dado el amplio uso que tienen actualmente los piretroides para el control de malaria en este departamento (Fonseca-González *et al.* 2009).

Las dosis diagnósticas del presente estudio demuestran que cada principio activo actúa de manera particular en cada una de las especies de anofelinos y evidencian que la resistencia fisiológica a los insecticidas constituye un fenómeno definido espacio-temporalmente que depende directamente de la presión por una clase específica de insecticida, del tipo de intervención, la bionomía del vector, la dinámica de la población y el estadio de vida blanco del control (Guillet 2006). Además, Colombia registra varias especies vectores auxiliares de malaria como *A. rangeli* Galbadon, Cova-García & Lopez, 1940 y *A. oswaldoi* (Peryassú, 1922) en Putumayo (Quiñones *et al.* 2006), *A. punctimacula* Dyar & Knab, 1906

y *A. pseudopunctipennis* Theobald, 1901 (Olano *et al.* 2001), los cuales contribuyen a mantener las endemias de la enfermedad y en algunos casos, pueden actuar como vectores primarios dependiendo de la estacionalidad de las poblaciones. Es necesario definir las dosis diagnósticas o las líneas base de susceptibilidad para cada especie y cada insecticida, partiendo de la cuidadosa selección de poblaciones con baja presión de selección, tanto de insecticidas de uso en salud pública como de insecticidas de uso agrícola.

La detección temprana de poblaciones resistentes y la vigilancia permanente de los niveles de resistencia usando las dosis diagnósticas determinadas en este estudio permitirá la selección correcta de los insecticidas a utilizar en las diferentes regiones, contribuyendo al establecimiento de programas sostenibles de prevención y control de malaria con impacto a nivel epidemiológico visible a través de la disminución de casos.

Este trabajo fue parte de un esfuerzo conjunto entre las autoridades locales y nacionales de salud y grupos de investigación para promover la vigilancia de la resistencia a insecticidas de los vectores primarios de malaria en Colombia. A partir de la transferencia de tecnología basada en la capacitación a personal encargado de los programas de enfermedades transmitidas por vectores, la definición de protocolos estandarizados, dotación de materiales y reactivos, y la definición de las líneas base de susceptibilidad para diferentes clases de insecticidas usados para el control de malaria, este estudio permitió la creación de la red nacional de vigilancia de la resistencia a insecticidas para los vectores de malaria, que actualmente lidera el Instituto Nacional de Salud a través de la Red de Entomología.

Agradecimientos

A Luis Alberto Cortés, biólogo del Laboratorio Departamental de Bolívar y a los técnicos de saneamiento ambiental del municipio de Santa Rosa (Bolívar), por la colaboración en las colecciones de *A. albimanus*. Al subgrupo de control de vectores del Instituto Departamental de Salud de Norte de Santander por las recolecciones de *A. nuneztovari*. A la Red Amazónica de Vigilancia de la Resistencia de Antimaláricos - RAVREDA de la OPS/OMS, por hacer posible la participación de algunos autores en talleres y reuniones de discusión de una iniciativa similar para los países amazónicos. Este trabajo fue financiado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” - COLCIENCIAS, proyecto No. 22290416444.

Literatura citada

- BROGDON, W. G.; MCALLISTER, J. C. 1998. Simplification of adult mosquito bioassays through use of time-mortality determinations in glass bottles. Journal of the American Mosquito Control Association 14 (2): 159-164.
- BROGDON, W. G.; MCALLISTER, J. C.; CORWIN, A. M.; CORDON-ROSALES, C. 1999. Independent selection of multiple mechanisms for pyrethroid resistance in Guatemalan *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae). Journal of Economic Entomology 92 (2): 298-302.
- FARAN, M.; LINTHICUM, K. J. 1981. A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). Mosquito Systematics 13: 1-81.
- FONSECA-GONZÁLEZ, I.; QUIÑONES, M.L; MCALLISTER, J.; BROGDON, W. G. 2009. Mixed-function oxidases and

- esterases associated with cross-resistance between DDT and lambda-cyhalothrin in *Anopheles darlingi* Root, 1926 populations from Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 104 (1): 18-26.
- GUILLET, P. 2006. Pyrethroid resistance in malaria vectors: Operational implications in Africa. Public Health, Bayer Environmental Science Journal 18: 16-23.
- LINTHICUM, K. J. 1988. A revision of the Argyritarsis Section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. Mosquito Systematics 20: 98-271.
- NAJERA, J. A.; ZAIM, M. 2002. Malaria vector control. Decision making criteria and procedures for judicious use of insecticides. World Health Organization. WHO/CDS/WHOPES/2002.5 Rev.1. 106 p.
- OLANO, V. A.; BROCHERO, H. L.; SAÉNZ, R.; QUIÑONES, M. L.; MOLINA, J. 2001. Mapas preliminares de la distribución de especies de *Anopheles* vectores de malaria en Colombia. Biomédica 21: 402-408.
- OMS. 1994. Una estrategia mundial para combatir el paludismo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 44 p.
- QUIÑONES, M. L.; SUÁREZ, M. F.; FLEMING, G. A. 1987. Estado de la susceptibilidad al DDT de los principales vectores de la malaria en Colombia y su implicación epidemiológica. Biomédica 7: 81-86.
- QUIÑONES, M. L.; RUIZ, F.; CALLE, D.; HARBACH, R. E.; ERAZO, H. F.; LINTON, Y. M. 2006. Incrimination of *Anopheles (Nyssorhynchus) rangeli* and *An. (Nys.) oswaldoi* as natural vectors of *Plasmodium vivax* in Southern Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 101 (6): 617-623.
- RUIZ, F.; QUIÑONES, M. L.; ERAZO, H. F.; CALLE, D. A.; ALZATE, J. F.; LINTON, Y. M. 2005. Molecular differentiation of *Anopheles (Nyssorhynchus) benarrochi* and *An. (N.) oswaldoi* in Southern Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 100 (2): 155-160.
- SERVICE, M. W. 1976. Mosquito ecology - Field sampling methods. Applied Science Publishers Ltd., London. 583 p.
- SIVIGILA. 2007. Protocolo de Malaria. Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud. Malaria-2007_sivigila_INS, Bogotá. 21 p.
- SUÁREZ, M. F.; QUIÑONES, M. L.; PALACIOS, J. D.; CARRILLO, A. 1990. First record of DDT resistance in *Anopheles darlingi*. Journal of the American Mosquito Control Association 6: 72-74.
- VERSCHUEREN, C. 2006. Why effective insecticide resistance management is important? In Public Health Journal, Bayer Environmental Science 18: 5-7.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1975. Manual on practical entomology in Malaria. Part II. Methods and Techniques. Geneva. 87 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1981. Resistance of vectors and reservoirs of disease to pesticides. Technical Report Series No 737. Geneva. 87 p.
- ZAIM, M.; JAMBULINGAM, P. 2004. Global insecticide use for vector-borne disease control. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2004.9. 88 p.

Recibido: 4-may-2009 • Aceptado: 29-ene-2010

Altitud y tablas de vida de poblaciones de *Culex quinquefasciatus* (Diptera Cucilidae)

Altitude and life tables of *Culex quinquefasciatus* (Diptera Cucilidae) populations

CAROLINA GARCÍA G.¹, JESÚS ESCOVAR² C., YESICA LONDOÑO B.³ y LIGIA MONCADA A.⁴

Resumen: Se determinaron las diferencias en desarrollo, sobrevivencia y mortalidad de tres poblaciones del mosquito *Culex quinquefasciatus* procedente de tres pisos térmicos del departamento de Cundinamarca: Mosquera (2516 msnm, 15°C), Fusagasugá (1728 msnm, 22°C) y Girardot (269 msnm, 28°C). Las larvas y adultos de cada población se mantuvieron en el laboratorio en condiciones similares a los sitios de origen. Se registraron diariamente la supervivencia y mortalidad en cada colonia. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Kruskal Wallis con la modificación de Bonferroni. Los tiempos de desarrollo por sitio fueron así: Mosquera 15,05 días, Fusagasugá 10,62 días y Girardot 7,72 días. Se encontraron diferencias significativas solamente entre Mosquera y Girardot, pero al analizar el tiempo de desarrollo solo de las larvas hubo diferencias significativas entre las tres poblaciones. Las diferencias intrapoblacionales en las tres cohortes no fueron significativas. La supervivencia y la mortalidad de los estadios pre-reproductivos no mostraron diferencias significativas en las tres cohortes y la supervivencia muestra una curva tipo I. La expectativa de vida de un huevo recién ovipositado procedente de Girardot fue 26,06 días, de Fusagasugá fue de 24,12 días y de Mosquera 40,77 días; las diferencias entre ellos no fueron significativas. Estos datos muestran que *Culex quinquefasciatus* se ha ido adaptando a zonas más altas con temperaturas menores sin detrimento en los parámetros de la tabla de vida.

Palabras clave: Tablas de vida. Expectativa de vida. Supervivencia. Mortalidad.

Abstract: The differences in development time, survival, mortality and life expectancy were determined for three populations of the mosquito *Culex quinquefasciatus* from three temperature zones in the Cundinamarca department of Colombia: Mosquera (2516 m, 15°C), Fusagasugá (1728 m, 22°C) and Girardot (269 m, 33°C). The larvae and adults from each population were kept in laboratory conditions similar to those of their place of origin. Survival and mortality for each colony were recorded daily. For the statistical analysis, the Kruskal Wallis test was used with Bonferroni's modification. Development times by site were as follows: Mosquera 15.05 days, Fusagasugá 10.62 days and Girardot 7.72 days. Significant differences were only found between Mosquera and Girardot, but by analysis of the development time for larvae separately, were significant differences among all three populations. Intrapopulation differences in the three cohorts were not significant. Survival and mortality of the pre-reproductive stages showed no significant differences in the three cohorts and survival showed a type-I curve. The life expectancy for a recently oviposited egg from Girardot was 26.06 days, from Fusagasugá it was 24.12 days and from Mosquera it was 40.77 days. These data show that *Culex quinquefasciatus* has been adapting to higher elevation zones with lower temperatures without detriment to life table parameters.

Key Words: Life tables. Life expectancy. Survival. Mortality.

Introducción

Culex quinquefasciatus (Say, 1823) es un díptero tropicópolita y frecuentemente es el mosquito más abundante en zonas urbanas (Sarmiento *et al.* 1999; Antunes *et al.* 2006; Emgesa 2006; Calhoun *et al.* 2007). Se desarrolla en colecciones de agua estancada o de baja corriente, rica en materia orgánica o inorgánica incluidos elementos pesados. En muchos casos estos criaderos son producto de deficiencias sanitarias durante procesos de urbanización no controlados (Ribeiro *et al.* 2004). Dentro del género *Culex* se considera a *C. quinquefasciatus* como el de comportamiento más antropofílico y endofágico (Jupp 1978). Su importancia en salud pública radica en que es considerado vector de *Wuchereria bancrofti* Cobbold, 1877 y *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) (Zagaria *et al.* 2002), y se ha relacionado con la transmisión de varios virus, incluidos el de la Encefalitis del Este, la Encefalitis Equina Venezolana y la Encefalitis Japonesa (Goddard 2000; Goddard *et al.* 2002).

Las molestias ocasionadas por las altas densidades y la alergia a la picadura también se han convertido en un problema de salud pública (Sarmiento *et al.* 1999).

El estudio de parámetros poblacionales: supervivencia, fecundidad, longevidad y los requerimientos ambientales asociados al desarrollo de los insectos, contribuyen en forma significativa al conocimiento epidemiológico de las enfermedades transmitidas por vectores, porque influyen directamente en su capacidad vectorial (Cárdenas *et al.* 1999; Castellanos *et al.* 2001; Dye 1992; Hashim *et al.* 2008). Por lo tanto, la determinación de la edad del vector se usa para evaluar el éxito de las medidas de control (Maciá 1997).

Begon *et al.* (2006) y Maharaj (2003) postulan que la historia de vida varía en respuesta a las condiciones ambientales prevalentes, lo que se conoce como plasticidad genotípica. Un ejemplo de ello es que un aumento de 0,5°C en la temperatura global, puede traducirse en un incremento del 30 al 100% en abundancia de mosquitos (Pascual *et al.* 2006).

¹ Médico Veterinario. Universidad de La Salle. Facultad de Medicina Veterinaria.

² M.Sc., Candidato a Ph.D. Universidad de La Salle. Departamento de Ciencias Básicas. Cr 2 No. 10 70 Bogotá, Colombia. jeescobar@unisalle.edu.co. Autor para correspondencia.

³ Médico Veterinario. Universidad de La Salle.

⁴ M.Sc., Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Departamento de Salud Pública. Facultad de Medicina.

C. quinquefasciatus tiene una distribución altitudinal muy amplia; en Colombia se ha registrado desde alturas cercanas a los 0 msnm hasta los 2600 msnm (Salazar 2004; González 2007; Carvajal *et al.* 2009). Se asume que el factor climático más importante ligado a la distribución altitudinal y que influye en la distribución y parámetros poblacionales es la temperatura, aunque también otro tipo de factores como la nutrición y la densidad larval, tienen una influencia considerable. Costa *et al.* (1994), encontraron que la temperatura limitante mínima para la oviposición de *C. quinquefasciatus* fue de 5°C y la máxima de 40°C. Los estudios que se han hecho hasta el momento sobre la influencia de la temperatura en el desarrollo de *C. quinquefasciatus* han sido con cepas procedentes de laboratorio, sometidas a diferentes temperaturas. El objetivo del presente trabajo fue comparar las tablas de vida de tres poblaciones de *C. quinquefasciatus* procedentes de tres pisos térmicos.

Métodos

Área de estudio. Las formas adultas e inmaduras, del mosquito *C. quinquefasciatus* se recolectaron en los siguientes sitios: Centro Agropecuario Marengo, Mosquera, Km 12 Vía Bogotá-Mosquera, 2548 msnm, temperatura promedio 14°C (4°43'N, 74°12'W); la ciudad de Fusagasugá, 1728 msnm, temperatura promedio 22°C (4°21'00"N, 74°24'00"W) y la ciudad de Girardot, 289 msnm, y temperatura promedio 28°C (4°18'00"N, 59°66'00"W).

Recolección de mosquitos. Los mosquitos adultos parentales fueron capturados con trampa Shannon y aspirador bucal en los sitios de reposo, durante tres días, en cuatro ocasiones. A medida que los adultos se capturaban, se depositaban en vasos plásticos recubiertos con cartón para minimizar los posibles traumatismos. Posteriormente, los ejemplares se colocaron en jaulas Gerberg. Las formas inmaduras se recolectaron con cucharones plásticos, la mayoría de las veces en los floreros de los cementerios. Las larvas capturadas se colocaron en tubos de plástico de 50 ml. con el agua de origen, para su transporte al laboratorio. Todos los ejemplares se llevaron al laboratorio de entomología de la Universidad de La Salle.

Identificación de adultos. Los adultos se identificaron con las claves de Forattini (1965), La Casse y Yamaguti (1950), con base en las características morfológicas determinantes del género y especie, especialmente los genitales externos del macho.

Mantenimiento de estados reproductivos y oviposición. En el insectario de la Universidad de La Salle, los adultos se mantuvieron en jaulas Gerberg de 30x30x30 cm. Como fuente de carbohidratos se les proporcionó sacarosa al 10% mediante una esponja de algodón impregnada. Las hembras se alimentaron por un período promedio de dos horas, sobre un cobayo anestesiado (0,8 ml de pentotal / Kg peso del animal) e inmovilizado dentro de la jaula. Las condiciones de temperatura y humedad, monitoreadas permanentemente, fueron similares a las de los sitios de recolección: (Mosquera: 15°C, Fusagasugá: 21°C, Girardot: 28°C). Con el fin de lograr temperaturas estables se utilizaron cámaras climatizadas y separadas, una por cada colonia. Para la oviposición se colocaron recipientes plásticos con agua destilada reposada

dentro de las jaulas, con el fin de simular el agua estancada del ambiente natural del mosquito.

Mantenimiento de estados pre-reproductivos. Las balsas con huevos depositadas en los recipientes, se llevaron a cubetas plásticas de 20x10x20 cm, con agua destilada reposada. Los estadios inmaduros se alimentaron con concentrado molido para perro, bajo en grasa (0,5 mg/ml de H₂O). Diariamente se verificaba el estado general de las larvas teniendo en cuenta su movilidad, la reacción a estímulos como la luz, el exceso o defecto de alimento, y la presencia de microorganismos parásitos como *Vorticella* sp. Los individuos que pasaban al estadio pupa, se trasferían a recipientes con agua y se transportaban a otra jaula Gerberg para su eclosión.

Ciclo de vida. Se tomaron aleatoriamente cuatro balsas de huevos, separando cuidadosamente 100 unidades de cada una. Los huevos se mantuvieron en recipientes individuales con agua destilada reposada. A medida que las larvas fueron eclosionando, se trasladaron a recipientes individuales (vasos de cría de 10x10x10 cm). Para cada prueba, se utilizaron 10 vasos de cría, y en cada vaso se depositaron 10 larvas hasta completar 100 larvas. Diariamente se registró el número de individuos en cada estadio, y el número de individuos muertos y sobrevivientes. A medida que los adultos eclosionaban, los imágnes se trasladaban a jaulas independientes hasta completar 100 hembras y 100 machos. De igual forma, cada día se registró el número de adultos muertos y sobrevivientes. Se tomaron datos de estadios reproductivos y prereproductivos de las generaciones F1, F2 y F3. Con estos datos, se elaboró para cada colonia una tabla de vida vertical, se calculó mortalidad, curva de supervivencia y curva de expectativa de vida.

Análisis estadístico. Para comparar los ciclos de vida de las poblaciones en estudio y determinar si había diferencias significativas, se aplicó el test no paramétrico Kruskal-Wallis, con la corrección de Bonferroni. Se utilizó el programa estadístico SPSS13 para el análisis de la homogeneidad de variaciones entre las diferentes poblaciones. Los datos de supervivencia se transformaron con base en log₁₀, con el fin de minimizar la influencia de valores extremos. Las fórmulas utilizadas para el análisis de la tabla de vida fueron las planteadas por Southwood (1978), Begon *et al.* (2006) y Hashim *et al.* (2008).

Resultados

El promedio ponderado del total del período de desarrollo de los estadios inmaduros de la población procedente de Mosquera es más prolongado que el de Fusagasugá y éste mayor que el de Girardot (Fig. 1); sin embargo, cuando se observa por separado cada estadio, no se conserva ese mismo patrón en ninguna de los estadios de las tres cohortes. La duración del ciclo de vida de la población de Mosquera y Girardot muestra diferencias significativas (Girardot vs. Mosquera Hc = 5.026, P = 0.024), mientras que la de Fusagasugá no presenta diferencias significativas con las otras dos poblaciones (Fusagasugá vs. Girardot, Hc = 0.4103, P = 0.52. Fusagasugá vs. Mosquera, Hc = 3.692, P = 0.054). La diferencia en los promedios (de las tres generaciones), de la duración de los ciclos de vida de las tres poblaciones es significativa P = 0.02 (Hc = 7.064).

En la cohorte de las hembras silvestres de Girardot, el tiempo de desarrollo total de los estadios prereproductivos fue de 7,72 días, mientras que en la población de Fusagasugá fue de 10,62 días y en Mosquera de 15,05 días. El tiempo de desarrollo larval aumenta en dos días a la temperatura de 22°C, con relación al de Girardot, mientras que a 15°C. hay un aumento de seis días. Al comparar los períodos de desarrollo de los estadios prerreproductivos entre la F1, la F2 y la F3 para cada una de las poblaciones, no se encontraron diferencias significativas intrapoblacionalmente (para Girardot $H_c = 0.162$, $P = 0.92$; Fusagasugá $H_c = 0.6068$, $P = 0.73$; Mosquera $H_c = 0.9864$, $P = 0.61$). Teniendo en cuenta solamente el período de desarrollo larval se aprecia un aumento de dos días de la población de Fusagasugá y de seis días de la población de Mosquera, con respecto a la población de Girardot. La diferencia en los promedios (de las tres generaciones), de la duración de los ciclos de vida de las tres poblaciones es significativa $P = 0.02$ ($H_c = 7.064$).

En la tabla 1 se muestran los resultados de los diferentes parámetros de vida de las cohortes-edad específica correspondientes a la generación F3 de cada una de las poblaciones. En las poblaciones de Fusagasugá y Girardot la proporción de sobrevivientes es igual hasta que alcanzan la edad de 1-5 días como adulto, en contraste con Mosquera, en la cual la proporción de supervivencia es diferente a las otras dos poblaciones para todas las edades. La edad en la que un individuo tiene la misma probabilidad de sobrevivir que de morir ($L_x = 0.5$), se alcanza en las tres poblaciones en el estado adulto: Mosquera en el período 26 a 35 días, Fusagasugá de 11 a 15 días, y de Girardot de 16 a 25 días. El mayor valor de q_x para los estadios inmaduros en las poblaciones de Girardot y Fusagasugá correspondió al período de edad de pupa a adulto; en esta última población, el valor sobrepasa aún al de los adultos más longevos. En Mosquera el mayor valor de q_x corresponde a los adultos de 41-45 días.

Tabla 1. Tabla de vida de la F3 de tres poblaciones de *C. quinquefasciatus*.

Estadio	I_x			d_x			q_x			L_x		
	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M
Huevo	1.00	1.00	1.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.99	1.00	1.00
L1	0.98	0.98	0.99	0.10	0.00	0.02	0.10	0.03	0.03	0.93	0.99	0.97
L2	0.88	0.88	0.96	0.00	0.05	0.03	0.00	0.04	0.02	0.88	0.97	0.95
L3	0.88	0.88	0.94	0.10	0.05	0.04	0.12	0.04	0.02	0.82	0.92	0.93
L4	0.77	0.77	0.92	0.00	0.09	0.07	0.00	0.06	0.04	0.77	0.85	0.90
Pupa	0.77	0.77	0.88	0.10	0.00	0.04	0.14	0.67	0.00	0.72	0.80	0.88
Adulto (1-5)	0.67	0.67	0.88	0.05	0.00	0.02	0.08	0.11	0.02	0.64	0.80	0.87
adulto (6-10)	0.61	0.67	0.86	0.06	0.09	0.06	0.10	0.21	0.07	0.58	0.76	0.83
adulto (11-15)	0.55	0.61	0.80	0.01	0.15	0.03	0.02	0.19	0.04	0.55	0.64	0.78
16-20	0.54	0.55	0.77	0.04	0.11	0.05	0.08	0.24	0.07	0.52	0.51	0.74
21-25	0.5	0.54	0.71	0.06	0.19	0.15	0.13	0.23	0.21	0.47	0.36	0.64
26-30-	0.44	0.44	0.56	0.09	0.15	0.01	0.21	0.56	0.02	0.39	0.19	0.56
31-35	0.34	0.34	0.55	0.10	0.12	0.16	0.30	1.00	0.30	0.29	0.06	0.47
36-40	0.24	0.24	0.39	0.06	0.00	0.19	0.26		0.50	0.21	0.00	0.29
41-45	0.18	0.00	0.20	0.10		0.19	0.59		1.00	0.13		0.10
46-50	0.07		0.00	0.00		0.00	1.00			0.04		

I_x = proporción de sobrevivientes en la etapa x; d_x = proporción de individuos que mueren entre las etapas; q_x = probabilidad de morir entre N1 y N2; L_x = media de la probabilidad de supervivencia.

En los análisis de los parámetros de tablas de vida (tabla 1), de los estadios prereproductivos utilizando Kruskal-Wallis, con la modificación de Bonferroni, se encontró que no hay diferencias significativas en el número de individuos: ($H_c = 4.62$, $P = 0.10$), sobreviventes en cada etapa: ($H_c = 2.02$, $P = 0.36$), en el número de individuos que mueren entre las etapas (d_x): ($H_c = 0.729$, $P = 0.69$), y en la media de probabilidad de supervivencia ($H_c = 2.047$, $P = 0.35$).

La mayor supervivencia la muestra la población de Mosquera, seguida por la de Fusagasugá hasta el V período (entre 21 y 25 días) y finalmente la de Girardot (Fig. 2). Sin embargo, los adultos de la población de Fusagasugá tienen una menor longevidad que la de las otras dos poblaciones. En esta misma curva se aprecia que la tasa de supervivencia de los estadios inmaduros (I_x) es alta (> 0.7) mientras que en el estado adulto la curva tiene un descenso notorio, por lo tanto se puede decir que la curva de supervivencia de las tres poblaciones de *C. quinquefasciatus* corresponde a una curva tipo I (Rabinovich 1980). No obstante, en la población de Girardot el patrón de supervivencia de los estadios inmaduros es muy irregular con un período crítico en el paso de pupa a adulto.

La mortalidad aparente se expresa en el porcentaje de individuos muertos en un estadio particular, en relación con los sobrevivientes del mismo estadio. Se utiliza para hacer comparaciones simultáneas entre factores de mortalidad independientes (Southwood 1978). En cuanto a este parámetro, la F1 de Girardot tiene un patrón ascendente; la población de Fusagasugá presenta el valor más alto en la larva L2, mientras que en la población de Mosquera se presenta en el estado de pupa.

De igual forma a lo acontecido con la curva de supervivencia, las poblaciones de Fusagasugá y Mosquera exhiben una tendencia similar en su expectativa de vida, mientras que la de Girardot muestra un patrón irregular (Fig. 3). No obstante, hay periodos principalmente en la edad adulta, en los

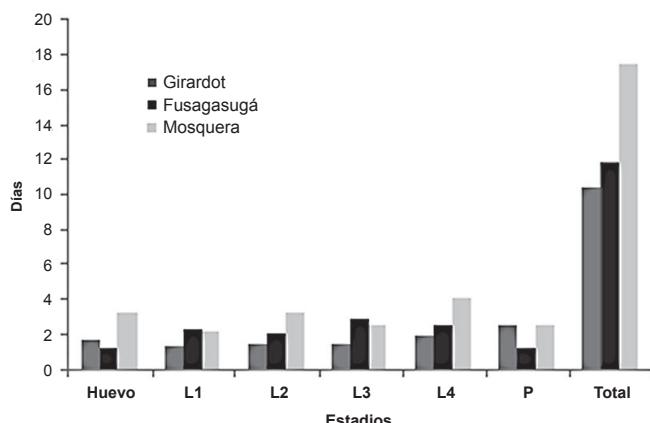


Figura 1. Promedio ponderado del período prerreproductivo de tres poblaciones de *C. quinquefasciatus*.

cuales las curvas de las poblaciones de Girardot y Mosquera se sobrelapan. La expectativa de vida de *C. quinquefasciatus* de un huevo recién puesto de la población de Girardot fue de 8,9 períodos, en la de Fusagasugá fue de 8,4 y en la de Mosquera 10,9 períodos. Si se suman los promedios del tiempo de desarrollo de cada uno de los estadios prereproductivos, la expectativa de vida de la población de Girardot fue de 26,06 días, de Fusagasugá 24,12 días y de Mosquera 40,77 días.

Discusión

A diferencia de otros trabajos donde cepas de referencia de laboratorio son sometidas a diferentes temperaturas (Oda *et al.* 1980; Rueda *et al.* 1990; Ribeiro *et al.* 2004), en este estudio se usaron cepas capturadas en tres sitios del departamento de Cundinamarca, incluyendo datos de la cohorte de huevos obtenidos a partir de hembras silvestres, que se mantuvieron en las condiciones de temperatura promedio de las regiones de origen. En este sentido, las tablas de vida obtenidas en este

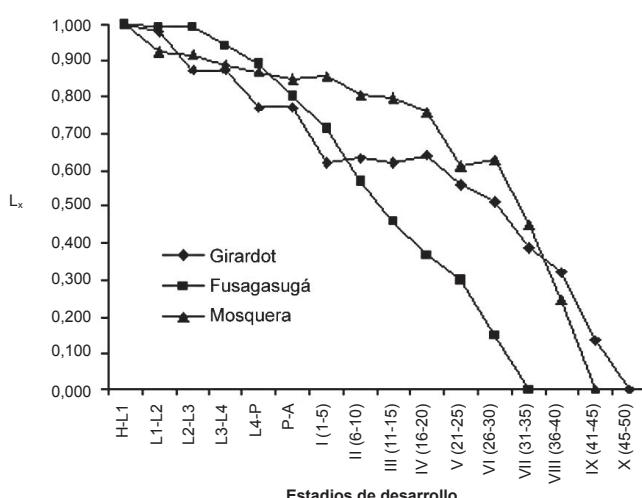


Figura 2. Probabilidad de supervivencia entre las etapas de la F3 de tres poblaciones de *C. quinquefasciatus*. H = huevo, L1 = larva de primer estadio, L2 = larva de segundo estadio, L3 = larva de tercer estadio, L4 = larva de cuarto estadio, P = pupa, A = adulto. Los números romanos del I al X indican períodos de cinco días de supervivencia de los adultos.

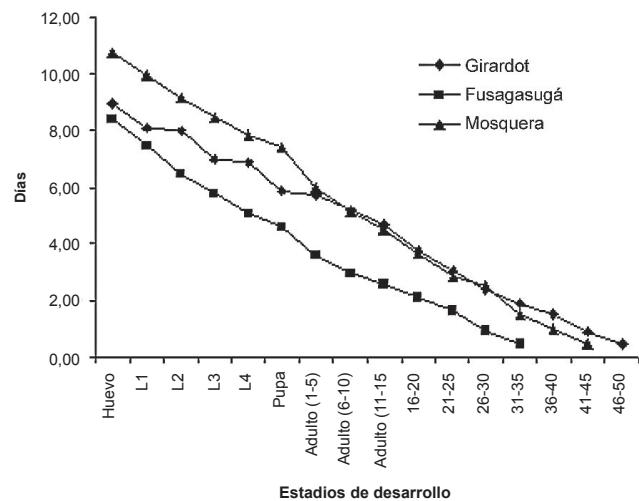


Figura 3. Expectativa de vida de la F3 de tres poblaciones de *C. quinquefasciatus*.

trabajo podrían representar mejor la respuesta en parámetros de tablas de vida a las condiciones de temperatura de las localidades de origen y no ser únicamente la respuesta a un cambio inducido en el laboratorio.

Como ya ha sido planteado por otros autores, a mayor temperatura se disminuye el tiempo de duración del ciclo de vida (Clements 1992; Forattini 1965). Salazar y Moncada (2004) informan que en dos experimentos con la población de Mosquera bajo condiciones no controladas de laboratorio, en las que la temperatura, la humedad relativa y el fotoperíodo correspondían a las oscilaciones naturales, los ciclos duraron en promedio 15,8 días y 22,6 días. En este trabajo se obtuvo una duración del ciclo de vida que concuerda más con lo reportado por Rueda *et al.* (1990) y Ribeiro *et al.* (2004), a medida que aumenta la temperatura disminuye la duración del ciclo de vida; sin embargo, las diferencias observadas en esta investigación fueron menores, posiblemente porque las poblaciones de este estudio se mantuvieron en las condiciones de temperatura y humedad similares a los sitios en los que fueron capturadas las hembras progenitoras.

Al desglosar la información del ciclo de vida en sus estadios se presentaron diferencias que no siguieron el mismo patrón que las exhibidas al analizar el ciclo en su totalidad. Las causas de estas desigualdades han sido controvertidas por diferentes autores; Hashim *et al.* (2008), informan que en un estudio con *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) el tiempo de desarrollo de los estadios se correlaciona principalmente con la temperatura. Por otra parte, Clements (1992), sugiere que en insectos holometábolos y en mosquitos en particular, hay tres aspectos básicos que afectan el crecimiento y desarrollo: temperatura, nutrición y densidad larval. Cualquier cambio en alguno de estos parámetros podría tener importante efecto en el ciclo de vida del mosquito. En este trabajo, debido a que la temperatura y humedad fueron controladas, indicaría que, al igual de lo manifestado por Clements (1992), hay otras condiciones extrínsecas e intrínsecas, como respuesta a factores diferentes a la temperatura ya sean tipo de alimentación, turbidez del agua, exposición a la luz, presión atmosférica, que están influenciando no sólo la variación de los estadios de vida, sino también la mortalidad.

Según Costa *et al.* (1994), temperaturas menores a 5°C y mayores a 35°C inhiben el desarrollo de los estadios inmaduros de *C. quinquefasciatus*; los autores sugieren que el rango de temperaturas en las que se desarrolla el insecto oscila entre 15 y 35°C, pero su temperatura óptima de desarrollo está entre 20 y 25°C. Esta idea también es soportada por los hallazgos de Oda *et al.* (1999), quienes informan que las tasas de pupación y de emergencia de adultos, fueron superiores a 21 y 25°C, que a 30°C. Lo anterior concuerda con los datos del presente estudio en los que la mortalidad del paso de pupa a adulto, de la población de Fusagasugá (22°C) es baja, lo cual puede indicar que las condiciones óptimas para el desarrollo de *C. quinquefasciatus* son aquellas de la población de Fusagasugá.

Al igual que lo reportado en otras especies como *Ae. aegypti* L., 1762, en temperaturas más altas (Girardot = 28°C) el ciclo de vida es más corto, pero la mortalidad es mayor, mientras que en las otras dos poblaciones (Fusagasugá y Mosquera) la mortalidad de pupas es nula; por lo tanto, el índice de pupas en poblaciones con temperaturas similares a Girardot no sería un indicador adecuado para conocer la productividad de los criaderos, al contrario de poblaciones que se crían con temperaturas medias y bajas como Fusagasugá y Mosquera en las que la cantidad de pupas es similar a la de adultos emergentes.

Con este estudio se puede concluir que las condiciones macroclimáticas de temperatura de las tres poblaciones estudiadas permiten el desarrollo de *C. quinquefasciatus* y que como ha sido informado por otros autores (Costa *et al.* 1994; Ribeiro 2004), si se dan las condiciones de acumulaciones de agua que tengan alto contenido de materia orgánica, se convierten en ambientes propicios para lograr las densidades de población que se han reportado en diferentes sitios de Colombia. Como lo exponen Vianna *et al.* (1994), debido a que la temperatura en estas tres poblaciones es propicia para el desarrollo y supervivencia del vector, solamente controlando las condiciones de contaminación orgánica de las aguas de los criaderos se podrá controlar el vector.

Cuando se analiza la importancia de la temperatura frente a la supervivencia de las tres poblaciones se puede pensar que frente al calentamiento global *C. quinquefasciatus* se podría adaptar mejor a altitudes mayores, porque a pesar de las leves variaciones, se observa que la temperatura no tiene un impacto fuerte en la supervivencia de las formas inmaduras de este mosquito.

Como los índices de mortalidad y la supervivencia no fueron diferentes y la duración del ciclo de vida entre Girardot y Mosquera si mostró diferencias significativas, se puede inferir que puede haber migraciones pasivas (transporte humano u otras) o activas, entre las poblaciones estudiadas. No obstante, este fenómeno debe ser abordado con mayor profundidad, se debe estudiar si realmente existe un flujo genético entre poblaciones de diferentes altitudes.

Teniendo en cuenta que Tesh *et al.* 2004, informan que el límite inferior temperatura para la transmisibilidad de patógenos en el intervalo de 14-18°C, el cual coincide con las temperaturas promedio de la sabana de Bogotá; que este mosquito se ha convertido en una molestia sanitaria y un problema de salud pública para la población por las densidades tan altas que alcanza (Emgesa 2006), y que los resultados de esta investigación, en los que no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de tablas de vida en las temperaturas de las tres poblaciones estudiadas,

se evidencia la necesidad de una vigilancia entomológica del insecto en poblaciones con altitud similar a la de la sabana de Bogotá.

Agradecimientos

A La Universidad de La Salle por la financiación del proyecto y a la Universidad Nacional de Colombia.

Literatura citada

- ANTUNES, S.; TOLEDO, M.; NATAL, D. 2006. Aspectos da distribuição de *Culex (Culex) quinquefasciatus* Say (Diptera, Culicidae) na região do Rio Pinheiros, na cidade de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia 50 (3): 413-418.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. 2006. Life, death and life histories. Chapter IV, pp. 89-131. In: Ecology, from individuals to ecosystems. Fourth Edition. Blackwell Publishing. 738 p.
- CALHOUN, L. M.; AVERY, M.; JONES, L. A.; GRUNARTO, K.; KING, R.; ROBERTS, J.; BURKORT, T. R. 2007. Combined sewage overflows (CSO) are major urban breeding sites for *Culex quinquefasciatus* in Atlanta Georgia. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 77 (3): 428-484.
- CÁRDENAS, E.; ROMO, G.; SANTAMARÍA, E.; BELLO, F.; FERRERO, C. 1999. *Lutzomyia longipalpus* (Diptera: Psychodidae) posible vector en el foco de Leishmaniasis cutánea del municipio de Planadas, zona cafetera del Tolima. Biomédica 19: 239-244.
- CASTELLANOS, S.; BELLO, F. J.; ESCOVAR, J.; MORALES, A.; OLANO, V. A. 2001. Estudio del ciclo de vida del mosquito *Psorophora ferox* (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio. Revista de Investigación de la Universidad de La Salle 1 (1): 59-67.
- CARVAJAL, J. J.; MONCADA, L. I.; RODRÍGUEZ, M. H.; PÉREZ, L. P.; OLANO, V. A. 2009. Caracterización preliminar de los sitios de cría de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae) en el municipio de Leticia, Amazonas, Colombia. Biomédica 29 (3): 413-423.
- CLEMENTS, A. N. 1992. The biology of mosquitoes. Development, Nutrition and Reproduction. Chapman and Hall, London, 509 p.
- COSTA, P. R. P.; VIANNA, E. E. S.; SILVERIA, P.; RIBEIRO, P. B. 1994. Influencia de temperatura na longevidade e viabilidade do ciclo aquático de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) em condições de laboratório. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária 3 (2): 87-92.
- DYE, C. 1992. The analysis of parasite transmission by bloodsucking insects. Annual Review of Entomology 37:1-19.
- EMGESA. 2006. Embalse de El Muña, un reto para Emgesa. Disponible en: <http://www.emgesa.com.co/eContent/newsdetail.asp?id=64&idcompany=3>. Fecha última revisión: 7 mayo 2007. Fecha último acceso: [20 mayo 2009].
- FORATTINI, OP. 1965. Entomología médica. Culicini: *Culex*, *Aedes* e *Psorophora*. São Paulo: editora da Universidade de São Paulo. 506 p.
- GODDARD, J. 2000. Infectious Disease and Arthropods. Humana Press Inc. 229 p.
- GODDARD, L. B.; ROTH, A. E.; REISEN, W. K.; SCOTT, T. W. 2002. Vector competence of California mosquitoes for West Nile Virus. Emerging Infectious Diseases 8 (12): 1385-1391.
- GONZÁLEZ, R.; GAMBOA, F.; PERAFÁN, O.; SUÁREZ, M. F.; MONTOYA-LERMA, J. 2007. Experiencia de un análisis entomológico de criaderos de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* en Cali, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 33 (2): 148-156.
- HASHIM, N. A.; AHMAD, A. H.; MD, RAWL, C. S.; TAHIR, N. A.; BASARI, N. 2008. Life tables study of immature *Aedes al-*

- bopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) during the wet and dry seasons in Penang, Malaysia. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health 39 (1): 1-9.
- JUPP, P. G. 1978. *Culex* (*Culex*) *pipiens pipiens* Linnaeus and *Culex* (*Culex*) *pipiens quinquefasciatus* Say in South Africa: morphological and reproductive evidence in favor of their status as two species. Mosquito Systematics 10: 461-473.
- LA CASSE W. J.; YAMAGUTI, S. 1950. Mosquito Fauna of Japan and Korea. Office of the Surgeon Hqs. 8th Army, APO 343. USAF School of Aviation Medicine Air University. Third revision.
- MACIÁ, A. 1997. Age structure of Adult Mosquito (Diptera: Culicidae) Populations from Buenos Aires, Province, Argentina. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, Río de Janeiro 92 (2): 143-149.
- MAHARAJ, R. 2003. Life table characteristics of *Anopheles arabiensis* (Diptera: Culicidae) under simulated seasonal conditions. Journal of Medical Entomology 40 (6): 737-742.
- ODA, T.; MORI, A.; UEDA, M.; KUROKAWA, K. 1980. Effects of Temperatures on the Oviposition and Hatching of Eggs in *Culex pipiens molestus* and *Culex pipiens quinquefasciatus*. Tropical Medicine 22 (3): 167-172.
- ODA, T.; UCHIDA, K.; MORI, A.; MINE, M.; ESHITA, Y.; KUROKAWA, K.; KATO, K.; TAHARA, H. 1999. Effects of high temperature on the emergence and survival of adult *Culex pipiens molestus* and *Culex quinquefasciatus* in Japan. Journal of American Mosquito Control Association 15 (2): 153-156.
- PASCUAL, M.; AHUMADA, J. A.; CHAVES, L. F.; RODO, X.; BOUMA, M. 2006. Malaria resurgence in the East African highlands temperature trends revisited. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 103 (15): 5829-5834.
- RABINOVICH, J.E. 1980. Introducción a la Ecología de Poblaciones Animales. Compañía Ed. Continental, México City, México, 313 p.
- RIBEIRO, P. B.; COSTA, P. R.; LOECK, A. E.; VIANNA, E. S.; SILVEIRA, JR. P. 2004. Exigencias térmicas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Serie Zoologia, Porto Alegre 94 (2): 177-180.
- RUEDA, L. M.; PATEL, K. J.; AXTELL, R. C.; STINNER, R. E. 1990. Temperature-Dependent Development and Survival Rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology 27 (5): 892 - 898.
- SALAZAR, M. J.; MONCADA, L. I. 2004. Ciclo de vida de *Culex quinquefasciatus* Say, 1826 (Diptera: Culicidae) bajo condiciones no controladas en Bogotá. Biomédica 24 (4): 385-392.
- SARMIENTO, M. I.; IDROVO, A. J.; RESTREPO, M.; DÍAZ, M. P.; GONZÁLEZ, A. 1999. Evaluación del Impacto de la Contaminación del Embalse del Muña sobre la Salud Humana. Revista de Salud Pública 1 (2): 159-171.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological Methods, with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall, London, 524 p.
- TESH, R.; PARSON, R.; SIIRIN, M.; RANDLE, Y.; SARGENT, C.; GUZMÁN, H.; WUITHIRANYAGOOL, S.; HIGGS, S.; VANDIMGHAM, D.; BALA, H. A.; HAAS, K. 2004. West Nile Virus activity, Gulf Coast Region, Texas and Louisiana. Emerging Infectious Diseases 10 (9): 1649-1652.
- VIANNA, E.; COSTA, P. R. P.; RIBEIRO, P. B. 1994. Ovoposição e longevidade de adultos do *Culex quinquefasciatus* (Say, 1826) (Diptera Culicidae) em condições ambientais, em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária São Paulo 5 (1): 47-52.
- ZAGARIA, N.; SAVIOLI, L. 2002. Elimination of lymphatic filariasis: a public-health challenge. Annals of Tropical Medicine and Parasitology 96 (Suppl. 2): S3-S13.

Recibido: 9-jul-2009 • Aceptado: 13-mar-2010

Análisis morfológico y molecular evidencia problemas al identificar *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae) por claves dicotómicas

Morphological and molecular analyses demonstrate identification problems of *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae) using dichotomous keys

GIOVAN F. GÓMEZ^{1,2}, ASTRID V. CIENFUEGOS^{1,3}, LINA A. GUTIÉRREZ^{1,4},
JAN E. CONN⁵ y MARGARITA M. CORREA^{1,6}

Resumen: El Grupo Oswaldoi, subgénero *Nyssorhynchus* (Diptera: Culicidae), incluye 16 especies. Algunas de estas especies presentan una alta variabilidad morfológica intraespecífica y similitud interespecie; lo anterior puede ocasionar dificultad en la identificación de la hembra al usar las claves morfológicas, como ocurre con *Anopheles nuneztovari*, considerado vector primario de malaria en Colombia. En este trabajo se comparó la utilidad de cinco claves morfológicas para la identificación de especímenes *A. nuneztovari* recolectados en la localidad de Puerto Anchica, Montelibano, Córdoba, Colombia. Se analizaron tres relaciones morfométricas y se confirmó la identificación morfológica utilizando la técnica PCR-RFLP basada en secuencias ITS2. El análisis de 41 hembras usando las claves, mostró que los especímenes *A. nuneztovari* presentaron sobreapamiento morfológico con otras especies del Grupo Oswaldoi, como: *A. rangeli*, *A. oswaldoi*, *A. evansae* y *A. benarrochi*. El análisis molecular confirmó que todos los especímenes corresponden a *A. nuneztovari*. Dado que el uso de claves morfológicas continúa siendo la estrategia de elección para la identificación de anofelinos, los resultados sugieren que en caso de especies problemáticas, es conveniente confirmar la identificación mediante herramientas moleculares desarrolladas con el respaldo de la identificación de estadios inmaduros.

Palabras clave: Identificación morfológica. Identificación molecular. Variación intraespecie. PCR-RFLP. Mosquitos.

Abstract: The Oswaldoi Group, subgenus *Nyssorhynchus* (Diptera: Culicidae), includes 16 species. Some of these species exhibit high intraspecific morphological variability and interspecific similarity; this can lead to difficulty in the identification of females by using morphological keys, as is the case with *Anopheles nuneztovari*, considered a primary malaria vector in Colombia. In this study we compared the usefulness of five morphological keys for the identification of *A. nuneztovari* specimens collected in the locality of Puerto Anchica, Montelibano, Córdoba, Colombia. Three morphometric ratios were analyzed and morphological identification results were confirmed using the PCR-RFLP technique based on ITS2 sequences. The analysis of 41 females using the keys showed that *A. nuneztovari* specimens presented overlap with other species of the Oswaldoi Group, such as *A. rangeli*, *A. oswaldoi*, *A. evansae* and *A. benarrochi*. Molecular analysis confirmed that all of the specimens corresponded to *A. nuneztovari*. Because the use of morphological keys continue to be a strategy of choice for the identification of anophelines, the results suggest that in the case of problematic species, it is convenient to confirm identification using molecular methods developed with the support of the identification of immature stages.

Key words: Morphological identification. Molecular identification. Intraspecific variation. PCR-RFLP. Mosquitoes.

Introducción

La malaria continúa siendo un problema de salud pública en Colombia con un registro de 110.480 casos durante el año 2007 (INS 2007). Mosquitos hembra del género *Anopheles* Meigen, 1818 son los responsables de la transmisión del *Plasmodium* Laveran, 1880 causante de la enfermedad. En el país, se han registrado 43 especies de *Anopheles*, once de éstas pertenecen al subgénero *Nyssorhynchus* Blanchard, 1902 (Diptera: Culicidae), en el cual se incluyen las especies consideradas vectores primarios de malaria: *A. albimanus* Wiedemann, 1821, *A. darlingi* Root, 1926, *A. nuneztovari* (Gabaldón, 1940) (Olano *et al.* 2001). Este subgénero contiene especies crípticas y hermanas (Faran 1980), que al presentarse en simpatría, dificultan su identificación. En algunos casos, la identificación correcta puede lograrse mediante la

observación de todos los estadios de vida del mosquito o del análisis de los genitales de los machos, sin embargo, esto implica procedimientos más complejos y prolongados (Fritz *et al.* 2004) al punto que los caracteres externos pueden no ser suficientes para una adecuada identificación debido a la gran variabilidad fenotípica intraespecífica y similitud interespecífica (Fernández *et al.* 2004).

La correcta identificación de las especies anofelinas es esencial para lograr una mejor comprensión de la dinámica de transmisión de la malaria y para el desarrollo satisfactorio de los estudios de resistencia a insecticidas y de incriminación vectorial (Brochero y Quiñones 2008). La información obtenida permite el diseño, monitoreo y evaluación de medidas integradas y selectivas de control vectorial a nivel local y regional, como ha sido recomendado por la Organización Mundial de la Salud (Collins *et al.* 2000; WHO 2003). Los

¹ Grupo de Microbiología Molecular, Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53-108, 5-437. A.A. 1226, Medellín, Colombia.

² Est. de Doctorado en Ciencias Básicas Biomédicas. Universidad de Antioquia. giovan_fernando@yahoo.com.ar.

³ M.Sc. Universidad de Antioquia. vanessa.cienfuegos@gmail.com.

⁴ Ph.D. Universidad de Antioquia. liangutibui@gmail.com.

⁵ Ph.D. Griffin Laboratory, Wadsworth Center, New York State Department of Health, USA. jconn@wadsworth.org.

⁶ Ph.D. mcorrea@quimbaya.udea.edu.co. Autor para correspondencia.

métodos empleados actualmente para la identificación de las especies anofelinas incluyen estrategias de tipo morfológico (Sallum *et al.* 2002; Fajardo *et al.* 2008) y molecular (Fritz *et al.* 2004; Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008). El estudio de la quetotaxia de las larvas de cuarto instar y de los caracteres morfológicos de los genitales de los machos han sido los caracteres recomendados para la determinación de especies (Faran 1980; Flores-Mendoza *et al.* 2004), sin embargo, la estrategia usada frecuentemente en los estudios entomológicos de campo en Colombia es la identificación de las hembras anofelinas utilizando claves morfológicas (Quiñones *et al.* 1987; Pérez *et al.* 1999). En particular, para las hembras del subgénero *Nyssorhynchus*, Grupo Oswaldoi, tres relaciones morfométricas, entre otras características, han sido utilizadas a menudo para identificar las especies (Faran y Linthicum 1981; Suárez *et al.* 1988; Rubio-Palis 2000; González y Carrejo 2007; Fajardo *et al.* 2008). Estas tres relaciones comprenden: la longitud del área oscura del tarsómero II de la pata posterior / longitud total del tarsómero II (DS-TaIII₂/TaIII₂), la longitud de la mancha subcostal clara / la longitud de la mancha sectorial oscura distal (SCP/DSD) y la longitud de la mancha clara humeral / la longitud de la mancha prehumeral oscura (HP/PHD) (Wilkerson y Peyton 1990).

Aunque los caracteres morfológicos se utilizan comúnmente en la identificación de anofelinos, éstos pueden presentar serias limitaciones durante la identificación de especies similares o indistinguibles morfológicamente (Norris 2002). En los últimos años, el desarrollo de metodologías moleculares ha permitido la correcta identificación de especies problemáticas (Van Bortel *et al.* 2001; Alam *et al.* 2007; Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008). En particular, el análisis por PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism: Reacción en Cadena de la Polimerasa - Polimorfismo del Tamaño de los Fragmentos de Restricción) del espaciador interno transcrita 2 (ITS2) del ADN ribosomal ha sido una de las metodologías más utilizadas para la diferenciación de numerosas especies de *Anopheles*, especialmente para aquellas que presentan sobreapamiento en los caracteres de la hembra (Sallum *et al.* 2002; Garros *et al.* 2004; Li y Wilkerson 2005; Ruiz *et al.* 2005; Chen *et al.* 2006; Zapata *et al.* 2007; Matson *et al.* 2008). El análisis de secuencias ITS2 ha demostrado poseer una baja variabilidad intraespecie y mayor variabilidad interespecie, característica importante para lograr la correcta discriminación de las especies anofelinas (Marrelli *et al.* 2006; Zapata *et al.* 2007; Matson *et al.* 2008) y de otros insectos (Collins y Paskewitz 1996).

Anopheles (Nyssorhynchus) nuneztovari Gabaldón, 1940 es reconocido vector primario de malaria en Colombia (Olano *et al.* 2001; Gutiérrez *et al.* 2009) y ha sido incriminado en la transmisión de esta enfermedad en Perú (Hayes *et al.* 1987), Venezuela (Rubio-Palis 2000) y Brasil (Arruda *et al.* 1986; Tadei *et al.* 1998). Varios estudios han sugerido que esta especie es un complejo de especies hermanas y crípticas (Sallum *et al.* 2008), debido a la alta variabilidad morfológica intraespecífica observada en la hembra de *A. nuneztovari* (Hribar 1995; Fajardo *et al.* 2008), similitud interespecífica (Calle *et al.* 2008), diferencias ecológicas (Elliot 1972), variación fenotípica de los genitales masculinos (Hribar 1994) y diferencias genéticas entre poblaciones (Scarpassa *et al.* 1999; Mirabello y Conn 2008). Investigaciones realizadas con anofelinos de Colombia han dado cuenta de la posibili-

dad de una identificación errada de los especímenes *A. nuneztovari* debido al sobreapamiento morfológico con otras especies (Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008; Gutiérrez *et al.* 2008), por lo que en estas investigaciones se ha sugerido el uso de la prueba molecular PCR-RFLP-ITS2 para lograr una adecuada identificación de la especie.

Con el fin de determinar la utilidad de caracteres morfológicos específicos en la identificación de especímenes *A. nuneztovari* usando las claves disponibles, en el presente trabajo se analizaron los rangos de las tres relaciones morfométricas, HP/PHD, SCP/DSD, DS-TaIII₂/TaIII₂, en comparación con los rangos reportados por varios autores y se utilizó la técnica molecular PCR-RFLP-ITS2 para confirmar la identificación de los mosquitos *A. nuneztovari* recolectados en la localidad de Puerto Anchica, Montelibano, departamento de Córdoba, Colombia.

Materiales y Métodos

Área de estudio y recolección de mosquitos. Montelibano es el tercer municipio más extenso de Córdoba y tiene características de selva húmeda tropical, una temperatura promedio anual de 28°C y se encuentra ubicado a una altitud de 50 msnm (IGAC 2002). Reportes del IDEAM (2008) para los últimos cinco años, muestran que este municipio ha presentando una precipitación promedio anual de 2500 mm y humedad relativa del 78% en tiempo de sequía y de 81% en períodos de lluvia (mayo-septiembre). La malaria en este municipio constituye un problema grave de salud pública, para el año 2007 se presentó un IPA (Índice Parasitario Anual) de 101,9 y un registro durante el periodo 2001-2007 de 49.998 casos, lo cual representa el 20,4% del total de casos reportados en el departamento de Córdoba (Gobernación de Córdoba 2008).

Los mosquitos hembra se recolectaron entre julio y noviembre de 2007, mediante cebo humano, usando un aspirador bucal (WHO 2003). La recolección se realizó entre las 18:00-06:00 horas en el intra y peridomicilio, en el corregimiento de Puerto Anchica (PA) (7°52'42"N, 75°51'51"W), Montelibano, Córdoba (Fig. 1). El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Bioética del Centro de Investigaciones Médicas la Universidad de Antioquia (código CIM 0520 ADV).

Identificación morfológica. Se seleccionaron 41 mosquitos en buen estado y con un patrón de manchas del ala intacto para evaluarlos con respecto a las tres relaciones morfométricas (HP/PHD, SCP/DSD, DS-TaIII₂/TaIII₂) reportadas en las claves. Los mosquitos seleccionados se identificaron independientemente, utilizando cinco claves morfológicas: Faran y Linthicum (1981), Suárez *et al.* (1988), Delgado y Rubio-Palis (1993), Rubio-Palis (2000), González y Carrejo (2007). Adicionalmente, se evaluaron los rangos reportados por Calle *et al.* (2002) para estas tres relaciones morfométricas. Se realizó el montaje de las alas y una pata posterior de cada especimen como soporte de la identificación morfológica; el material restante se almacenó en etanol al 95%. Se utilizó un estereoscopio modelo BTB-3A (BOECO, Alemania) con ocular 20X con micrómetro (100 div= 10mm) y zoom 4,5X para medir la longitud de las siguientes manchas en la vena costa (Wilkerson y Peyton 1990): prehumeral oscura (PHD), humeral clara (HP), sectorial oscura distal (DSD), subcostal clara (SCP). Se midió la longitud total del tarsómero dos (TaIII₂) y de su mancha oscura (DS-TaIII₂). Las medidas se

realizaron por duplicado y los valores reportados corresponden a la Media de estas mediciones. Para cada especimen se establecieron las tres relaciones más importantes que ayudan en la diferenciación de las especies del Grupo Oswaldoi: HP/PHD, SCP/DSD y DS-TaIII₂/TaIII₂ (Fig. 2). Se realizó un análisis comparativo entre las relaciones para cada hembra y los rangos reportados en las claves morfológicas para determinar la especie.

Identificación molecular. Se realizó una PCR-RFLP de la región ITS2 para confirmar la asignación de especie de los mosquitos identificados previamente usando las diferentes claves morfológicas. La región ITS2 se amplificó a partir de una pata agregada directamente a la reacción de amplificación y se utilizaron los cebadores reportados por Beebe y Saul (1995) y las condiciones de PCR y RFLP descritas por Zapata *et al.* (2007) y Cienfuegos *et al.* (2008).

Análisis estadístico. Los datos de las relaciones morfométricas, la identificación morfológica y molecular para cada individuo fueron tabulados utilizando el programa Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete GraphPad (GraphPad Prism versión 4.00 para Windows, San Diego, CA, USA).

Resultados

La identificación morfológica de los 41 especímenes varió dependiendo de la clave utilizada; según algunas de éstas, entre los individuos evaluados se presentaban varias de las especies del Grupo Oswaldoi: *A. nuneztovari*, *A. rangeli* Gabaldón, Cova García & López, 1940, *A. oswaldoi* (Perryssú, 1922), *A. evansae* (Bréthes, 1926) y *A. benarrochi* Gabaldón, Cova & López, 1941 (Tabla 1). Sin embargo, la identificación usando el marcador molecular mediante la PCR-RFLP de la región ITS2, reveló que todos los especímenes correspondían a *A. nuneztovari* (Fig. 3).

Uno de los caracteres discriminatorios definido en las claves taxonómicas para *Anopheles* de la Sección Albimanus, es la relación en la pata posterior de la mancha oscura del segundo tarsómero, respecto a la longitud del segmento DS-

TaIII₂/TaIII₂. En los especímenes analizados se encontró un rango de 0,13-0,34 para esta relación, diferente a lo descrito por varios autores (Tabla 2); ninguno de estos rangos comprende los valores mínimo y máximo hallados en el presente estudio, excepto por el rango de 0,11-0,44 registrado por Delgado y Rubio-Palis (1993). Es importante resaltar que el valor más bajo encontrado para la relación DS-TaIII₂/TaIII₂ (0,13), es inferior a los valores reportados previamente (Tabla 2), lo que puede conducir a la identificación errónea de algunos mosquitos como *A. oswaldoi*, mientras que con la clave propuesta por Delgado y Rubio-Palis (1993), que reporta un límite inferior menor, si se logra una mejor aproximación a la identificación correcta de *A. nuneztovari* en esta localidad. Con respecto al límite superior, el valor establecido por Faran y Linthicum (1981) de 0,32, aunque próximo, es menor al encontrado de 0,34, lo cual también podría llevar a una identificación incorrecta del especímen.

Las manchas de la vena Costa del ala presentaron gran variabilidad. La relación HP/PHD varió entre 0,64-2,60, cuyo límite inferior es menor a lo señalado por Faran y Linthicum (1981), Suárez *et al.* (1988), Rubio-Palis (2000), Calle *et al.* (2002), y mayor a lo registrado en las claves de Delgado y Rubio-Palis (1993) y González y Carrejo (2007) (Tabla 2). Igualmente, la relación SCP/DSD presentó un rango de 0,28-0,68, evidenciando que el límite inferior es menor al reportado por Calle *et al.* (2002) de 0,36, pero cercano a lo reportado por los otros autores previamente citados. El 63% de los mosquitos analizados presentaron una relación SCP/DSD mayor a 0,49 y se confirmaron por PCR-RFLP-ITS2 como *A. nuneztovari*, pero se identificaron erróneamente como *A. rangeli* cuando se usaron como guías las claves de Suárez *et al.* (1988) y Rubio-Palis (2000), que establecen una relación SCP/DSD menor a 0,49 para *A. nuneztovari*.

En general, el análisis de las tres relaciones morfométricas para cada mosquito utilizando cada una de las claves, mostró sobreapamiento entre las relaciones morfométricas consideradas diagnósticas de especie en *A. nuneztovari*, con varias de las especies pertenecientes al Grupo Oswaldoi, y en todas las claves se encontraron casos donde no fue posible definir la identidad de algunos especímenes, presentándose el valor máximo de 73% con la clave de Rubio-Palis (2000) y el mínimo de 5% con la clave de Delgado y Rubio-Palis (1993) (Tabla 1); esto se debió a que no se encontró una correlación con los rangos propuestos en la literatura (Tabla 2). Los resultados mostraron que el porcentaje de individuos de *A. nuneztovari* identificados adecuadamente utilizando las claves morfológicas es variable dependiendo de los rangos de las relaciones morfométricas y características cualitativas definidas por el autor de cada clave; mientras que las claves de Delgado y Rubio-Palis (1993) y la de González y Carrejo (2007) permiten identificar adecuadamente un 78% y 63% de los individuos respectivamente, algunas claves como la de Suárez *et al.* (1988) señalan como *A. nuneztovari* sólo el 12%.

Discusión

La determinación de la distribución geográfica de las especies del subgénero *Nyssorhynchus* en el territorio Colombiano se ha basado principalmente en la identificación de la hembra utilizando las claves morfológicas, las cuales han sido diseñadas con especímenes recolectados en Centroamérica y otros países de Suramérica. Por este hecho, es importante la



Figura 1. Sitio de colección de los especímenes incluidos en el estudio: Puerto Anchica, Montelibano, Córdoba, Colombia.

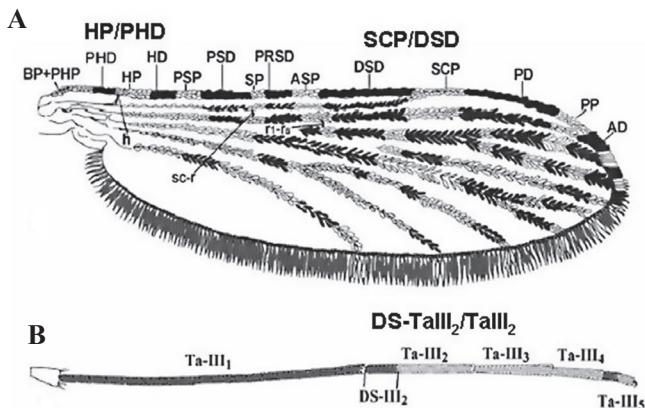


Figura 2. Relaciones morfométricas evaluadas en los especímenes. A. Relaciones del ala: HP/PHD, SCP/DSD. B. Relación de la pata posterior: DS-TaIII₂/TaIII₂. Modificado de Fajardo *et al.* (2008).

realización de trabajos como el presente, que evalúen las relaciones morfométricas consideradas diagnósticas de especies, sobre todo en aquellos anofelinos que como *A. nuneztovari*, presentan una alta variabilidad morfológica y sobrelapamiento con otras especies relacionadas filogenéticamente.

La alta variabilidad morfológica encontrada en especímenes *A. nuneztovari* de Puerto Anchica es similar a lo reportado en otras localidades de Antioquia (Calle *et al.* 2002), Córdoba (Fajardo *et al.* 2008), Venezuela (Delgado y Rubio-Palis 1992; Rubio-Palis 2000) y otras regiones de Latinoamérica (Faran y Linthicum 1981). Esta variabilidad intraespecífica y similitud interespecífica conlleva a los problemas de identificación reportados para esta especie.

El análisis comparativo de los especímenes de Puerto Anchica utilizando los patrones definidos por Fajardo *et al.* (2008) para mosquitos *A. nuneztovari* recolectados en Tierralta, municipio vecino a Montelibano (datos no mostrados), proporcionaron un panorama orientador de las variaciones que podrían estar presentes en los especímenes de Puerto Anchica. De acuerdo con ello, el 90% de los mosquitos corresponderían a *A. nuneztovari*, y el 10% restante posiblemente se identificarían erróneamente como otras especies del Grupo Oswaldoi. Fajardo *et al.* (2008) también definieron siete patrones morfológicos para la hembra de *A. nuneztovari*, basándose fundamentalmente en la presencia o ausencia de manchas claras y oscuras en la vena Costa del ala y con ellos establecieron los rangos para las tres relaciones en cada uno de los patrones descritos. Basados en la descripción de estos patrones, el 80% de los especímenes de Puerto Anchica identificados como *A. nuneztovari*, corresponderían al patrón I, que los autores definieron como el patrón estándar definido por Faran (1981) y Wilkerson y Peyton (1990), y el 20% restante corresponderían al patrón III, caracterizado por una mancha proximal de mayor tamaño que el patrón I, dado que corresponde a la fusión de las manchas Sectorial Clara (SP), Sectorial Oscura Proximal (PRSD) y el Sector Claro Accesorio (ASP); fusión que se denomina Sectorial Oscura Distal (DSD). Lo anterior, demuestra una vez más, la utilidad de la caracterización de las variaciones morfológicas para permitir una identificación más precisa.

La identificación de los especímenes usando caracteres morfológicos indicó la presencia de varias especies del Grupo Oswaldoi, sin embargo, el análisis molecular permitió la

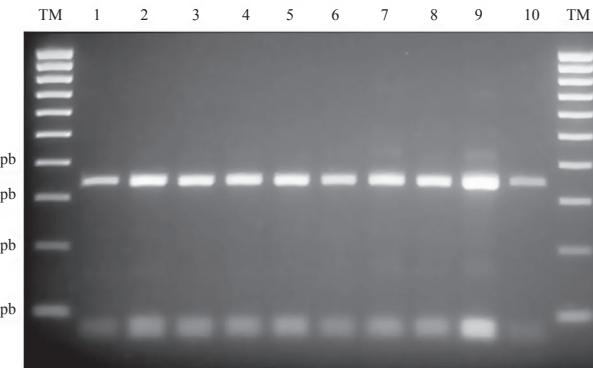


Figura 3. PCR-RFLP- ITS2 para la confirmación de la identidad de los especímenes a especie. Gel de agarosa al 2,5%. Carriles: TM: Marcador de tamaño molecular (pb: pares de bases), 1 y 10: control del patrón de *A. nuneztovari* proveniente de un clon de especímenes de isofamilia con respaldo de secuencia, 2-9: especímenes de Puerto Anchica.

confirmación de todos los especímenes como *A. nuneztovari*, así, los resultados concuerdan con los problemas de identificación reportados con frecuencia en la literatura. Ruiz *et al.* (2005), al confirmar con datos moleculares las identificaciones de especímenes designados como *A. evansae* en el departamento del Putumayo, determinaron la presencia de una nueva especie, denominada *A. benarrochi* B. También, Zapata *et al.* (2007) en la localidad de San Pedro de Urabá, Antioquia, utilizando una prueba molecular, lograron la asignación correcta a especie de especímenes que por claves taxonómicas se identificaban como *A. oswaldoi*, *A. rangeli*, y *A. strolei* Root, 1926, pero su patrón molecular correspondió a *A. nuneztovari*. Esto se presenta en parte porque *A. rangeli* y *A. nuneztovari* son especies hermanas con alta similitud morfológica en la hembra (Faran 1980), lo cual ha conducido a que frecuentemente especímenes de *A. nuneztovari* sean reportados como *A. rangeli*.

Calle *et al.* (2008) implementaron un análisis de morfometría geométrica para diferenciar especies del subgénero *Nyssorhynchus*, entre ellas a *A. nuneztovari*, sin embargo, concluyen que las hembras de *A. oswaldoi* y *A. benarrochi* B sólo pueden ser separadas usando una prueba molecular. Lo anterior, demuestra la pertinencia de conducir análisis moleculares para confirmar la identificación de especies con caracteres morfológicos altamente variables o con similitud morfológica; es posible incluso, que con el uso de estas técnicas en inventarios de especies anofelinas se pueda determinar especies del subgénero *Nyssorhynchus* aún no descritas en el país, como ya se ha demostrado (Ruiz *et al.* 2005). Por el contrario, también es posible descubrir que la diversidad de especies de *Anopheles* es menor a la reportada.

En general, para Colombia se conocen las áreas de distribución de *A. nuneztovari* (Olano *et al.* 2001), y en ellas se presentan diferencias ambientales y ecológicas, como la altitud, precipitación, humedad relativa, vegetación, entre otras (IGAC 2002). Estos factores influyen en la plasticidad fenotípica de los organismos (Anyanwu *et al.* 1997), lo que podría facilitar cambios en su fenotipo como ha sido documentado en los anofelinos (Whitman y Ananthakrishnan 2009; Dujardin *et al.* 2008; Jirakanjanakit *et al.* 2008; Leishnam *et al.* 2008). Caracteres morfométricos como los de alas, pueden evolucionar distintamente: tamaño, proporciones y posiblemente hasta la coloración sufren plasticidad dependiente del

Tabla 1. Identificación morfológica de los especímenes teniendo en cuenta los rangos de las tres relaciones morfométricas reportadas por diferentes autores (n= 41).

Autor	Especie	Porcentaje (%)
Delgado y Rubio-Palis (1993)	<i>A. nuneztovari*</i>	78
	<i>A. nuneztovari / A. rangeli</i>	15
	<i>A. nuneztovari / A. oswaldoi</i>	2
	NP	5
González y Carrejo (2007)	<i>A. nuneztovari</i>	63
	<i>A. nuneztovari / A. rangeli</i>	15
	<i>A. nuneztovari / A. oswaldoi</i>	10
	<i>A. oswaldoi</i>	2
	NP	10
Rubio-Palis (2000)	<i>A. nuneztovari</i>	27
	NP	73
Faran y Linthicum (1981)	<i>A. nuneztovari</i>	24
	<i>A. nuneztovari / A. rangeli</i>	20
	<i>A. rangeli</i>	24
	<i>A. oswaldoi</i>	5
	<i>A. evansae</i>	5
	NP	22
Suárez <i>et al.</i> (1988)	<i>A. nuneztovari</i>	12
	<i>A. oswaldoi</i>	15
	<i>A. rangeli</i>	44
	NP	29
Calle <i>et al.</i> (2002)	<i>A. benarrochi</i>	34
	<i>A. nuneztovari / A. benarrochi</i>	16
	<i>A. benarrochi / A. oswaldoi</i>	12
	<i>A. rangeli</i>	12
	<i>A. nuneztovari / A. rangeli</i>	10
	<i>A. rangeli / A. oswaldoi</i>	2
	<i>A. rangeli / A. benarrochi / A. oswaldoi</i>	2
	NP	12

NP: No fue posible determinar la especie siguiendo los parámetros descritos por los autores. * En negrita se indica la especie más frecuentemente identificada según cada clave.

microambiente; mientras que la forma (sin deformación alométrica), está ampliamente determinada por herencia genética cuantitativa (Dujardin *et al.* 2008). Al respecto, Le Sueur *et al.* (1992), encontraron que *A. merus* Donitz, 1902, una especie del complejo Gambiae, presentó variación alométrica entre las manchas claras y oscuras dependiendo de la temperatura.

Adicionalmente, es posible que la significancia evolutiva y taxonómica de los tamaños de las manchas en el ala no sean proporcionales a su conformación geométrica ya que estas estructuras son efecto directo del número de células y posiblemente tienen una determinación embriológica más controlada, mientras que las manchas son producto de la distribución de pigmentos (Edwards *et al.* 2007). Datos preliminares indican que en *A. nuneztovari* las coloraciones alares y tarsales varían entre generaciones próximas (Trujillo *et al.* 2005), lo cual sugiere que estas manchas no son caracteres muy confiables para la identificación de *A. nuneztovari*. Otro aspecto que puede influir, es el efecto de procesos microevolutivos,

según los cuales, el tamaño, la forma y quizás la coloración pueden cambiar en pocos años (Jirakanjanakit *et al.* 2008); por lo tanto, las claves morfológicas que fueron de utilidad años atrás, en la actualidad pueden ser no válidas.

Teniendo en cuenta que los vectores de malaria en Colombia, entre ellos *A. nuneztovari*, tienen una amplia distribución en regiones con diferentes condiciones climáticas y ambientales (Gutiérrez *et al.* 2009; Olano *et al.* 2001), el entendimiento de los factores que influyen la plasticidad fenotípica de mosquitos *Anopheles* sería de gran relevancia para establecer la utilidad y el valor predictivo que posee la caracterización de relaciones morfométricas para la identificación taxonómica de especies altamente relacionadas.

Conclusiones

Este trabajo, basado en el análisis de las relaciones morfométricas de especímenes de *A. nuneztovari* y de una estrategia de identificación molecular, permitió mostrar la alta varia-

Tabla 2. Comparación entre el rango obtenido para los especímenes *A. nuneztovari* de Puerto Anchica y los reportados para esta especie en la literatura.

Relación morfométrica	Puerto Anchica	Rangos reportados en la literatura					
		Faran y Linthicum (1981)	Suárez <i>et al.</i> (1988)	Delgado y Rubio-Palis (1993)	Rubio-Palis (2000)	Calle <i>et al.</i> (2002)	González y Carrejo (2007)
DS-TaIII2/TaII2	0,13-0,34	0,20-0,32	0,25-0,35	0,11-0,44	0,24-0,35	0,25-0,35	0,21-0,42
HP/PHD	0,64-2,60	0,70-1,70	0,70-1,70	0,60-4,50	0,70-4,50	1,20-2,30	0,44-4,00
SCP/DSD	0,28-0,68	0,20-0,55	≤0,49	0,30-0,73	≤0,49	0,36-0,71	0,21-0,71

ción morfológica que presenta esta especie en una localidad colombiana. Es importante realizar trabajos futuros usando herramientas como la morfometría geométrica y estrategias moleculares para analizar el grado de variabilidad morfológica y genética de los especímenes de *A. nuneztovari* a lo largo de su rango de distribución.

Los resultados sugieren que las claves morfológicas propuestas por Delgado y Rubio-Palis (1993) y González y Carrejo (2007) son las más convenientes para lograr la identificación correcta de los especímenes de *A. nuneztovari*. Así mismo, cuando se encuentren dentro de los ejemplares muestreados especímenes del Grupo Oswaldoi, se sugiere recurrir a las pautas reportadas por Fajardo *et al.* (2008). El problema que se ha presentado durante años, relacionado con la identificación de los miembros del subgénero *Nyssorhynchus* y en particular aquellos del Grupo Oswaldoi, podría reducirse con el desarrollo de estudios en los que se apliquen herramientas como la morfometría geométrica, la cual ha demostrado ser exacta y precisa en la asignación de especie, e inclusive se propone que a futuro se utilicen “claves métricas” y programas informáticos para facilitar su determinación. Igualmente, se plantea la implementación de herramientas moleculares debidamente estandarizadas que permitan confirmar la especie en casos problemáticos.

Agradecimientos

Agradecemos a J.J. González y M.I. Castro de la Unidad de Entomología, Laboratorio de Salud Pública, Secretaría de Salud Departamental, Córdoba, por la cooperación que hizo posible la recolección de especímenes. Este trabajo fue derivado de proyectos financiados por el Comité para el Desarrollo de la Investigación - CODI, Universidad de Antioquia (códigos 8700-1416 y 8700-039, a MMC). Se agradece al Programa Jóvenes Investigadores CODI-UdeA por el apoyo a GFGG.

Literatura citada

- ALAM, M. T.; DAS, M. K.; DEV, V.; ANSARI, M. A.; SHARMA, Y. D. 2007. Identification of two cryptic species in the *Anopheles (Cellia) annularis* complex using ribosomal DNA PCR-RFLP. Parasitology Research 100: 943-948.
- ANYANWU, G. I.; DAVIES, D. H.; MOLYNEUX, D. H.; PHILIPS, A. 1997. Variation in cuticular hydrocarbons among strains of *Anopheles (Cellia) stephensi* Liston possibly related to prior insecticide exposure. Annals of Tropical Medicine and Parasitology 91: 649-659.
- ARRUDA, M.; CARVALHO, M. B.; NUSSENZWEIG, R. S.; MARACIC, M.; FERREIRA A. W.; COCHRANE, A. H. 1986. Potential vectors of malaria and their different susceptibility to *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* in northern Brazil identified by immuno-assay. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 35: 873-881.
- BEEBE, N. W.; SAUL, A. 1995. Discrimination of all members of the *Anopheles punctulatus* complex by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 53: 478-481.
- BROCHERO, H.; QUIÑONES, M. L. 2008. Retos de la entomología médica para la vigilancia en salud pública en Colombia: reflexión para el caso de malaria. Biomédica 28 (1): 18-24.
- CALLE, D. A.; QUIÑONES, M. L.; ERAZO, H. F.; JARAMILLO, N. 2002. Morphometric discrimination of females of five species of *Anopheles* of the subgenus *Nyssorhynchus* from southern and northwest Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 97: 1191-1195.
- CALLE, D. A.; QUIÑONES, M. L.; ERAZO, H. F.; JARAMILLO, N. 2008. Discriminación por morfometría geométrica de once especies de *Anopheles (Nyssorhynchus)* presentes en Colombia. Biomédica 28: 371-385.
- CHEN, B.; BUTLIN, R. K.; PEDRO, P. M.; WANG, X. Z.; HARBACH, R. E. 2006. Molecular variation, systematics and distribution of the *Anopheles fluviatilis* complex in southern Asia. Medical and Veterinary Entomology 20 (1): 33-43.
- CIENFUEGOS, A.; CÓRDOBA, L.; GOMEZ, G.; LUCKHART, S.; CONN, J.; CORREA, M. 2008. Diseño y evaluación de metodologías basadas en PCR-RFLP de ITS2 para la identificación molecular de mosquitos *Anopheles* spp. (Diptera: Culicidae) de la Costa Pacífica de Colombia. Revista Biomédica 19 (1): 35-44.
- COLLINS, F. H.; PASKEWITZ, S. M. 1996. A review of the use of ribosomal DNA (rDNA) to differentiate among cryptic *Anopheles* species. Insect Molecular Biology 5 (1): 1-9.
- COLLINS, F. H.; KAMAU, L.; RANSON, H. A.; VULULE, J. M. 2000. Molecular entomology and prospects for malaria control. Bulletin of the World Health Organization 78 (12): 1412-1423.
- DELGADO, N.; RUBIO-PALIS, Y. 1992. Morphometric characterization of the malaria vector *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae) from western Venezuela. Mosquito Systematics 24: 231-241.
- DELGADO, N.; RUBIO-PALIS, Y. 1993. Identification of *Anopheles (Nyssorhynchus)* (Diptera:Culicidae) occurring in Western Venezuela. Mosquito Systematics 25 (3): 222-230.
- DUJARDIN, J. P. 2008. Morphometrics applied to medical entomology. Infection, Genetics and Evolution 8: 875-890.
- EDWARDS, K. A.; DOESCHER, L. T.; KANESHIRO, K. Y.; YAMAMOTO, D. 2007. A database of wing diversity in the Hawaiian *Drosophila*. PLoS One 2 (5): 487.
- ELLIOT, R. 1972. The influence of vector behavior on malaria transmission. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 21: 755-763.
- FAJARDO, M.; GONZÁLEZ, R.; FIDEL, M.; LÓPEZ, D.; WILKERSON, R.; SALLUM, M. A. 2008. Morphological analysis of three populations of *Anopheles (Nyssorhynchus) nuneztovari* Gabaldón (Diptera: Culicidae) from Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 103 (1): 85-92.
- FARAN, M. E. 1980. Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XXXIV. A revision of the Albimanus section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. Contributions of the American Entomological Institute 15: 1-214.

- FARAN, M. E.; LINTHICUM, K. J. 1981. A handbook of the Amazonian species of *Anopheles (Nyssorhynchus)* (Diptera: Culicidae). Mosquito Systematics 13: 1-81.
- FERNÁNDEZ, R.; SCHOELER, G.; STANCIL, J. 2004. Presencia de *Anopheles (Nyssorhynchus) benarrochi* en áreas de selva con transmisión malárica. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública 21 (4): 217-222.
- FLORES-MENDOZA, C.; PEYTON, E.; WILKERSON, R.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. 2004. *Anopheles (Nyssorhynchus) konderi* Galvão and Damasceno: neotype designation and resurrection from synonymy with *Anopheles (Nyssohynchus) oswaldoi* (Diptera: Culicidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 106: 118-132.
- FRITZ, G.; ENGMAN, S.; RODRIGUEZ, R.; WILKERSON, R. 2004. Identification of four vectors of human *Plasmodium* spp. by multiplex PCR: *Anopheles rangeli*, *An. strobdei*, *An. triannulatus*, and *An. trinkae* (Diptera: Culicidae: Nyssorhynchus). Journal of Medical Entomology 41: 1111-1115.
- GARROS, C.; KOEKEMOER, L. L.; KAMAU, L.; AWOLOLA, T. S.; VAN BORTEL, W.; COETZEE, M.; COOSEMANS, M.; MANGUIN, S. 2004. Restriction fragment length polymorphism method for the identification of major African and Asian malaria vectors within the *Anopheles funestus* and *An. minimus* groups. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 70 (3): 260-265.
- GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA. 2008. Situación epidemiológica del programa de enfermedades transmitidas por vectores. Secretaría de desarrollo de la salud, Montería, Córdoba, Colombia. 19 p.
- GONZÁLEZ, R.; CARREJO, N. 2007. Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* de Colombia: claves y notas de distribución. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 237 p.
- GUTIÉRREZ, L. A.; NARANJO, N.; JARAMILLO, L. M.; MUSKUS, C. M.; LUCKHART, S.; CONN J. E.; CORREA M. M. 2008. Natural infectivity of *Anopheles* species from the Pacific and Atlantic Regions of Colombia. Acta Tropica 107: 99-105.
- GUTIÉRREZ, L. A.; GONZÁLEZ, J. J.; CASTRO, M. I.; GÓMEZ, G. F.; ROSERO, D. A.; LUCKHART, S.; CONN, J. E.; CORREA, M. M. 2009. Species composition and natural infectivity of anthropophilic *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in states of Córdoba and Antioquia, Northwestern Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 104 (8): 1117-1124.
- HAYES, J.; CALDERON, G.; FALCON, R.; ZAMBRANO, V. 1987. Newly incriminated anopheline vectors of human malaria parasites in Junín Department, Peru. Journal of American Mosquito Control Association 33: 418-422.
- HRIBAR, L. J. 1994. Geographic variation of male genitalia of *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae). Mosquito Systematics 26: 132-144.
- HRIBAR, L. J. 1995. Costal wing spot variations within and among progeny of single female *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae). Mosquito Systematics 27: 1-10.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES (IDEAM). 2008. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>. Fecha última revisión: 1 octubre 2008.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2002. Atlas de Colombia. Bogotá. Diccionario geográfico de Colombia. Bogotá, Colombia. 342 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD -INS. SIVIGILA. 2007. Boletín Epidemiológico. Semana Epidemiológica 52. Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/vigilancia/nivel2.php?sección=34>. Fecha última revisión: 2 septiembre 2008.
- JIRAKANJANAKIT, N.; LEEMINGSAWAT, S.; DUJARDIN J. P. 2008. The geometry of the wing of *Aedes (Stegomyia) aegypti* in isofemale lines through successive generations. Infection, Genetics and Evolution 8: 414-421.
- LE SUEUR, D.; SHARP, B. L.; APPLETON, C. C. 1992. Dark-scaled areas on adult *Anopheles* mosquitoes are selectively affected by temperature-related size variation. Medical and Veterinary Entomology 6: 396-398.
- LEISNHAM, P. T.; SALA, L. M.; JULIANO, S. A. 2008. Geographic variation in adult survival and reproductive tactics of the mosquito *Aedes albopictus*. Journal of Medical Entomology 45 (2): 210-221.
- LI, C.; WILKERSON, R. C. 2005. Identification of *Anopheles (Nyssorhynchus) albitalis* complex species (Diptera: Culicidae) using rDNA ITS2-based PCR primers. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 100: 495-500.
- MARRELLI, M. T.; SALLUM, M. A.; MARINOTTI, O. 2006. The second internal transcribed spacer of nuclear ribosomal DNA as a tool for Latin American anopheline taxonomy: a critical review. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 101: 817-832.
- MATSON, R.; RIOS, C. T.; CHAVEZ, C. B.; GILMAN, R. H.; FLORIN, D.; SIFUENTES, V. L.; GREFFA, R. C.; YORI, P. P.; FERNANDEZ, R.; PORTOCARRERO, D. V.; VINETZ, J. M.; KOSEK, M. 2008. Improved molecular technique for the differentiation of neotropical anopheline species. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 78 (3): 492-498.
- MIRABELLO, L.; CONN, J. E. 2008. Population analysis using the nuclear white gene detects Pliocene/Pleistocene lineage divergence within *Anopheles nuneztovari* in South America. Medical and Veterinary Entomology 22: 109-119.
- NORRIS, D. E. 2002. Genetic markers for study of the anopheline vectors of human malaria. International Journal for Parasitology 32 (13): 1607-1615.
- OLANO, V.; BROCHERO, H.; SÁENZ, R.; QUIÑONES, M.; MOLINA, J. 2001. Mapas preliminares de la distribución de especies de *Anopheles* vectores de malaria en Colombia. Biomédica 21: 402-408.
- PÉREZ, L.; SUÁREZ, M.; MURCIA, L.; DE LA HOZ, F.; OLANO, V. A.; BROCHERO, H. 1999. La malaria en el Amazonas conocimientos, prácticas, prevalencia de parasitemia y evaluación entomológica en mayo de 1997. Biomédica 19: 93-102.
- QUIÑONES, M. L.; SUÁREZ, M. F.; FLEMING, G. A. 1987. Distribución y bionomía de los anophelinos en la Costa Pacífica de Colombia. Colombia Médica 16: 19-24.
- RUBIO-PALIS, Y. 2000. *Anopheles (Nyssorhynchus)* de Venezuela: taxonomía, bionomía, ecología e importancia médica. Escuela de Malariología y Saneamiento Ambiental "Doctor Arnaldo Galdón". Maracay, Venezuela. 118 p.
- RUIZ, F.; QUIÑONES, M. L.; ERAZO, H.; CALLE, D.; ALZATE, J.; LINTON, Y. M. 2005. Molecular differentiation of *Anopheles (Nyssorhynchus) benarrochi* and *An. (N.) oswaldoi* from Southern Colombia. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 100: 155-160.
- SALLUM, M. A.; BERGO, E. S.; FLORES, D. C.; FORATTINI, O. P. 2002. Systematic studies on *Anopheles galvaoi* Causey, Deane & Deane from the subgenus *Nyssorhynchus* blanchard (Diptera: Culicidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 97 (8): 1177-1189.
- SALLUM, M. A.; MARRELLI, M. T.; NAGAKI S. S.; LAPORTA G. Z.; DOS SANTOS, C. L. 2008. Insight into *Anopheles (Nyssorhynchus)* (Diptera: Culicidae) species from Brazil. Journal of Medical Entomology 45 (6): 970-981.
- SCARPASSA, V. M.; TADEI, W. P.; SUÁREZ, M. F. 1999. Population structure and genetic divergence in *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae) from Brazil and Colombia. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 60 (6): 1010-1018.
- SUÁREZ, M. F.; QUIÑONES, M. L.; ROBAYO, M. A. 1988. Clave para la determinación taxonómica de larvas y adultos hembras de los principales anofelinos de Colombia. Ministerio de Salud, Bogotá, Colombia. 49 p.
- TADEI W. P.; DUTARY, T. B.; SANTOS, J.; SCARPASSA, V.; RODRIGUES, I. B.; SILVA, R. M. 1998. Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 59 (2): 325-335.

- TRUJILLO, A.; AGUDELO, O.; MOLINA, P.; MORENO, M.; ZAPATA, M; LUCKHART, S.; CORREA, M. 2005. Análisis de PCR-RFLP del espaciador interno transcrita ITS1 y caracterización de las variaciones morfológicas de isofamilias de *Anopheles nuneztovari*, San Pedro de Urabá, 2004. Laboratorio Actual 38: 81.
- VAN BORTEL, W; HARBACH, R. E; TRUNG, H. D; ROELANTS, P; BACKELJAU, T; COOSEMANS, M. 2001. Confirmation of *Anopheles varuna* in Vietnam previously misidentified and mistargeted as the malaria vector *Anopheles minimus*. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 65: 729-732.
- WHITMAN, D. W.; ANANTHAKRISHNAN, T. N. 2009. Phenotypic plasticity of insects: mechanisms and consequences. Science Publishers, Enfield, NH, USA. 904 p.
- WILKERSON, R. C.; PEYTON, E. L. 1990. Standardized nomenclature for the costal wing spots of the genus *Anopheles* and other spotted-wing mosquitoes (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology 27: 207-224.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2003. Malaria entomology and vector control. Learner's guide. Geneva: WHO. 109 p.
- ZAPATA, M. A.; CIENFUEGOS, A. V.; QUIRÓS, O. I.; QUIÑONES, M. L.; LUCKHART, S.; CORREA, M. M. 2007. Discrimination of seven *Anopheles* species from San Pedro de Urabá, Antioquia, Colombia, by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis of ITS sequences. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 77 (1): 67-72.

Recibido: 18-may-2009 • Aceptado: 20-feb-2010

Redescripción de la quetotaxia del cuarto estadio larval de *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae)

Redescription of the chaetotaxy of the fourth instar larva of *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae)

DALMIRO CAZORLA¹, MILAGROS OVIEDO^{2,3} y MARÍA ALEJANDRA VÍVENES^{2,4}

Resumen: Se redescribe e ilustra la quetotaxia de las larvas del estadio IV de *Lutzomyia evansi* obtenidas en condiciones de laboratorio. Asimismo, se dan las medidas de las setas. El estudio morfológico comparativo sugiere que las larvas IV de *L. evansi*, como las demás de la serie verrucarum hasta ahora descritas, pueden colocarse en el Grupo cuatro de las especies flebotominas del Neotrópico que poseen antenas con segmento basal corto y el distal ovoide, lo que parecería apoyar la correcta agrupación propuesta basada en las características de sus imágos. Se discute la importancia de homogenizar la nomenclatura de la quetotaxia de los flebotominos y el empleo de un solo sistema quetotáxico para su descripción.

Palabras clave: Flebotominos. *Leishmania*. Morfología. Quetotaxia.

Abstract: The chaetotaxy of fourth instar larvae of *Lutzomyia evansi*, obtained from laboratory conditions, is redescribed and illustrated. Measurements of the setae are also provided. The comparative morphological study suggests that fourth instar larvae of *L. evansi*, as well as the other species of the verrucarum series, can be placed in Group 4 of the neotropical phlebotomine which posses antennae with a short basal segment and an ovoid distal segment, which seems to support the correct proposed groupings based on characters of the imagoes. The significance of the importance to standardize the nomenclature of sand fly chaetotaxy and use of a single chaetotaxy system for their description is discussed.

Key words: Sand flies. *Leishmania*. Morphology. Chaetotaxy.

Introducción

Un hecho que resalta en los estudios taxonómicos y sistemáticos de la subfamilia Phlebotominae (Diptera, Psychodidae), es el predominio de las estructuras imaginarias en la conformación de subgéneros y los grupos de especies. Esto ha determinado que se desconozca en gran medida la relevancia de los estadios pre-imaginarios en la taxonomía y sistemática de la subfamilia y que como bien lo señalan Bejarano *et al.* (2003), todavía no se disponga de claves taxonómicas para la identificación de los mismos. Probablemente esto se deba a la dificultad para detectar las larvas en sus nichos naturales y en menor medida a que su cría y mantenimiento en el laboratorio es laboriosa.

A esta problemática no escapa el grupo verrucarum del género *Lutzomyia* França, 1924. Este taxón comprende alrededor de 48 especies divididas en cuatro series, incluyendo verrucarum, townsendi, serrana y pia (Galati 1995, 2003; Bejarano *et al.* 2003). El grupo tiene un papel relevante en la salud pública, debido a que muchas especies son vectores comprobados o potenciales al ser humano de protozoarios del género *Leishmania*, la bacteria *Bartonella bacilliformes* y de los arbovirus del género *Phlebovirus*, agentes etiológicos de los diversos tipos de leishmaniosis, bartonelosis (enfermedad de Carrión) y la fiebre de los flebótomos (sandfly fever), respectivamente (Young y Duncan 1994; Bejarano *et al.* 2003; Acevedo y Arrivillaga 2008).

Lutzomyia evansi (Núñez-Tovar, 1924) es una especie de flebotomíneo perteneciente a la serie verrucarum del grupo verrucarum, que incluye además a *L. verrucarum* (Townsend, 1913), *L. colombiana* (Ristorcelli y Van Ty, 1941), *L. ovallesi* (Ortiz, 1952), *L. nuneztovari* (Ortiz, 1954), *L. nevesi* (Damasceno y Arouck, 1956), *L. andina* Osorno, Osorno y Morales, 1972, *L. disiuncta* Morales, Osorno y Osorno, 1974, *L. moralesi* Young, 1979, *L. aulari* Feliciangeli, Ordóñez y Manzanilla, 1984, *L. deorsa* Pérez, Oguusu, Monje y Young, 1991, *L. maranonensis* Galati, Cáceres y Le Pont, 1995, *L. cajamarcensis* Galati, Cáceres y Le Pont, 1995, *L. antioquiensis* (Wolff y Galati, 2002) y *L. falcaorum* (Brazil y Andrade Filho, 2002) (Bejarano *et al.* 2003). A *L. evansi* se le considera un vector comprobado de leishmaniosis visceral (LV), con una distribución neotropical que abarca Centroamérica (Nicaragua, El Salvador, Honduras, Costa Rica y México) y Suramérica (Colombia y Venezuela) (Travi *et al.* 1990; Young y Duncan 1994; Bejarano *et al.* 2003; Ibáñez-Bernal *et al.* 2004). En Venezuela se ha capturado en 14 de las 23 entidades federales del país en altitudes comprendidas entre los 100 y 1200 m y en una amplia variedad de zonas de vida bioclimáticas (Feliciangeli 1988).

Cuando se hace un análisis detallado de las relativamente pocas descripciones de las larvas de Phlebotominae, y particularmente en el grupo verrucarum, llama la atención que la morfometría de las setas es aun más escasa. Esto ha limitado la cuantificación, mediante técnicas numéricas multivarian-

¹ Dr. en Ciencias Biológicas, Laboratorio de Entomología, Parasitología y Medicina Tropical (L.E.P.A.M.E.T.), Centro de Investigaciones Biomédicas (C.I.B.), Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda” (UNEFM), Apdo. 7403, Coro 4101, Estado Falcón, Venezuela. *lutzomyia@hotmail.com*. Autor para correspondencia.

² Laboratorio de Biología de Lutzomyia del Insectario “Pablo Anduve”, Instituto Experimental “J. W. Torrealba”, Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Universidad de Los Andes, Trujillo, Estado Trujillo, Venezuela.

³ Dr. en Entomología, *longipalpis@cantv.net*.

⁴ M. Sc. en Protozoología, *vivenes95@hotmail.com*.

tes (e.g., análisis de componentes principales o análisis de agrupamiento), de la similitud morfológica entre los grupos o subgéneros de flebotominos, toda vez que la morfometría de caracteres de imagos ha resultado exitosa para resolver problemas taxonómicos en este taxón (Bejarano *et al.* 2003).

Hasta el presente, de las 48 especies que integran al grupo verrucarum sólo se ha descrito la quetotaxia de cinco especies, incluyendo a *L. serrana*, *L. youngi*, *L. ovallesi*, *L. verrucarum* y *L. evansi*, lo que equivale al 10,42% del grupo (Bejarano *et al.* 2003; Galati 2003). Sin embargo, la descripción de las larvas de estadio IV de *L. evansi* hecha por Montoya-Lerma (1996) a partir de hembras capturadas en Colombia, posee la limitación de que no se detectaron o detallaron, o no se ilustraron, setas u otras estructuras anatómicas cuya importancia en la taxonomía del grupo aún falta por dilucidar en su real dimensión.

En virtud de lo planteado, en el presente trabajo se redscribe e ilustra la morfología y quetotaxia de larvas del estadio IV de *L. evansi*, obtenidas a partir de la colonización y cría de hembras capturadas en la región andino-venezolana. Así mismo, se dan las medidas de las setas con las que se espera en futuros trabajos cuantificar las diferencias y afinidades morfológicas y taxonómicas interespecíficas e intraespecíficas en la quetotaxia del grupo, mediante la implementación de técnicas estadísticas de análisis multivariante.

Materiales y Métodos

Las hembras paridas de *L. evansi* se capturaron utilizando el método de la trampa lumínica de Shannon, en la población “Montañas de Peraza” ($9^{\circ}27'55''N$, $70^{\circ}31'33.3''W$), ubicada a 403 m en el Municipio Pampán del estado Trujillo, región andino-venezolana. La región posee una zona de vida bioclimática correspondiente al Monte Seco Tropical, con cultivos extensivos de piña y es un área endémica para leishmaniosis tegumentaria (LT) y visceral (LV) (Ewell *et al.* 1976; Oviedo *et al.* 1999).

Las larvas de estadio IV se obtuvieron mediante técnica de colonización y cultivo propuesta por Añez y Oviedo (1985). Las larvas se sacrificaron con vapores de cloroformo, se clarificaron en solución de Nesbitt durante 12 – 24 horas y se montaron en líquido de Berlesse. La quetotaxia se describió según nomenclatura y sistema de numeración empleados por Forattini (1973), sistema mejorado por dicho autor a partir de las propuestas nomenclaturales de Barreto (1941) y de Hanson (1968). El sistema de Forattini (1973) es muy sólido pues se basa en un amplio rango de larvas IV de especies flebotominas del Neotrópico a diferencia de otros propuestos como el de Ward (1976) que se creó exclusivamente para los subgéneros *Nyssomyia* y *Psychodopygus*, o el de Leite y Williams (1996, 1997) para larvas de *L. longipalpis*.

Los detalles de cada seta se identificaron a 400 X con microscopio fotónico Axiostar Plus (Carl Zeiss). Las estimaciones morfométricas se hicieron con un micrómetro ocular previamente calibrado, dibujándose las estructuras morfológicas con una cámara lúcida. Las medidas, todas expresadas en micras (μm), se presentan incluyendo la media aritmética y el intervalo de las mismas en paréntesis.

Resultados y Discusión

Descripción de la quetotaxia larval de *L. evansi*. La descripción se basa en el examen de 18 larvas IV obtenidas de

distintas hembras. El material entomológico se encuentra almacenado en la colección de Entomología Médica del Laboratorio de Entomología, Parasitología y Medicina Tropical (L.E.P.A.M.E.T.) del Centro de Investigaciones Biomédicas (C.I.B.), Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda” (UNEFM), Coro, Estado Falcón, Venezuela.

Longitud promedio del cuerpo, desde el margen anterior de la cápsula céfálica hasta el margen posterior del peine del noveno segmento abdominal 2855,6 μm (rango 2240-3320).

Cabeza: (Fig. 1). Ovoidal. Longitud: 328,2 μm (312,5-347,5); ancho: 210,8 μm (190,0-245,0).

Piezas bucales: Setas 1 (epifaringe) y 2 (labro) dorsales, espiniformes. Adicionalmente, en la región dorsal de las maxillas se exhiben las setas espiniformes a y b, que no se indican en el sistema de numeración propuesto por Forattini (1973). Seta c ventral (maxilas), la cual tampoco se incluye en el sistema de Forattini (1973).

Setas 3 - 8 dorsales: Setas 3 y 8 filiformes, teniendo 3 y 8 con base ancha. Las setas 4, 5, 6 y 7 plumosas, insertadas sobre tubérculos.

Setas 9 - 12 ventrales: Espiniformes, con base ensanchada. Antena relativamente corta, 41,4 μm (32,5-45,0) de longitud, insertada sobre tubérculo, 18,2 μm (12,5-22,5) de largo. El primer segmento antenal corto: 7,5 μm (5,0-10,0), y el segundo de mayor longitud: 33,9 μm (27,5-35,0), de contorno elíptico, con surco a lo largo de la línea media, con apéndice apical espiniforme de 2,5 μm de largo.

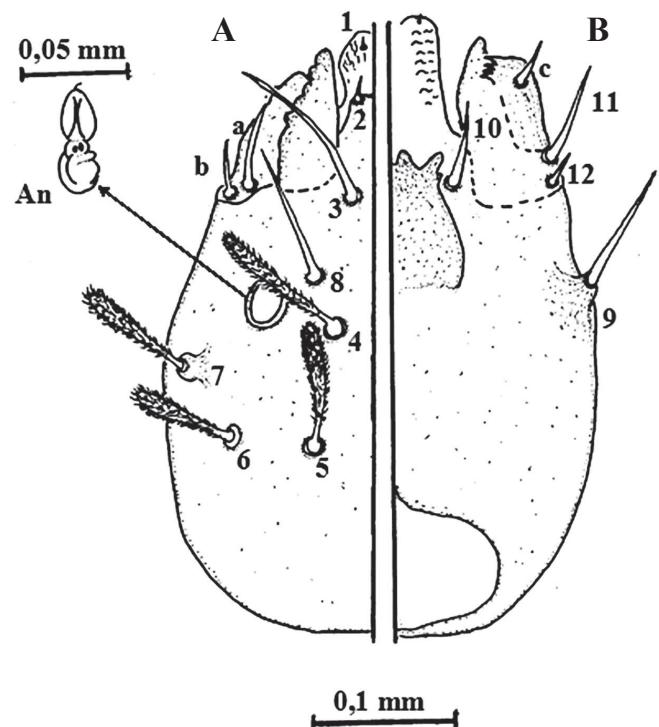


Figura 1. Quetotaxia de la región céfálica dorsal (A) y ventral (B) de larvas del estadio IV de *Lutzomyia evansi*. An=antena. Las setas a, b y c, no aparecen descritas en el sistema de numeración de Forattini (1973).

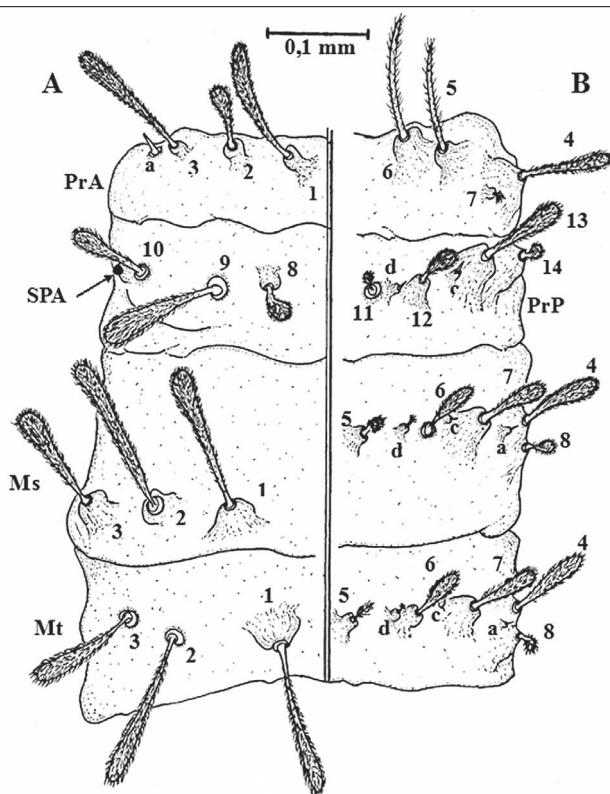


Figura 2. Quetotaxia de los segmentos torácicos dorsales (A) y ventrales (B) de larvas del estadio IV de *Lutzomyia evansi*. PrA= protórax anterior; PrP= protórax posterior; Ms= mesotórax; Mt= metatórax; SPA= espiráculos anteriores.

Tórax: (Fig. 2).

Protórax anterior: Setas 1, 2, 3 y a dorsales, insertadas sobre tubérculos; 1 - 3 plumosas; seta accesoria a espiniforme. Seta 4 en posición ventro-lateral; setas 5, 6 y 7 ventrales; todas exhiben forma plumosa y se encuentran insertadas sobre tubérculos, teniendo 5, 6 y 7 escasa pilosidad.

Protórax posterior: región dorsal presenta tres setas (8, 9,10) plumosas e insertadas sobre tubérculos. Región ventral tiene setas 11, 12, 13 y 14 plumosas, c y d espiniformes; todas se encuentran insertadas sobre tubérculos.

Mesotórax y metatórax: ambos segmentos presentan disposición de setas de manera similar. Exceptuando las setas a y c que son espiniformes, las restantes tienen forma plumosa. Todas las setas se encuentran insertadas sobre tubérculos. Setas 1, 2 y 3 dorsales; setas 4, 5, 6, 7, 8, a, c y d ventrales, teniendo la 4 posición lateral.

Abdomen: (Figs. 3 - 4).

Segmentos abdominales 1 - 7: Setas 1, 2, 3 y 01 dorsales, plumosas e insertadas sobre tubérculos, pero en los segmentos 3-7 la seta 1 es más corta. Región ventral posee seta 4 lateral, con forma plumosa; setas 8, 9, 02 y b espiniformes. Todas se encuentran insertadas sobre tubérculos.

Segmento abdominal 8: En la región dorsal las larvas exhiben área ligeramente pigmentada (placa tergal), con setas 1, 2

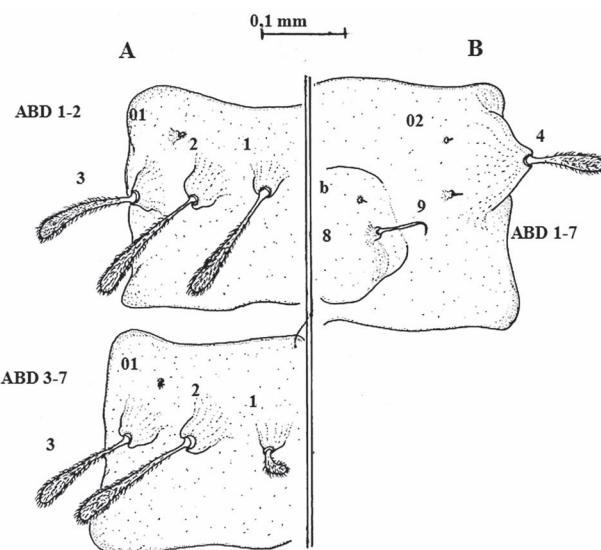


Figura 3. Quetotaxia de los segmentos dorsales (A) y ventrales (B) abdominales de larvas del estadio IV de *Lutzomyia evansi*. ABD= segmentos abdominales 1, 2, 3 y 7.

y 3 plumosas; a espiniforme, y 3 en posición lateral. Todas las setas insertadas sobre tubérculos. Setas 4, 5, 6, 7 y b ventrales e insertadas sobre tubérculos. 6 y b espiniformes, restantes plumosas con escasa pilosidad.

Segmento abdominal 9: La región dorsal exhibe placa tergal intensamente pigmentada, con borde posterior presentando peine con 15 - 17 dientes. Setas 1 y 3 plumosas e insertadas sobre tubérculos. Setas caudales de igual longitud: 1176,7 μm (1000-1260). Setas 4, 5, 6, 7 y 8 ventrales, espiniformes, con base ancha.

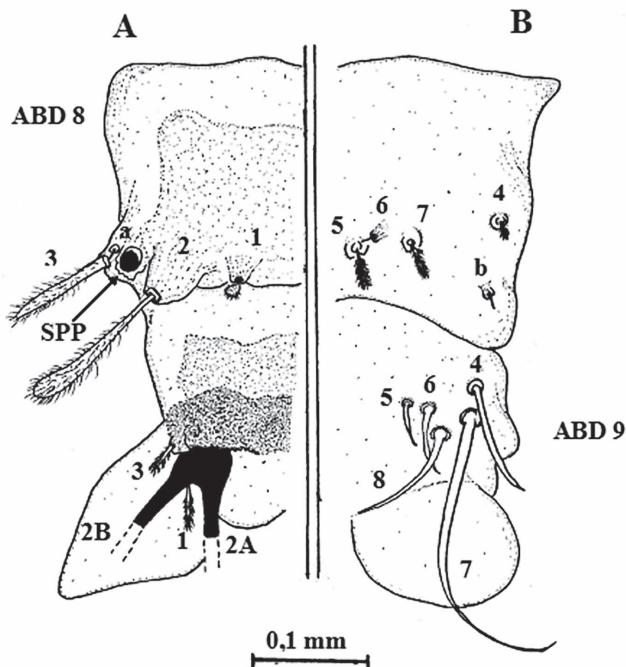


Figura 4. Quetotaxia de los segmentos abdominales 8 y 9 dorsales (A) y ventrales (B), de larvas del estadio IV de *Lutzomyia evansi*. ABD 8= segmento abdominal 8; ABD 9= segmento abdominal 9; 2A y 2B= setas caudales; SPP= espiráculos posteriores.

En la Tabla 1 se presentan las medidas (μm) con media aritmética y rangos de las setas descritas.

De las cinco especies flebotominas del grupo verrucarum a las cuales se les ha descrito la quetotaxia, tres pertenecen a la serie verrucarum, incluyendo *L. ovallesi*, *L. evansi* y *L. verrucarum*; sin embargo, se debe decir que a esta última especie flebotomina sólo se le han descrito las setas cefálicas (Forattini 1973; Ogasuku y Pérez 1995; Bejarano *et al.* 2003).

Como ya se mencionó, Montoya-Lerma (1996) describió la quetotaxia de los estadios inmaduros de *L. evansi*, incluyendo las larvas de IV estadio, que fueron descritas a partir de tres especímenes. Cuando se analiza la descripción de la región cefálica en dicho trabajo, se destaca en primer lugar que no se describe ni se ilustra la forma de las antenas y además se indica, contrariamente a lo observado en el presente trabajo, que el “segmento proximal es ligeramente más largo que el

Tabla 1. Medias e intervalos (μm) de las longitudes de setas del IV estadio larval de *Lutzomyia evansi* (N= 18).

Seta	Cabeza	Protórax	Mesotórax	Metatórax	Segmentos		Abdominales		
					1-7*	1-2**	3-7**	8	9
1	6,7 (5-10)	90,1 (80-105)	107,1 (97,5-117,5)	107,1 (95-130)	—	117,5 (102,5-132,5)	32,5 (5-45)	11 (7,5-15)	36,7 (32,5-45)
2	15,7 (12,5-20)	42,5 (30-50)	117,9 (105-135)	125,4 (110-139,5)	—	125,8 (117,5-139,5)	134 (112,5-147,5)	116 (105-130)	—
3	95,7 (87,5-102,5)	93,2 (85-100)	82,5 (77,5-95)	93,9 (77,5-125)	—	94,9 (75-112,5)	110,1 (97,5-125)	86 (77,5-100)	24,7 (20-27,5)
4	73,3 (62,5-95)	79 (70-87,5)	63,9 (47,5-72,5)	64,3 (57,5-75)	66,3 (55-75)	—	—	11,9 (7,5-15)	61,9 (57,5-65)
5	71,4 (62,5-87,5)	79 (72,5-87,2)	16,9 (10-22,5)	17,9 (10-22,5)	—	—	—	30,3 (25-35)	23,3 (20-30)
6	69,2 (52,5-80)	82,8 (72,5-92,5)	43,2 (37,5-50)	45,1 (37,5-62,5)	—	—	—	7,2 (2,5-12,5)	33,3 (20-42,5)
7	68,5 (55-77,5)	5,4 (2,5-10)	48,6 (42,5-55)	48,8 (42,5-52,5)	—	—	—	27,9 (20-32,5)	184,9 (162,5-212,5)
8	83,9 (67,5-90)	32,2 (20-45)	16,1 (10-22,5)	16,1 (7,5-17,5)	37,9 (30-47,5)	—	—	—	74,2 (67,5-82,5)
9	69,9 (65-75)	100,7 (87,5-115)	—	—	5,6 (2,5-7,5)	—	—	—	—
10	42,9 (30-60)	69,7 (55-77,5)	—	—	—	—	—	—	—
11	49,6 (40-60)	18,8 (10-22,5)	—	—	—	—	—	—	—
12	14 (12,5-20)	36,3 (30-45)	—	—	—	—	—	—	—
13	— —	60,3 (50-75)	—	—	—	—	—	—	—
14	— —	21,7 (12,5-27,5)	—	—	—	—	—	—	—
a	43,9+ (33,5-62,5)	12,1 (7,5-15)	4,4 (2,5-5)	3,3 (2,5-5)	—	—	—	3,2 (2,5-5)	—
b	25,4+ (24,5-27,5)	— —	— —	— —	3,1 (2,5-5)	—	—	6,7 (2,5-10)	—
c	19,7+ (14,5-21)	6,8 (5-10)	5,4 (5-7,5)	5,2 (5-7,2)	—	—	—	—	—
d	— —	5,7 (2,5-10)	5,3 (2,5-7,5)	7,5 (2,5-10)	—	—	—	—	—
01	— —	— —	— —	— —	—	5,4 (2,5-7,5)	5,3 (2,5-7,5)	—	—
02	— —	— —	— —	— —	3,2 (2,5-5)	—	—	—	—

(-): seta ausente, * = corresponde a las setas ventrales, que son similares en los segmentos abdominales 1 y 7, **= En la región abdominal dorsal, la seta 1 de los segmentos 3-7 es de menor longitud que la de los segmentos 1-2, + =setas de la región cefálica que no aparecen descritas en el sistema de numeración de Forattini (1973).

distal”, aunque no se ofrecen las medidas. En segundo lugar, no se describieron ni ilustraron las setas 1 y 2, así como tampoco las señaladas en el presente trabajo como a, b y c, y que tampoco aparecen señaladas en los sistemas de numeración de quetotaxia larval hasta ahora conocidos. Para Arrivillaga *et al.* (1999) estas setas forman parte de la región bucal y no deberían utilizarse para la quetotaxia de las larvas IV de *Lutzomyia*, por lo que en dicho trabajo, basado en el estudio de cinco especies flebotominas que incluían a *L. evansi*, propusieron un nuevo sistema de nomenclatura, aunque sólo para la cápsulacefálica. En relación con las regiones torácicas y abdominales, Montoya-Lerma (1996) tampoco describió ni ilustró las setas: a, c, d y 7 (protórax); a, c, d y 8 (mesotórax); a, c, d y 8 (metatórax); 01, 02 y b (segmentos abdominales 1-7), y 6 y b (segmento abdominal 8).

De acuerdo con los criterios de Leite y Williams (1996), las larvas del estadio IV de los flebotominos neotropicales se pueden agrupar en cuatro categorías, tomándose como principal criterio la morfología de sus antenas. De acuerdo con este sistema las larvas del estadio IV de *L. evansi* se ubicarían en el grupo cuatro, por presentar un tubérculo antenal anular, un segmento basal corto y el distal ovoide (Leite y Williams 1996). Similar ubicación tendrían *L. ovallesi* y *L. verrucarum*, de acuerdo con las descripciones dadas por Hanson (1968) y Ogusuku y Pérez (1995), lo que apoyaría la ubicación de *L. evansi* y sus congéneres en la serie verrucarum según datos moleculares (Bejarano *et al.* 2003).

A la luz de lo comentado, pensamos que no debería subestimarse la importancia de las setas o de cualquier otro carácter anatómico (*e.g.*, sensillas, espiráculos), hasta no tener un número significativo de descripciones que permitan hacer comparaciones para así llegar a conclusiones o aseveraciones más acertadas. En este sentido, son ilustrativos los estudios hechos por Leite y Williams (1996, 1997) en larvas I y IV de *L. longipalpis*. En efecto, estos autores detectaron mediante alta resolución por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) setas, sensillas y hasta tubérculos parecidos a espiráculos en el tegumento de las larvas, algunas de las cuales aún no se conoce su significado taxonómico y sistemático y otras que pueden ser distintivas a nivel específico y genérico en Phlebotominae.

Debido a la detección de estas estructuras mediante MEB hasta ahora no reveladas en los sistemas quetotáxicos comúnmente implementados, Leite y Williams (1996, 1997) debieron adaptar y modificar el sistema de numeración propuesto por Barreto (1941) para resolver las necesidades del momento, tal como han hecho otros autores para otros grupos de flebotominos, *e.g.*, Ward (1976) para *Nyssomyia* y *Psychodopygus*. Por lo tanto, como han venido insistiendo los autores del presente trabajo desde hace más de dos quinquenios (Cazorla y Oviedo 1998), es conveniente modificar y homogenizar los sistemas de numeración hasta ahora propuestos para la setación de Phlebotominae, lo cual se logrará cuando se realicen una cantidad apreciable de nuevas descripciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal técnico del Laboratorio de Biología de *Lutzomyia* del Insectario “Pablo Anduze”, Instituto Experimental “José Witremundo Torrealba”, Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Universidad de Los Andes, Trujillo, estado Trujillo, Venezuela, por su colaboración en las capturas de campo y la cría de los flebotominos.

Literatura citada

- ACEVEDO, M. A.; ARRIVILLAGA, J. 2008. Eco-Epidemiología de fleboviruses (Bunyaviridae, *Phlebovirus*) transmitidos por flebotomos (Psychodidae, Phlebotominae). Boletín de Malariología y Salud Ambiental 48 (1): 3-16.
- ANEZ, N.; OVIEDO, M. 1985. Two new larval diets for rearing sandflies in the laboratory. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 79 (5): 739-740.
- ARRIVILLAGA, J.; NAVARRO, J.; FELICIANGELI, M. D. 1999. Morfología y quetotaxia del tagma cefálico larval de *Lutzomyia França*, 1924 (Diptera: Psychodidae): Proposición de un sistema de nomenclatura. Boletín de Entomología Venezolano 14 (1): 1-13.
- BARRETO, M. P. 1941. Morfología dos ovos, larvas e pupas de algunos flebotomos de São Paulo. Annales da Faculdade do Medicina da Universidade do São Paulo 117 (2): 356-427.
- BEJARANO, E. E.; ROJAS, W.; URIBE, S.; VÉLEZ, I. 2003. Sistemática de especies de *Lutzomyia* del grupo *verrucarum* Theodor, 1965 (Diptera: Psychodidae). Biomédica 23 (1): 87-102.
- CAZORLA, D.; OVIEDO, M. 1998. Quetotaxia del IV estadio larval de *Lutzomyia youngi* Feliciangeli & Murillo, 1987 (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental 38 (2): 109-118.
- EWEL, J.; MADRIZ, A.; TOSI, JR. J. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 4^a Ed. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela. 270 p.
- FELICIANGELI, M. D. 1988. La fauna flebotómica (Diptera: Psychodidae) en Venezuela: I.- Taxonomía y distribución geográfica. Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental 28 (3-4): 99-113.
- FORATTINI, O. P. 1973. Entomología médica. IV.- Psychodidae. Phlebotominae. Leishmanioses. Bartonelose. Ed. Edgar Blucher, São Paulo, Brasil. 658 p.
- GALATI, E. A. B. 1995. Phylogenetic systematics of Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) with emphasis on American groups. Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental 35 (Supl. 1): 133-142.
- GALATI, E. A. B. 2003. Morfologia, terminología de adultos e identificação dos táxons da América. pp. 53-175. En: Rangel, E. F.; Lainson, R. (Eds.). Flebotomíneos do Brasil. Editora Fiocruz, Rio do Janeiro, Brasil. 368 p.
- HANSON, W. J. 1968. The immature stages of the subfamily Phlebotominae in Panama (Diptera, Psychodidae). Ph. D. Thesis, University of Kansas, Kansas, Estados Unidos de América. 104 p.
- IBÁÑEZ-BERNAL, S.; RODRÍGUEZ, G.; GÓMEZ, C.; RICARDEZ, J. 2004. First record of *Lutzomyia evansi* (Nuñez-Tovar, 1924) in Mexico (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 99 (2): 127-129.
- LEITE, A. C. R.; WILLIAMS, P. 1996. Description of the fourth instar larva of *Lutzomyia longipalpis*, under Scanning Electron Microscopy. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 91 (5): 571-578.
- LEITE, A. C. R.; WILLIAMS, P. 1997. The first instar larva of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Phlebotomidae). Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 92 (2): 197-203.
- MONTOYA-LERMA, J. 1996. The Biology of Visceral Leishmaniasis Vectors in the San Andrés de Sotavento Focus, Colombia. Ph.D. Thesis, University of London, Londres, Inglaterra. 184 p.
- OGUSUKU, E.; PÉREZ, J. E. 1995. Head setae of the immature stages of *Lutzomyia* spp. (Diptera: Psychodidae) from Peru. Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental 35 (Suppl.1): 257-268.
- OVIEDO, M.; GONZÁLEZ, A.; BARAZARTE, R.; VÍENES M. A. 1999. Population dynamics of *Lutzomyia evansi* from a visceral & cutaneous leishmaniasis. Journal of the American Mosquito Control Association 15 (3): 414.

TRAVI, B.; VÉLEZ, I.; BRUTUS, L.; SEGURA, I.; JARAMILLO, C.; MONTOYA, J. 1990. *Lutzomyia evansi*, an alternate vector of *Leishmania chagasi* in a Colombian focus of visceral leishmaniasis. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 84 (5): 676-677.

WARD, R.D. 1976. The immature stages of some phlebotomine sandflies from Brazil (Diptera: Psychodidae). Systematic Entomology 1 (3): 227-240.

YOUNG, D. G.; DUNCAN, M. A. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Memories of the American Entomological Institute, Number 54. Associated Publishers, Gainesville, Florida, USA. 881 p.

Recibido: 24-may-2009 • Aceptado: 27-feb-2010

Nota científica

Flebotominos de las zonas endémicas de leishmaniasis cutánea americana en Paraty, Rio de Janeiro, Brasil

Sand flies of the endemic areas of American cutaneous leishmaniasis in Paraty, Rio de Janeiro, Brazil

FLÁVIO FERNANDO B. MOUTINHO¹, MARCOS BARBOSA DE SOUZA² y RAIMUNDO WILSON DE CARVALHO³

Resumen: El municipio de Paraty presenta altas tasas de incidencia de Leishmaniasis Cutánea (LC), con un promedio anual de 43.2 casos desde 1985. El municipio presenta gran importancia en la actividad turística por su patrimonio histórico y por sus características paisajísticas. Anualmente recibe miles de turistas internacionales y nacionales. Estudios relacionados con los flebotominos se llevaron a cabo en siete localidades con informes de casos humanos o caninos de LC, con el fin de proporcionar nueva información para ayudar a la prevención de LC. Se recolectaron un total de 3,831 especímenes pertenecientes a siete especies: *Nyssomyia intermedia*, *Migonemyia migonei*, *Micropygomyia schreiberi*, *Pintomyia fischeri*, *Evandromyia tupynambai*, *Lutzomyia longipalpis* y *Exapillata firmatoi*. La especie *N. intermedia* ha sido predominante, seguida por *M. migonei* y *L. longipalpis*. El pico más alto de actividad de los flebotominos en Ponta da Romana se produjo entre los rangos de 18 a 19 h y 01 a 02 h. En la localidad de Pouso de Cajaiba, los picos se registraron entre 19 a 20 h y 01 a 02 h. Se sugiere que las especies *N. intermedia* y *M. migonei* están transmitiendo la leishmaniasis cutánea americana en áreas endémicas de Paraty, Rio de Janeiro, Brasil.

Palabras clave: Phlebotominae. *Lutzomyia*. *Nyssomyia intermedia*. *Migonemyia migonei*

Abstract: The municipality of Paraty has a high incidence of American Cutaneous Leishmaniasis (ACL), with an annual mean of 43.2 cases since 1985. The municipality is of great importance for tourism activities given its historic importance and landscape characteristics. It receives thousands of international and national tourists annually. Studies on the sand fly fauna were carried out in seven localities with reports of human or canine cases of ACL, in order to provide new information to help prevent ACL. A total of 3,831 specimens were collected belonging to seven species: *Nyssomyia intermedia*, *Migonemyia migonei*, *Micropygomyia schreiberi*, *Pintomyia fischeri*, *Evandromyia tupynambai*, *Lutzomyia longipalpis*, and *Exapillata firmatoi*. The species *N. intermedia* was predominant, followed by *M. migonei* and *L. longipalpis*. The major peak of sand fly densities in Ponta da Romanã occurred between the ranges of 18 to 19 h and 01 to 02 h. En the locality of Pouso da Cajaiba, the peaks occurred between 19 to 20 h and 01 to 02 h. We suggest that the species *N. intermedia* and *M. migonei* are transmitting American cutaneous leishmaniasis in the endemic areas of Paraty, Rio de Janeiro, Brazil.

Key words: Phlebotominae. *Lutzomyia*. *Nyssomyia intermedia*. *Migonemyia migonei*

Introducción

La Leishmaniasis Cutánea (LC) presenta amplia distribución en el territorio brasileño, siendo considerada por la Organización Mundial de la Salud como una enfermedad de alta incidencia y, dependiendo del tipo y de la ubicación de las lesiones, causa exclusión social del paciente. La incidencia de este protozoario en Brasil ha venido aumentando en los últimos 20 años, en casi todos los estados. Se han producido brotes en el Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste, y, más recientemente, en la región amazónica, relacionado con el proceso de colonización (Marzochi 1992). Esta enfermedad es un grave problema en la salud pública en Brasil, con la expansión territorial e incremento significativo de los casos. Entre 1970 y 2001, el número de casos humanos de LC aumentó de 3.000 a 37.000 (Ministério da Saúde 1999).

En Río de Janeiro, la LC ya ha sido reportada en 87 de sus 92 municipios, con énfasis en las localidades costeras del sur. En 2002, el municipio de Paraty presentó el segundo mayor número de casos de LC, con 76 casos nuevos. En 1991

la ciudad alcanzó el nivel de 135 casos autóctonos, con un promedio anual de 43,7 casos desde 1985. Las regiones más afectadas se encuentran en las Montañas de Serra do Mar, que tienen restos de bosque atlántico, donde se observa una desordenada ocupación humana asociada con la deforestación.

En el Estado de Río de Janeiro, *Nyssomyia intermedia* (Lutz & Neiva, 1912) ha sido identificado como el principal vector de transmisión de *Leishmania (Brazilensis) brasiliensis* Vianna, 1911. Esta especie tiene gran valencia ecológica, anidando en todas las zonas endémicas del estado. La especie *Migonemyia migonei* França, 1920 y la *Nyssomyia intermedia* han sido incriminadas recientemente en Río de Janeiro, confirmando su importancia en la participación de la cadena epidemiológica de la leishmaniasis en ese estado (Pita-Pereira et al. 2005).

El Municipio de Paraty muestra el más alto promedio anual de LC de Río de Janeiro. Hay pocos informes de la participación de la fauna de flebotominos de la región, pese a la aparición de nuevos casos en los pobladores de Caiçaras y

¹ Professor da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Niterói, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.
flavio_moutinho@yahoo.com.br. Corresponding author.

² Pesquisador do Laboratório de Vetores da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Pesquisador Laboratório de Vetores /DCB/ - da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/Fiocruz.

Docente do Curso de Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas da Universidad Autónoma de Asunción (UAA) Paraguay.

Tabla 1. Número y porcentaje de flebotominos capturados en el municipio de Paraty, Río de Janeiro entre noviembre de 2003 y abril de 2004.

Especie	Machos		Hembras		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>N. intermedia</i> (Lutz & Neiva, 1912)	2383	86,3	918	85,8	3301	86,2
<i>M. migonei</i> (França, 1920)	349	12,6	114	10,7	463	12,1
<i>L. longipalpis</i> (Lutz & Neiva, 1920)	29	1,05	23	2,14	52	1,35
<i>P. fischeri</i> (Pinto, 1926)	-	-	3	0,28	3	0,08
<i>E. tupynambai</i> (Mangabeira, 1942)	-	-	2	0,19	2	0,05
<i>M. schreiberi</i> (Martins, Falcão y Silva, 1975)	-	-	9	0,86	9	0,24
<i>E. firmatoi</i> (Barreto, Martins & Pellegrino, 1956)	-	-	1	0,09	1	0,03
Total	2761	100	1070	100	3831	100

en los perros de la región. Se presenta este muestreo a fin de prestar apoyo a la profilaxis en el control de este protozoario en la ciudad de Paraty.

Materiales y Métodos

El Municipio de Paraty tiene una gran importancia para el Estado, siendo el turismo, la pesca y la agricultura la base de su economía. Está situado al sur del estado de Río de Janeiro, de coordenadas geográficas 23,15.886S, 044, 38.134W y ocupa una superficie de 917 km². Muestra una población residente estimada para 2003 de 31.275 habitantes, la mayoría de ellos de las zonas rurales (IBGE 2000).

El clima es caliente húmedo en la base de la montaña y subtropical húmedo en las regiones montañosas. Según datos de la División de Vigilancia Sanitaria de Paraty, las zonas con los informes de casos humanos y caninos de LC se concentran en siete áreas, dos ubicadas cerca del perímetro urbano (Cabral y Caborê), dos ubicadas en las zonas rurales y en las laderas de Serra do Mar (Corisco y Corumbê), una ubicada también en la zona rural y situada en un bajo, cerca de la carretera Río - Santos y dos ubicadas en las comunidades Caiçaras y las zonas costeras de difícil acceso, Ponta da Romana y Pouso Cajaíba.

Las recolecciones se realizaron mensualmente durante el período entre noviembre de 2003 a abril de 2004, en las respectivas esferas peridomiciliarias, con excepción de las localidades de Pouso Cajaíba y Ponta da Romana, zonas de difícil acceso. En estas dos localidades se realizaron muestreos sistemáticos de 13 h, para evaluar la frecuencia horaria, utilizando recolección manual. En otros lugares se hicieron entre

las 18 y 22 h, con un total de 4 h / recolección / zona. Los ejemplares se introdujeron directamente en tubos con 70% de alcohol, debidamente etiquetados y transportados al laboratorio, donde fueron montados, aclarados y determinados, de acuerdo con Galati (2003). Los datos meteorológicos tales como temperatura y humedad relativa se obtuvieron durante los períodos de trabajo con la aplicación de Termohigrómetro digital marca Minipa.

Resultados

Se recolectaron 3.831 ejemplares pertenecientes a siete especies (Tabla 1). La especie *N. intermedia* fue predominante en todas las localidades del municipio. La segunda especie más frecuente fue *M. migonei*, seguida por *Lutzomyia longipalpis* (Lutz and Neiva, 1912). Las demás especies tuvieron más baja densidad, totalizando 0,4% (Tabla 2). En la localidad de Ponta da Romana, donde se realizaron 13 h de recolecciones consecutivas, las muestras positivas se obtuvieron a intervalos de 18 a 4:25 h y fueron capturados 363 ejemplares, con una clara prevalencia de *Nyssomyia intermedia* (154) seguida por *Migonemyia migonei*, *Lutzomyia longipalpis*, *Micropigomyia schreiberi* (Martins, Falcão & Silva, 1975), *Evandromyia tupynambai* (Mangabeira, 1942) y *Pintomyia fischeri* (Pinto, 1926) (Fig. 1).

Las temperaturas medias obtenidas han sido como mínimo 19 y como máximo de 23°C y la humedad relativa osciló entre el 57% de mínimo y máximo del 88%. En la recolección de 13 h consecutivas realizada en la localidad Pouso de Cajaíba se capturaron 903 flebotominos pertenecientes a solamente dos especies: *N. intermedia* (894) y *M. migonei* de

Tabla 2. Números y porcentajes de individuos en siete localidades de Paraty entre noviembre de 2003 a abril de 2004.

Especies	Taquiari		Caborê		Corumbê		Corisco		Cabral		P. Romanã		P. Cajaíba		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>N. intermedia</i>	823	95	46	84	966	81,6	132	98	293	89,3	154	42,4	894	99	3308	86
<i>M. migonei</i>	37	4,3	8	15	217	18,3	3	2,2	35	10,7	147	40,5	9	1	456	12
<i>L. longipalpis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	14,3	-	-	52	1,4
<i>P. fischeri</i>	1	0,1	-	-	1	0,09	-	-	-	-	1	0,3	-	-	3	0,1
<i>E. tupynambai</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,55	-	-	2	0,1
<i>M. schreiberi</i>	1	0,1	1	1,8	-	-	-	-	-	-	7	1,93	-	-	9	0,2
<i>E. firmatoi</i>	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Total	863	100	55	100	1184	100	135	100	328	100	363	100	903	100	3831	100

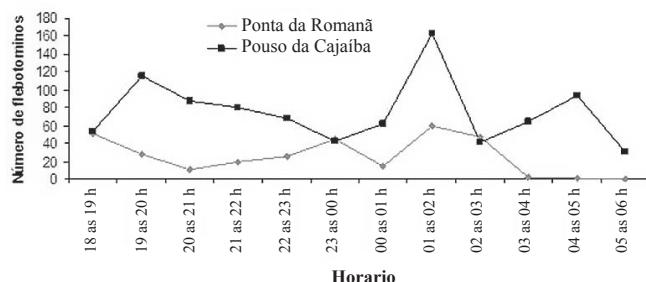


Figura 1. Frecuencia horaria de flebotominos en las localidades de la Cajaíba Pouso y Porta de Romana, respectivamente, Paraty, Río de Janeiro, de noviembre de 2003 a enero de 2004.

la cual se capturan solo nueve ejemplares. En esta localidad se inició la actividad flebotómica a las 18:35 horas, con *N. intermedia*, cerrándose a las 5:37 horas con el último ejemplar capturado. Las temperaturas promedio en esta localidad estuvieron entre 20 y 26°C y la humedad relativa osciló entre el 57% de mínimo y máximo del 88%.

Discusión

A lo largo del proceso de colonización del municipio de Paraty, antes de la construcción de la carretera Río - Santos en la década de los 70, su población era de 4.000 habitantes. En la actualidad, el municipio presenta una población de 31.000 habitantes y la mayoría vive en zonas rurales (IBGE 2000).

La expansión de la población rural combinada con la degradación de los bosques de las laderas de las montañas de Bocaina, es lo que permite la anidación de *N. intermedia* en los entornos. La capacidad de adaptación de *N. intermedia* ha sido verificada (Gomes *et al.* 1980; Lima 1986) y posteriormente confirmada en diversos estudios (Carvalho *et al.* 1995, 2000; Souza *et al.* 2000, 2004). La baja diversidad de especies obtenida en este trabajo está relacionada con la reciente fumigación (Carbamatos y Piretroide) peridomiciliaria y de los hogares en la región (Costa *et al.* 2004).

La aparición en el municipio de Paraty de *L. longipalpis* aún no había sido informada en el trabajo en el Saco do Manguá, Paraty (Aguiar *et al.* 1993), situado cerca del sitio de este estudio, no habiendo sido registrada la presencia de esta especie en la región. En algunas regiones del estado de Río de Janeiro *L. longipalpis* viene siendo recolectada en cotas de más de 100 m sobre el nivel del mar (Souza *et al.* 1981), en el barrio de Bangu y, a continuación, otros autores confirmaron el hallazgo en la ciudad Itaguaí, Río de Janeiro, en altitudes superiores a los 100 m (Aguiar *et al.* 2005). En este trabajo, *L. longipalpis* ha sido capturada en cotas menores a 50 m de altitud en la localidad de Ponta da Romanã.

M. migonei ha sido bien caracterizada en este trabajo como la segunda especie más frecuente en todos los ámbitos del municipio de Paraty. Estos datos, sin embargo, no coinciden con los resultados de otros autores en Ilha do Araújo y en diferentes zonas del municipio de Paraty (Carvalho *et al.* 1995; Costa *et al.* 2004). Sin embargo, los resultados son coherentes con los obtenidos en el ámbito del Saco do Manguá e Itaguaí (Aguiar *et al.* 1993) aunque esta elevación sea de 300 m (Aguiar *et al.* 2005).

En cuanto a las frecuencias horarias, los mayores picos de actividad fueron diferentes en las dos localidades: en Ponta da Romanã estuvo entre 18 h y 19 h y en Pouso da Cajaíba

entre 19 h y 20 h. Sólo el segundo pico de actividad flebotómica fue concordante entre ambas zonas, es decir, en el rango de 1 h a 2 h. Estos resultados son diferentes de los obtenidos en Ilha do Araújo, Paraty, Río de Janeiro (Carvalho *et al.* 2000).

La reciente caracterización de las especies *N. intermedia* y *M. migonei* con infección natural por *Leishmania* (*Viannia*) *braziliensis* Viannia, 1911 en Río de Janeiro (Pita-Pereira *et al.* 2005) y los resultados de este trabajo sugieren que las especies tienen importancia en la epidemiología de la transmisión de la ACL en Paraty. Alertando también la necesidad de mantener la vigilancia de *L. longipalpis* en la región, tomando en cuenta que la leishmaniasis visceral viene dispersándose por el vecino estado de São Paulo.

Literatura citada

- AGUIAR, G. M.; MEDEIROS, W. M.; DE-MARCO, T. S.; SANTOS, S. C.; GAMBARDELLA, S. 2005. Ecologia dos flebotomíneos da Serra do Mar, Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. I – A fauna flebotómica e prevalência pelo local e tipo de captura (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae). Cadernos de Saúde Pública 2: 195-206.
- AGUIAR, G. M.; MEDEIROS, W. M.; SANTOS, T. G.; KLEIN, A. F. L.; FERREIRA, V. A. 1993. Ecology of sandflies in a recent focus of cutaneous leishmaniasis in Paraty, litoral of Rio de Janeiro State (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae). Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 88: 339-340.
- CARVALHO, R. W.; SOUZA, M. B.; SERRA-FREIRE, N. M.; ALMEIDA, A. B. 1995. Fauna de Flebotomos da Ilha do Araújo, Município de Paraty - RJ. 1- Diversidade e aspectos do comportamento. Parasitologia ao Día 19: 104-112.
- CARVALHO, R. W.; SOUZA, M. B.; SERRA-FREIRE, N. M.; PONTES, C. S.; CONCEIÇÃO, N. F.; ALMEIDA, A. B.; CAMPOS, V. S. 2000. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) da Ilha do Araújo, município de Paraty, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2 Comportamento da fauna frente à variação horária e ao ciclo lunar. Entomologia y Vectores 7: 143-153.
- COSTA, M. C.; MOUTINHO, F. F. B.; BRUNO, S. F. 2004. A experiência do município de Paraty (Río de Janeiro, Brasil) na prevenção e controle da leishmaniose tegumentar americana. Parasitologia Latinoamericana 59: 110 -114.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2000. Censo demográfico de 2000. Disponible en: <http://www.ibge.gov.br>.
- GALATI, E. A. B. 2003. Morfologia e taxonomia. En: Rangel, E. F.; Lainson, R. Flebotomíneos do Brasil. Rio de Janeiro. Ed. Fiocruz: 23-53.
- GOMES, A. C.; REBELLO, E. X.; SANTOS, J. L. F.; GALATI, E. A. B. 1980. Aspectos ecológicos da leishmaniose tegumentar americana. 1 – Estudo experimental da freqüência de flebotomíneos a ecótopos artificiais com referência especial a *Psychodopygus intermedius*. Revista de Saúde Pública 14: 540- 556.
- LIMA, L. C. 1986. Ruralização da *Lutzomyia intermedia*, um provável caso de readaptação. Revista de Saúde Pública 20: 102 -104.
- MARZOCHI, M. C. A. 1992. Leishmanioses no Brasil: as leishmanioses tegumentares. Journal Brasileiro de Medicina (63): 82-104.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 1999. Centro Nacional de Epidemiologia. Notas de dados estatísticos. 168pp.
- PITA-PEREIRA, D.; ALVES, C. R.; SOUZA, M. B.; BRASIL, R. P.; ÁLVARO, L. B.; BARBOSA, A. F.; BRITO, C. C. 2005. Identification of naturally infected *Lutzomyia intermedia* and *Lutzomyia migonei* with *Leishmania* (*Viannia*) *braziliensis* in Río de Janeiro (Brazil) revealed by a PCR multiplex non-isotopic hybridisation assay. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 99: 905-913.

SOUZA, M. B.; LUZ, J. R. P.; MARZOCHI, M. C. A.; CARVALHO, R. W.; SANTOS, G. P. L.; PONTE, C. S.; SHUBACH, T. 2000. Estudo da fauna flebotomínea em área de Leishmaniose Tegumentar Americana e Visceral, zona peri urbana do Município do Rio de Janeiro, Brasil. Cadernos de Saúde Pública (Fiocruz) 7: 355-365.

SOUZA, M.B.; MARZOCHI, M. C. A.; CARVALHO, R. W.; RIBEIRO, P. C.; MEIRA, A. M.; PONTE, C. S.; MERODIO, J. C. 2004. Ausência da *Lutzomyia longipalpis* em algumas áreas

de ocorrência de leishmaniose visceral no Município do Rio de Janeiro. Cadernos de Saúde Pública 19: 1881-1885.
SOUZA, M. A.; SABROZA, P. C.; MARZOCHI, M. C. A.; COUTINHO, S. G.; SOUZA, W. J. S. 1981. Leishmaniose visceral no Rio de Janeiro. 1 – Flebotomíneos da área de procedência de caso humano autóctone. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 76: 161-168.

Recibido: 25-mar-2009 • Aceptado: 24-dic-2009

Nota científica

Artrópodos asociados a cadáveres humanos en Ciudad de Panamá, Panamá

Arthropods associated with Human corpses in Panama City, Panamá

SERGIO BERMÚDEZ C.¹ y JOSÉ V. PACHAR²

Resumen: Se registran 22 especies de artrópodos en cadáveres humanos en Ciudad de Panamá, durante los levantamientos de los cuerpos y en las autopsias. Las especies más comunes fueron las moscas Calliphoridae *Chrysomya rufifacies*, *C. megacephala* y *Cochliomyia macellaria*, tanto en etapas inmaduras como adultas. Del mismo modo se pudieron identificar artrópodos omnívoros, parasitoides y depredadores, indicando el grado de información que éstos pudieran dar.

Palabras clave: Entomología forense. *Necrobia rufipes*. *Macrocheles*. *Ancistrocheles*. *Chrysomya rufifacies*

Abstract: In this work, we report 22 taxa of arthropods from human corpses in Panama City, Panamá, collected in field work and autopsies. The most common species were Calliphoridae flies and larvae of *Chrysomya rufifacies*, *C. megacephala* and *Cochliomyia macellaria*. In addition, we identified other taxa classified as omnivores, predators and parasitoids, and discuss their importance as providers of additional information of forensic importance.

Key words: Forensic entomology. *Necrobia rufipes* *Macrocheles*. *Ancistrocheles*. *Chrysomya rufifacies*

Introducción

La entomología forense es la aplicación del conocimiento en taxonomía y etología de artrópodos en investigaciones judiciales, siendo su uso más habitual la estimación del intervalo post mortem (IPM). Esta aplicación se basa en los cambios que se manifiestan en los cuerpos en descomposición, los cuales son iniciados por procesos bioquímicos que estimulan la llegada de una variedad de artrópodos, quienes representan distintos roles en los fenómenos de descomposición (Goff y Catts 1990; Arnaldos *et al.* 2005).

Es conocido que normalmente el principal grupo asociado con cuerpos en descomposición es Diptera, especialmente algunas especies de Calliphoridae y Sarcophagidae, debido a que éstas son las primeras en localizar y colonizar los cuerpos (Krenzer 2006). Las hembras de ambas familias depositan sus huevos o larvas, respectivamente, sobre cadáveres “frescos”, permitiendo que los inmaduros se desarrolle con una tasa de crecimiento directamente proporcional al tiempo, lo cual ayuda a estimar el IPM (Goff y Catts 1990). En cuerpos con mayor grado de descomposición, otras especies dan información sobre el IPM, las cuales son principalmente especies necrofílicas del orden Coleoptera u otras familias de Diptera como Piophilidae y Muscidae (Oliva 1997; Arnaldos *et al.* 2005).

Del mismo modo, especies no relacionadas directamente con procesos de descomposición pueden ayudar a dilucidar vínculos sobre las circunstancias de muerte o si el cadáver fue traslado desde otro sitio. Igualmente, el conocimiento sobre la biología de una determinada especie puede aportar datos importantes, siendo el caso de los Hymenoptera parasitoides los más notables. Estas avispas tienen requerimientos temporales muy específicos al momento de parasitar inmaduros de Diptera, lo que pudiera ofrecer datos adicionales de

cálculo del IPM (Amendt *et al.* 2000). En la actualidad se ha incrementado el interés por comprender el rol de los ácaros en cuerpos en descomposición, ya que distintos de ellos pueden ser asociados a una etapa o condición en el cadáver, lo cual brinda información ecológica relevante (Braig y Perotti 2009; Perotti 2009).

Debido a que la mayoría de los países que utilizan las evidencias entomológicas con fines periciales no permiten investigaciones sobre cuerpos humanos, muchos de los estudios se han desarrollando sobre otros mamíferos, especialmente ratas, perros y más recientemente cerdos (Carvalho *et al.* 2000; Bermúdez y Quintero 2002). Por tal motivo, existen escasos datos sobre entomofauna en cadáveres humanos, los cuales se restringen principalmente a regiones con clima templado, especialmente países europeos, Estados Unidos y regiones templadas de Colombia, Brasil y Argentina. Los listados en regiones cálidas del Neotrópico provienen especialmente de Costa Rica (Vargas 1999) y Colombia (Barreto *et al.* 2002) Mavárez-Cardozo *et al.* 2005). En este trabajo se presenta un listado de las especies de artrópodos más comúnmente asociadas a cadáveres humanos ocurridos en Ciudad de Panamá y alrededores recopilados a lo largo de seis años.

Materiales y Métodos

Sitio de recolección. La Ciudad de Panamá se localiza en la costa Pacífico del Golfo de Panamá y presenta una altitud que no sobrepasa los 150 m en su área urbana. Posee una población cercana a 1.800.000 habitantes, en un área metropolitana estimada en 250 km². La temperatura media de Ciudad de Panamá es de aproximadamente 28°C. En su periferia se localizan bosques de distinta conformación como Bosque Tropical Lluvioso (Parque Nacional Soberanía, Parque Nacional Camino de Cruces), fragmentos de Bosque Tropical

¹ Colección Zoológica-Entomología Médica, Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud. Apo. Pos. 0816-02593, Panamá, Panamá. Tel.: (507) 527-4817; Fax: (507) 527-4889.

bermudezsergio@hotmail.com; bermudezsec@gmail.com; sbermudez@gorgas.gob.pa. Autor para correspondencia.

² Instituto de Medicina Legal, Panamá. *jpachar@hotmail.com*.

Seco (Parque Natural Metropolitano), Bosque Montano Bajo (fragmentos del Parque Nacional Chagres) y manglares a orillas del Océano Pacífico.

Recolección y manejo de especímenes. Durante los años 2002 y 2008, se recolectaron artrópodos inmaduros y adultos provenientes de cadáveres encontrados en escenas o durante las autopsias realizadas en la Morgue Judicial. Cada artrópodo capturado era preservado en alcohol 80% y trasladado a la unidad de Entomología Médica del Instituto Gorgas. Los inmaduros se identificaron utilizando las claves propuestas por Stehr (1991). La identificación de los inmaduros de Diptera se hizo con la clave de Liu y Greenberg (1989); insectos adultos (con excepción de Calliphoridae y Sarcophagidae) se identificaron utilizando la colección de referencia del Museo de Invertebrados "G. B. Fairchild" (Universidad de Panamá). Por su parte, Calliphoridae adultos se identificaron con la clave de Amat *et al.* (2008). Los ácaros se identificaron con las claves de Krantz (1962) y Haitlinger (2000). Los Sarcophagidae fueron identificados por Thomas Pape (Museo de Historia Natural de Dinamarca) y Catia Antunes de Mello Patiú (Universidad Federal de Rio de Janeiro).

Resultados y Discusión

Se encontraron 22 taxones asociados a cuerpos humanos en descomposición (Tabla 1), de los cuales cinco fueron recolectados durante los levantamientos de los cuerpos, 10 en autopsias y siete taxones en escena y morgue. En comparación con estudios desarrollados en cerdos para Panamá, donde reportan 50 especies de artrópodos en los alrededores de Ciudad de Panamá (Bermúdez y Quintero 2002), este número de taxones es muy inferior. No obstante, estas discrepancias se explican por los métodos de recolección utilizados por los peritos forenses, ya que éstos recolectan principalmente los individuos más obvios, los cuales generalmente son larvas de Diptera.

Los especímenes fueron capturados en escenas urbanas o rurales (condiciones sinantrópicas y hemisinantrópicas, respectivamente) y también asociadas a ambientes con poca o ninguna perturbación antrópica (condición asinantrópica) (Tabla 1). En condiciones sinantrópicas destacan las moscas Calliphoridae *Chrysomya rufifacies* (Macquart, 1843), *C. megacephala* (Fabricius, 1794) y *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775), y los Sarcophagidae *Peckia* spp. y *Ravinia* spp., mientras que *Hemilucilia semidiaphana* (Rondani, 1850) mantenía la mayor representatividad en las escenas sucedidas en ecosistemas silvestres o zonas rurales de Ciudad de Panamá. Estos resultados son similares a los obtenidos en Brasil (Moura *et al.* 1997; Carvalho *et al.* 2000), Costa Rica (Vargas 1999; Calderón-Arguedas *et al.* 2005) y Colombia (Barreto *et al.* 2002; Pérez *et al.* 2005), lo cual refuerza la importancia de estas especies en el área, especialmente en climas cálidos.

Ecológicamente las moscas de ambas familias desarrollan sus etapas inmaduras aprovechando material orgánico en descomposición, para lo cual los adultos poseen una gran capacidad de detección, además de una gran movilidad que les permite arribar a él desde grandes distancias (Goff y Catts 1990; Marchenko 2001). Del mismo modo, cada hembra puede colocar una gran cantidad de huevos o larvas, siendo sus inmaduros los más abundantes en los primeros días de descomposición. Esto significa que tanto adultos como larvas

representan la mayor biomasa de artrópodos en las primeras etapas de descomposición. Este hecho es particularmente importante al momento de recolectar muestras entomológicas, ya que son fácilmente ubicadas en el cadáver.

Durante este trabajo también se recuperaron cuatro especies de Coleoptera, encontrándose a los escarabajos necrófilos *Necrobia rufipes* (DeGeer, 1775) y una especie no identificada del género *Dermestes*, los cuales han sido reportados anteriormente en cuerpos de cerdos en descomposición en Panamá (Bermúdez y Quintero 2002). Ambas familias de Coleoptera han sido ampliamente reportadas como necrófagas en cadáveres en avanzado estado de descomposición en varios países de América (Oliva 1997; Carvalho *et al.* 2000; Kulshrestha 2001) y en el caso de Dermestidae las larvas se alimentan activamente de cuerpos secos.

Adicionalmente, se capturaron escarabajos peloteros *Canthon mutabilis* Lucas, 1857 y varios individuos de *Xyleborus* sp. en una escena localizada en bosque. La presencia de estos escarabajos en cuerpos en descomposición no permite estimar el IMP de forma directa, ya que no se trata de insectos necrófagos que dependen de un determinado estado de putrefacción. Las diferentes especies de *Canthon*, incluyendo *C. mutabilis*, son atraídos a excremento, los cuales transportan formando bolas, mientras que el género *Xyleborus* contiene especies xilófagas. En el caso de *Xyleborus* sus restringidos hábitos de desplazamiento (crepusculares) pueden ofrecer datos sobre su llegada a los cadáveres, no obstante, esta información debe ser correlacionada con el desarrollo inmaduros de otras especies como Calliphoridae.

En ambientes poco perturbados, especialmente en cuerpos encontrados en la periferia de la ciudad, la entomofauna fue más variada. El valor que estas especies pudieran aportar sobre el tiempo de muerte es menos evidente ya que pudiera tratarse de taxa que no aprovechan directamente este recurso. Esto hace importante comprender el papel que estos animales pudieran ejercer directamente en la escena, ya que pueden confundirse con artrópodos que interactuaron con restos de animales muertos y contaminar los datos del IMP (Archer *et al.* 2006). Esto motiva a mayores investigaciones sobre la participación de estas especies en los cadáveres humanos ya que su relevancia pudiera pasar desapercibida al desconocerse su hábito o permitir malas interpretaciones por identificaciones incorrectas.

Un ejemplo de esto fue la presencia de ácaros. Durante los años 2002-2008 se encontraron adultos de *Macrocheles* sp y *Ancistrocheles bregatovae* Krantz, 1962 (Macrochelidae) y una especie no identificada de larvas de *Leptus* (Erythraeidae), todas asociadas a artrópodos y no a los cuerpos en descomposición. Aún cuando la familia Macrochelidae presenta una ecología muy variada, varias especies como *Macrocheles muscadomesticae* (Scopoli, 1972) y *A. bregatovae* han sido reportadas como depredadores de larvas de Diptera, transportándose foréticamente en moscas adultas (Hunter y Rosario 1988; Rodrigueiro y Prado 2004; Miranda y Bermúdez 2008). Por su parte, los inmaduros de *Leptus* son parásitos de artrópodos, entre estos moscas (Mcaloon y Durden 2000; Miranda y Bermúdez 2008). La información sobre la ecología de estos ácaros es escasa en el Neotrópico. De acuerdo con Braig y Perotti (2009), a lo largo de su distribución, la ecología de ácaros en los cuerpos en descomposición puede ser tan variada como la observada en Insecta, lo cual demostraría la importancia de conocer más estos organismos.

Tabla 1. Especies de artrópodos recolectadas en cuerpos humanos en descomposición.

Taxón	Estado	Categoría	Sitio de captura	Tipo de ambiente
ARACHNIDA				
Macrochelidae				
<i>Ancistrocheles bregetovae</i>	Adultos	Depredador de huevos	MJ-IMEL ^a	Urbano-interdomiciliario
<i>Macrocheles</i> sp	Adultos	Depredador de huevos	MJ-IMEL	Urbano-interdomiciliario
<i>Erythraeidae</i>				
<i>Leptus</i> sp	Larvas	Parásito de artrópodos	MJ-IMEL	Urbano-interdomiciliario
INSECTA				
Coleoptera				
Cleridae				
<i>Necrobia rufipes</i>	Adultos	Necrófagos secundarios	LC ^b	Urbano-interdomiciliario
Curculionidae				
<i>Xyleborus</i> spp	Adultos	Accidental, xilófagos	LC	Asociados a bosques
Dermestidae				
<i>Dermestes</i> sp	Adultos	Necrófagos en cuerpos secos	LC	Urbano-intradomiciliario
Scarabaeidae				
<i>Canthon mutabilis</i>	Adultos	Coprófagos	LC	Asociados a bosques
Diptera				
Calliphoridae				
<i>Chrysomyia rufifacies</i>	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, rural
<i>C. megacephala</i>	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, rural
<i>Cochliomyia macellaria</i>	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, rural
<i>Hemilucilia semidiaphana</i>	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Rural, selvático
Muscidae	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, rural
Phoridae				
<i>Megaselia</i> sp	Larvas	Necrófagos secundarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, rural
Sarcophagidae				
<i>Peckia</i> sp	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, intradomiciliario
<i>Oxysarcodexia conclausa</i>	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, interdomiciliario
<i>Ravinia</i> sp	Larvas	Necrófagos primarios	LC; MJ-IMEL	Urbano, interdomiciliario
Stratiomyidae				
<i>Hermetia illucens</i>	Larvas	Necrófagos secundarios	LC; MJ-IMEL	Rural, zonas pantanosas
Hymenoptera				
Apidae				
<i>Trigona</i> sp	Adultos	Accidentales	MJ-IMEL	Rural, bosque
Formicidae				
<i>Solenopsis</i> sp	Adultos	Depredadores	MJ-IMEL	Urbano
Vespidae				
<i>Polistes</i> sp.	Adultos	Depredadores	LC	Urbano, rural
Pteromalidae				
<i>Spalangia</i> sp	Adultos	Parasitoides	LC	Urbano
Blattaria				
Blattidae				
<i>Periplaneta americana</i>	Adultos y ninfas	Omnívoros	MJ-IMEL	Urbano

^a Morgue Judicial-Instituto de Medicina Legal. ^b Levantamiento de cuerpo en campo.

La presencia de artrópodos de hábitos depredadores, como hormigas o avispas, reportan poca información sobre el tiempo de muerte, sin embargo, pueden aportar valiosa información sobre el tipo de hábitat donde se abandonó el cuerpo;

de conocerse la distribución o el tipo de ambiente donde habitan. Tanto hormigas como avispas pueden depredar larvas y adultos de Diptera, los cuales son trasladados a las colonias (Gomes *et al.* 2007). Contrario a éstos, los parasitoides si pu-

dieran arrojar datos que permitan estimar el IPM, ya que su aparición se da en ventanas muy específicas de tiempo. En este estudio se recuperaron avispas parasitoides del género *Spalangia* a partir de pupas de *C. macellaria*. Según Amendt *et al.* (2000), el cálculo del IPM por datación de parasitoides se da en dos períodos: el primero basado en el desarrollo del hospedero desde la fase de huevo hasta el momento del parasitoidismo, y el segundo el desarrollo del parasitoide de huevo a adulto. Estos autores demostraron la validez de utilizar parasitoides para la datación del IPM, en experimentos desarrollados en Alemania.

Las especies de mayor importancia en condiciones urbanas de Ciudad de Panamá son los Calliphoridae *C. rufifacies*, *C. megacephala*, *C. macellaria* y los Sarcophagidae *Peckia* spp. y *Ravinia* spp., mientras que *H. semidiaphana* es más prevalente en ambientes suburbanos y boscosos. De las cuatro especies de Coleoptera encontradas *Necrobia rufipes* y *Dermestes* spp., poseen cierta importancia como indicadores forenses. Estos datos son consistentes con lo encontrado en otras localidades de clima cálido del Neotrópico. Ácaros y parasitoides pudieran tener una mayor importancia en el cálculo del IPM; no obstante, la ecología de las especies neotropicales debe ser más estudiada.

Agradecimientos

Queremos agradecer a los detectives e inspectores de la Policía Técnica Judicial por la captura de los especímenes en el campo, a los médicos forenses del Ministerio Público, en especial a los doctores Armando Ríos, Edgar Lasso y Carlos de Bernard, por recolectar los artrópodos en la Morgue Judicial de Panamá. A Roberto Cambra del Museo de Invertebrados “G. B. Fairchild” de la Universidad de Panamá, por la identificación de Hymenoptera y Coleoptera. A Thomas Pape y Catia Antunes de Mello Patiú por la identificación de Sarcophagidae.

Literatura citada

- AMAT, E.; VÉLEZ, M.; WOLFF, M. 2008. Clave ilustrada para la identificación de los géneros y especies de los califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia* 30 (1): 231-244.
- AMENDT, J.; KRETTEK, R.; NIESS, C.; ZEHNER, R.; BRATZKE, H. 2000. Forensic entomology in Germany. *Forensic International Science* 113: 309-314.
- ARCHER, M.; ELGAR, M.; BRIGGS, C.; RANSON, D. 2006. Fly pupae and puparia as potential contaminant of forensic entomology samples from sites of body discovery. *International Journal of Legal Medicine* 120: 364-368.
- ARNALDOS, M.; GARCÍA, M.; ROMERA, E.; PRESA, J.; LUNA, A. 2005. Estimation of the postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International* 149: 57-65.
- BARRETO, M.; BURBANO, M.; BARRETO, P. 2002. Flies (Calliphoridae, Muscidae) and beetles (Silphidae) from human cadavers in Cali, Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 97 (1): 137-138.
- BRAIG, H.; PEROTTI, A. 2009. Carcasses and mites. *Experimental and Applied Acarology* 49 (1-2): 45-84.
- BERMÚDEZ, S.; QUINTERO, G. 2002. Determinación de la entomofauna asociada a carcassas de cerdos en el puerto de Vacamonte (Panamá). Tesis de graduación. Universidad de Panamá. 78 pp.
- CALDERÓN-ARGUEDAS, O.; TROYO, A.; SOLANO, M. 2005. Sucesión de larvas de muscoideos durante la degradación cadavérica en un bosque premontano húmedo tropical. *Revista Biomedica* 16:79-85.
- CARVALHO, L.; THYSSEN, P.; LINHARES A.; POLHANES, F. 2000. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in South-eastern Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 95: 135-138.
- GOFF, M.; CATTS, P. 1990. Arthropods basic structure and biology. In Catts, P.; Haskell, N. (eds.). *Entomological and death a procedural guide*. Joyce's Print Shop. 38.71.
- GOMES, L.; GOMES, G.; OLIVEIRA, H.; MORLIN, J.; DESUÓ, I.; DA SILVA, I.; SHIMA, S.; VON ZUBEN, C. 2007. Foraging by *Polybia (Trichothorax) ignobilis* (Hymenoptera: Vespidae) on flies at animal carcasses. *Revista Brasileira Entomologia* 51 (3): 389-393.
- HAITLINGER, R. 2000. Four new species of *Leptus* Latreille, 1796 (Acarai: Prostigmata: rythraeidae) from Central America. *Systematic and Applied Acarology* 5: 131-142.
- HUNTER, P.; ROSARIO, R. 1988. Associations of Mesostigmata with other arthropods. *Annual Review of Entomology* 33: 393-417.
- KRANTZ, G. W. 1962. A review of the genera of the family Macrochelidae Vitzthum, 1930 (Acarina: Mesostigmata). *Acarologia* 4 (2): 143-173.
- KRENZER, U. 2006. Cambios postmortem. En: Krezner, U. (ed.). *Compendio de métodos antropológicos forenses. Para la reconstrucción del perfil osteo-biológico*, Tomo 7: 31 pp.
- KULSHRESTHA, P. 2001. Use of beetles in forensic entomology. *Forensic Science International* 120 (1-2): 15-17.
- LIU, D.; GREENBERG, B. 1989. Immature stages of some flies of forensic importance. *Annals of Entomological Society of America* 82: 80-93.
- MARCHENKO, M. 2001. Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. *Forensic Science International* 120: 89-109.
- MAVÁREZ-CARDOZO, J.; ESPINA DE FEREIRA, A.; BARRIOS-FERRER, F.; FEREIRA-PAZ, J. 2005. La entomología forense y el Neotrópico. *Cuadernos Medicina Forense* 11 (39): 23-33.
- MCALOON, F.; DURDEN, L. 2000. Attachment sites and frequency distribution of erythraeid mites, *Leptus indianensis* (Acarai: Prostigmata), ectoparasitic on harvestmen *Leiobunum formosum* (Opiliones). *Experimental and Applied Acarology* 24: 561-567.
- MIRANDA, R.; BERMÚDEZ, S. 2008. Ácaros (Arachnida: Acari) asociados a moscas Calliphoridae (Diptera: Oestroidea) en tres localidades de Panamá. *Revista Colombiana Entomología* 34 (2): 192-196.
- MOURA, M.; CARVALHO, C.; MONTEIRO-FILHO, L. 1997. A preliminary analysis of Insects of medical legal importance in Curitiba, State of Paraná. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 92 (2): 269-274.
- OLIVA, A. 1997. Insectos de interés forense de Buenos Aires. Primera lista ilustrada y partes bionómicas. *Revista Museo Argentino de Ciencias* 2: 13-60.
- PÉREZ, S.; DUQUE, P.; WOLFF, M. 2005. Successional behavior and occurrence matrix of carrion-associated arthropods in the urban area of Medellín, Colombia. *Journal of Forensic Science* 50 (2): 1-7.
- PEROTTI, A. 2009. Mégnin re-analysed: the case of the newborn baby girl, Paris, 1878. *Experimental and Applied Acarology* 49 (1-2): 37-44.
- RODRIGUEIRO, T.; PRADO, A. P. 2004. *Macrocheles muscicola* (Acari, Macrochelidae) and a species of *Uroseius* (Acari, Polyaspididae) phoretic on *Musca domestica* (Diptera, Muscidae): effects on dispersal and colonization of poultry manure. *Iheringia, Serie Zoología* 94 (2): 181-185.
- STEHR, F. 1991. Immature insects. Vol. II. Kendall/Hunt, Edit. 975 pp.
- VARGAS, J. 1999. Distribución y morfología de adultos e inmaduros de moscas califóridas (Diptera: Calliphoridae) de importancia forense en Costa Rica. Tesis de graduación. Universidad de Costa Rica. 95 pp.

Sección Básica

Diversidad de invertebrados de musgos corticícolas en la región del volcán Iztaccíhuatl, Estado de México

Invertebrate diversity from corticolous moss in the Iztaccíhuatl Volcano region, Mexico State

LEOPOLDO Q. CUTZ-P.¹, ARTURO GARCÍA-G., GABRIELA CASTAÑO-M. y JOSÉ G. PALACIOS-V.

Resumen: Se comparó la diversidad de los invertebrados en musgos corticícolas a través de un gradiente altitudinal en la ladera NorOriental del Volcán Iztaccíhuatl, en el centro de México. Se registraron 16 taxa de invertebrados de musgos corticícolas, de ellos, los Mesostigmata, Prostigmata, Astigmata y Cryptostigmata presentaron la mayor abundancia, con el 81%. Los Mesostigmata mostraron su máxima abundancia relativa (45%) a los 3.020 m, los Prostigmata a los 2.830 m (44%), Astigmata a los 2.750 m (12%), y Cryptostigmata (75%) a los 3.250 m. Existe una variación espacial en la densidad de los invertebrados; la mayor densidad se registró a los 3.250 m. y la menor a los 2.750 m. La diversidad presentó sus mayores valores entre los 2.750 m y los 2.930 m. La mayor similitud se presentó entre los 2.750 m y los 2.930 m. En Opiliónida, Cryptostigmata y Psocoptera se encontró una correlación positiva entre altitud y su densidad mientras que las densidades de los taxones Oligochaeta, Araneae y Hemiptera mostraron una correlación negativa con la altitud.

Palabras clave: Diversidad. Collembola. Astigmata. Prostigmata. Cryptostigmata. Psocoptera.

Abstract: The diversity of invertebrates in corticolous moss was compared along an altitudinal gradient on the NW slope of the Iztaccíhuatl Volcano, in the central part of Mexico. Sixteen taxa of invertebrates from corticolous moss were recorded, among which the Mesostigmata, Prostigmata, Astigmata and Cryptostigmata were the most abundant, making up 81%. The Mesostigmata showed their maximum abundance (45%) at 3,020 m elevation, Prostigmata at 2,830 m (44%), Astigmata at 2,750 m (12%) and Cryptostigmata (75%) at 3,250 m. There was spatial variation in the density of invertebrates; the highest density was found at 3,250 m and the lowest at 2,750 m. The highest diversity was recorded between 2,750 and 2,930 m. The highest similarity was observed between 2,750 and 2,930 m. For the Opilioñida, Cryptostigmata and Psocoptera there was a positive correlation between altitude and density while the density of Oligochaeta, Araneae and Hemiptera was negatively correlated with altitude.

Key words: Diversity. Collembola. Astigmata. Prostigmata. Cryptostigmata. Psocoptera.

Introducción

Los invertebrados y los musgos son elementos muy importantes en la función de los ecosistemas forestales, ya que contribuyen al aumento de la estabilidad del suelo. En el caso particular de los musgos éstos poseen una alta capacidad de retención de agua y por tanto son activos moderadores de la humedad ambiental. Además, los musgos pueden ser fundamentales en la captura y ciclado de los nutrientes, así como sustrato para germinación de las semillas de varios grupos vegetales (Matteri 1998; Ilkiu-Borges *et al.* 2004). Es común que ellos constituyan un hábitat de gran relevancia para distintos grupos de invertebrados (Andrew *et al.* 2003; Hoyle y Harborne 2005). La estabilidad que poseen los musgos ante variaciones microclimáticas (Kidron *et al.* 2000) les permite sobrevivir a condiciones ambientales extremas, por ejemplo en ambientes áridos o bien a grandes altitudes (Franks y Bergstrom 2000), por lo que son ocupados por diversos organismos como refugio o bien hábitat permanente (Ilkiu-Borges *et al.* 2004). La asociación invertebrado-musgo ha sido abordada por autores como Gadea (1964) y Gerson (1969) investigando la zoocenosis y la dependencia de invertebrados y musgo respectivamente; Bonet *et al.* (1975) tratan la ecología de ciertos artrópodos muscícolas; Deharveng y Travé (1981) sobre la ecología de los ácaros oribátidos y coleóptilos; Goran (1991) relaciona los efectos de alteración de

los musgos sobre la estructura de la comunidad de los invertebrados, mientras que Hoyle y Harborne (2005) estudian los efectos de la fragmentación de hábitats sobre la riqueza de especies y la estructura de la comunidad en microecosistemas. Dentro de los factores que influyen de manera considerable sobre la distribución de los organismos la altitud es uno de los más relevantes y en particular para la distribución de la biocenosis muscícola resulta decisivo principalmente por los cambios climáticos que determina y el papel trascendental que juega en la individualización de las comunidades (Hodkinson 2005).

Los patrones de distribución de los invertebrados con respecto a la altitud han mostrado tendencias variables; en suelos montañosos del Tibet por ejemplo, pueden encontrarse en un rango altitudinal de 3.800 m a 5.050 m (Shen *et al.* 2005). En comunidades de briofitas en Australia y Nueva Zelanda, con un rango altitudinal de los 1.130 a 2.000 m, la abundancia tiende a disminuir con la altitud (Andrew *et al.* 2003), mientras que para comunidades de musgos corticícolas en México se ha detectado un aumento en la densidad de los invertebrados con respecto a la altitud (Cutz-Pool *et al.* 2006).

A escala local, se ha demostrado que existe un cambio en la composición de artrópodos para diferentes composiciones de especies vegetales (Medianero *et al.* 2007), así como también una disminución en la diversidad (Jiménez-Valverde *et*

¹ Técnico, Ecología y Sistemática de Microartrópodos. Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM. 04510 México, D. F. 56 22 49 02. cutzpool@yahoo.com

al. 2004). Tanto a nivel mundial como en México, pocos estudios abordan el tema del efecto del gradiente altitudinal sobre la riqueza específica de invertebrados (Palacios-Vargas 1981, 1982, 1985; Morón-S. 1988; Lobo y Halffter 2000; Huerta-Paniagua *et al.* 2004; Escobar *et al.* 2005; Cutz-Pool *et al.* 2006; Mejía-Recamier y Cutz-Pool 2007). El objetivo del presente trabajo es comparar la densidad y diversidad de los invertebrados habitantes en musgos corticícolas en un gradiente altitudinal de un bosque templado en la vertiente noroeste del Volcán Iztaccíhuatl, Estado de México, México.

Materiales y métodos

Área de estudio: El estudio se realizó en la vertiente noroeste del Volcán Iztaccíhuatl ($19^{\circ}12'66'' - 19^{\circ}12'31''$ N, $98^{\circ}44'03'' - 98^{\circ}41'55''$ W). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, Cb (Cw) (w) de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004) y Vidal-Zepeda (2005), con temperatura media anual que oscila entre los 14°C y una precipitación promedio anual de 1.200 mm (García 2004). Los tipos de suelos presentes en la zona son regosol, litosol, endosol y cambisol. La zona de estudio abarcó un gradiente altitudinal desde los 2.750 a los 3.440 msnm. La vegetación predominante a lo largo del gradiente se muestra en la Tabla 1. Para el muestreo, se seleccionaron siete altitudes.

Muestreo: En cada sitio, el área de recolección se ubicó en un transecto de 500 m de largo, en donde se seleccionaron 10 árboles, separados cada uno por una distancia de 50 m. En cada árbol, se tomó una muestra de musgos de un área de 15 x 15 cm, y a una altura de 1,5 m de la base del árbol. Así, se obtuvieron 10 muestras por sitio, para un total de 70 muestras en el gradiente, recolectadas en agosto de 2005. Las muestras fueron trasladadas en cajas de plástico al Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, para extraer la fauna, mediante el método del embudo de Berlesse-Tullgren, donde permanecieron durante seis días a temperatura ambiente.

Análisis de datos: Los invertebrados fueron contabilizados y clasificados. La identificación taxonómica se efectuó con un microscopio estereoscópico. En dichas identificaciones, apoyadas con claves de Choate (2006) y Dindal (1998), se llegó a Phylum (Gastropoda y Oligochaeta), y para el caso de los artrópodos, a Orden. Se estimó la abundancia relativa (%), así como también la densidad de los invertebrados (ind./ m^2). Para determinar las diferencias en las densidades de in-

vertebrados en los distintos rangos altitudinales, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía, y las diferencias fueron evaluadas mediante una prueba *post hoc* de Tukey. La relación entre la abundancia y la altitud, se evaluó mediante regresiones lineales simples (Zar 1984). Se obtuvieron los índices de diversidad de Shannon (H'), de dominancia de Simpson (λ), y equitatividad de Pielou (J'). Se determinaron las diferencias significativas entre las diversidades para muestras pareadas aplicando una prueba de *t* student (Zar 1984; Magurran 1988).

Para ver la similitud entre las comunidades de los siete sitios se efectuó un análisis de conglomerados utilizando el coeficiente de correlación de Pearson y como método de amalgamación se usaron las medias aritméticas no pareadas (UPGMA) (Sokal y Michener 1958; Pearson 1977). Los datos de abundancia fueron normalizados utilizando una corrección mediante $\sqrt{x + 0.5}$ (Zar 1984). Las pruebas estadísticas se realizaron en el programa STATISTICA, versión 6.0 (StatSoft 1995).

Resultados

Se recolectó un total de 5.173 invertebrados, distribuidos en 17 taxones. El 47,39% fueron ácaros (Cryptostigmata 19,50%, Mesostigmata 12,70%, Prostigmata 11,85%, y Astigmata 3,34%). Los Collembola ocuparon el segundo grupo en abundancia, con el 43,10% (Tabla 2); en tercer lugar se encuentran los insectos, con el 4,29%, y dentro de ellos, los Coleoptera fueron los de mayor representación, seguidos de Psocoptera, Thysanoptera, Hemiptera e Hymenoptera; en cuarto lugar se encuentra Gastropoda (2,42%), seguido de Arachnida (1,76%), donde Opilionida resultó el más abundante; posteriormente se encuentran Myriapoda (0,52%) y Oligochaeta (0,46%) (Tabla 2). Los taxones restantes representan menos del 11% de la abundancia con respecto al total de los organismos (Tabla 2).

A los 3.440 m los Collembola muestran su máxima abundancia relativa (60%), mientras que los Cryptostigmata se presentaron en mayor abundancia (55%) a los 3.250 m, los Mesostigmata a los 2.750 m, con un 20%, Prostigmata es más abundante a los 2.830 m con el 21%, y por último Astigmata, a los 2.750 m con el 8% (Tabla 2). Existe una variación espacial en la densidad de los invertebrados, la mayor densidad se registró a los 3.440 m y la menor a los 2.750 m (Tabla 2).

Altitud y diversidad. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en las densidades de los invertebrados en el gradiente altitudinal ($F_{(6,63)} = 0.29$; $p > 0.05$). Sin embargo, al considerar los grupos por separado, en los casos de

Tabla 1. Asociaciones vegetacionales en cada localidad de recolección de invertebrados de musgos corticícolas en el gradiente altitudinal. Volcán Iztaccíhuatl.

Altitud (m)	Vegetación	Especies dominantes
2.720	Bosque de <i>Quercus</i>	<i>Quercus laurina</i> , <i>Buddeia cordata</i>
2.830	Bosque de <i>Quercus</i>	<i>Q. laurina</i> , <i>B. cordata</i>
2.930	Bosque de <i>Quercus</i>	<i>Q. laurina</i> , <i>B. cordata</i>
3.020	Bosque de <i>Abies</i>	<i>Abies religiosa</i>
3.115	Bosque de <i>Abies</i>	<i>A. religiosa</i>
3.250	Bosque de <i>Abies</i>	<i>A. religiosa</i>
3.440	Bosque de pinos- <i>Abies</i>	<i>Pinus hartwegii</i> , <i>A. religiosa</i>

Gasteropoda, Oligochaeta, Opilionida, Cryptostigmata (Fig. 1A), Araneae (Fig. 1B), Diplopoda, Psocoptera, Thysanoptera, Hemiptera e Hymenoptera, se encontró un efecto estadísticamente significativo de esta variable sobre la densidad de los grupos. La prueba de Tukey mostró que las diferencias más claras, en el caso de Opilionida y Cryptostigmata (Fig. 1A) se encuentran entre las altitudes de 3.440 y 3.250 m. En el caso de Gasteropoda, Psocoptera y Hemiptera, las diferencias se encuentran entre las altitudes 3.250 y 3.440 m, mientras que en Thysanoptera e Hymenoptera, se presentan entre los 2.750 y 3.440 m; los Diplopoda indican desigualdades en sus densidades a los 3.020 m, frente a las altitudes restantes; para Araneae las variaciones se encuentran entre las altitudes 2.750 y 2.830 m (Fig. 1B).

El mayor índice de diversidad ($H' = 2,06$), se registró a los 2.930 m y el menor ($H' = 1,01$) a los 3.250 m. La dominancia (λ) es mayor a los 3.250 m con dos taxa muy abundantes, Cryptostigmata y Collembola. En cuanto a la equitatividad, a los 3.440 m se presentó el valor más alto ($J' = 0,80$), con respecto a las otras altitudes (Tabla 2). Se registraron diferencias significativas en los valores de diversidad de taxa para los 2.830 vs. 3.015 m ($t_{1547} = -2,66$, $p < 0,05$), los 2.830 vs. 3.115 m ($t_{1135} = -3,26$, $p < 0,05$), y los 2.830 vs. 3.440 m ($t_{1478} = 2,49$, $p < 0,05$).

El dendrograma de similitud entre altitudes (Fig. 2), muestra dos grupos, el primero que incluye las altitudes menores a 3.000 m y el segundo que comprende las altitudes mayores a 3.000 m. Este agrupamiento indica claramente que la altitud para algunos grupos como Gastropoda, Oligochaeta, Araneae, Pseudoscorpionida, Diplopoda y Hemiptera resulta

una barrera limitante en su distribución. Los dos grupos mostraron, además, diferencias significativas en sus valores de diversidad ($t_{1360} = 2,69$, $p < 0,05$). En el grupo formado por las altitudes de los 3.020 – 3.440 m las altas abundancias están representadas por los taxones Mesostigmata, Cryptostigmata y Collembola. Opilionida sólo está presente en las altitudes mayores de 3.020–3.440 m. De acuerdo con los resultados, a mayores altitudes, Cryptostigmata y Collembola son los más dominantes.

La densidad total de los invertebrados no mostró correlación con la altitud. Por otro lado, considerando cada taxón (en todos los casos: $gl = 68$, $p < 0,05$), se encontró una correlación positiva entre la abundancia y la altitud para Opilionida ($r = 0,9$, $p = 0,004$), Cryptostigmata ($r = 0,40$, $p = 0,04$) (Fig. 3A) y Psocoptera ($r = 0,33$, $p = 0,03$). En cuanto a la relación entre densidad y altitud, se detectó una correlación negativa para Oligochaeta ($r = -0,41$, $p = 0,02$), Araneae ($r = -0,51$, $p = 0,04$) (Fig. 3B) y Hemiptera ($r = -0,43$, $p = 0,04$).

Discusión

Los resultados muestran que la diversidad disminuye mientras que la densidad aumenta conforme se incrementa la altitud lo que concuerda con otros estudios como los realizados por Palacios-Vargas y Castaño-Meneses (2002) en un bosque de *Quercus-Abies*, y por Shen *et al.* (2005) para las montañas del Tibet en China. Esto es posible debido a que cuando se incrementa la altitud, las condiciones del clima se vuelven más extremas, lo que afecta a la riqueza y diversidad (Hodkinson 2005). Por lo que las bajas temperaturas podrían ser una li-

Tabla 2. Abundancia, abundancia relativa (% en paréntesis), Densidad (ind/m²), riqueza de taxones (S), diversidad (H'). Equitatividad (J') y dominancia (λ) de invertebrados en siete altitudes en el Volcán Iztaccíhuatl.

Taxa / altitud (m)	2.750 m	2.830 m	2.930 m	3.020 m	3.115 m	3.250 m	3.440 m
Gastropoda	6 (0,89)	20 (2,67)	17 (2,83)	19 (2,37)	17 (3,38)		46 (4,75)
Oligochaeta	7 (1,04)	4 (0,53)	8 (1,33)	5 (0,62)			
Araneae	9 (1,34)	18 (2,40)	2 (0,33)	1 (0,12)			
Pseudoscorpionida		1 (0,13)	5 (0,83)	2 (0,25)		2 (0,22)	
Opilionida				2 (0,25)	1 (0,19)	1 (0,11)	48 (4,75)
Mesostigmata	123 (18,38)	95 (12,71)	91 (15,16)	131 (16,39)	76 (15,17)	46 (5,16)	95 (9,81)
Prostigmata	105 (15,69)	135 (18,07)	85 (14,16)	57 (7,13)	34 (6,77)	81 (9,09)	116 (11,98)
Astigmata	37 (5,53)	32 (4,28)	28 (4,66)	24 (3,00)	25 (4,98)	15 (1,68)	12 (1,23)
Cryptostigmata	66 (9,86)	69 (9,23)	72 (12,00)	111 (13,89)	99 (19,72)	457 (51,29)	135 (13,94)
Chilopoda	3 (0,44)	2 (0,26)	3 (0,50)	1 (0,12)	4 (0,79)	2 (0,22)	
Diplopoda	1 (0,14)	1 (0,13)	3 (0,50)	7 (0,87)			
Collembola	276 (41,25)	338 (45,24)	240 (40,00)	412 (51,56)	210 (41,82)	259 (29,06)	495 (51,13)
Hemiptera	22 (3,28)	9 (1,20)	7 (1,16)	5 (0,62)	1 (0,19)		
Psocoptera	1 (0,14)	10 (1,33)	10 (1,66)	2 (0,25)	3 (0,59)	15 (1,68)	15 (1,54)
Thysanoptera		4 (0,53)	11 (1,83)	8 (1,00)	18 (3,58)	6 (0,67)	
Coleoptera	13 (1,94)	8 (1,07)	15 (2,5)	10 (1,25)	6 (1,19)	6 (0,67)	6 (0,61)
Hymenoptera		1 (0,13)	3 (0,5)	2 (0,25)	5 (0,99)	1 (0,11)	
Densidad ind.m ²	2.973	3.320	2.667	3.551	2.218	3.960	4.302
Riqueza de taxones (S)	13	16	16	17	13	12	9
H'	1,80	1,90	2,06	1,82	1,81	1,01	1,74
J'	0,74	0,69	0,71	0,66	0,71	0,47	0,80
λ	0,20	0,20	0,17	0,22	0,21	0,54	0,20

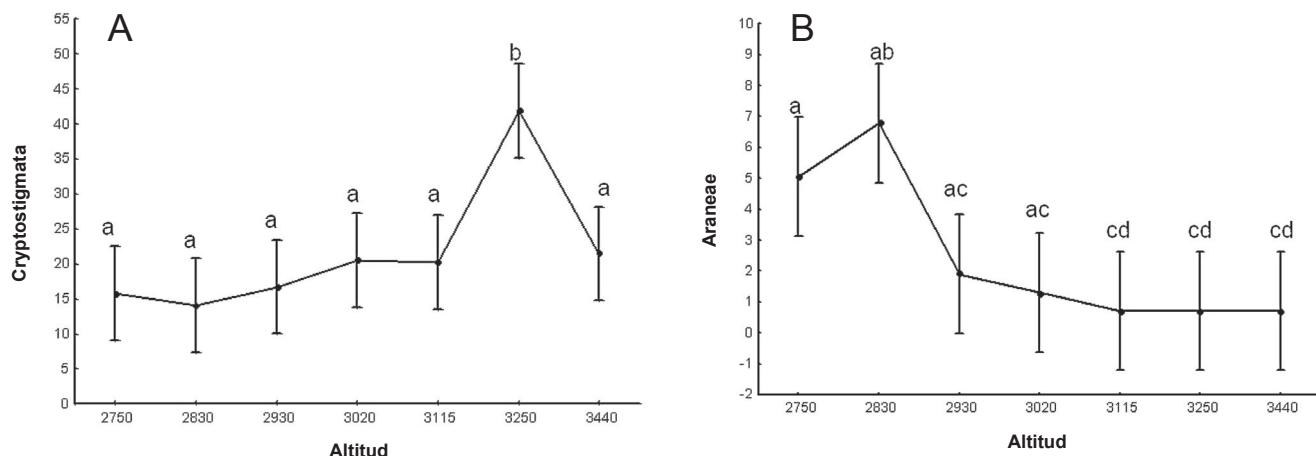


Figura 1. Análisis de varianza de Cryptostigmata (A) y Araneae (B) entre las diferentes altitudes. Letras diferentes denotan diferencia significativa (Tukey $p<0,05$).

mitante en la distribución de las mismas especies. Estudios en zonas tropicales, muestran que en altitudes intermedias (1.500 m), la densidad y riqueza de especies presenta valores máximos, probablemente asociado a que en tales altitudes se tienen una mayor productividad en la comunidad vegetal, y las condiciones ambientales permiten un menor costo para mantener las funciones en dichas altitudes (Janzen 1973).

En nuestro estudio, se observó una reducción significativa en el número de taxones, conforme se incrementó la altitud. Este patrón en la disminución de la riqueza de taxones, ha sido registrado para suelos en una montaña del Tibet (Shen *et al.* 2005), para diferentes hábitats en una montaña de Alemania Central (Perner *et al.* 2005), en briofitas en montañas de Nueva Zelanda y Australia (Andrew *et al.* 2003), y para México, en musgos corticícolas (Cutz-Pool *et al.* 2006; Mejía-Recamier y Cutz-Pool 2007).

Los dos principales factores que han sido propuestos para explicar tales patrones son el tipo de vegetación (Richardson *et al.* 2005), y las condiciones climáticas, particularmente humedad y temperatura. Para nuestro estudio, la temperatura, más que el tipo de vegetación (con mayor homogeneidad y dominada por *Quercus* spp. en los pisos inferiores, y por *Abies religiosa* (Kunth Schltldl. et Cham.) en los superiores), podría resultar el factor límite para distribución de los taxones, particularmente en las altitudes de 3.250 m y 3.440 m, donde las temperaturas resultan menores que las observadas en los pisos inferiores. Para los invertebrados, se ha encontrado que las temperaturas bajas determinan indirectamente la reducción en la riqueza de los taxones, debido a la reducción en recursos y nichos explotables (Hodkinson 2005).

Sin embargo, no ocurre lo mismo con respecto a la densidad de los taxones, ya que este parámetro aumentó con relación a la altitud. Este patrón se ha documentado en ciertos mesostigmados, en las montañas del Tibet (Shen *et al.* 2005), y para cryptostigmados y astigmados en musgos corticícolas mexicanos (Cutz-Pool *et al.* 2006). Los aumentos en la densidad pueden deberse a que en tales condiciones, las especies están sometidas a una menor competencia, puesto que sólo determinadas especies pueden desarrollarse, aumentando así sus poblaciones significativamente.

Los índices de diversidad fueron mayores para las altitudes de 2.840 y 2.930 m (Tabla 2). Esto indica una distribución

más equitativa de los taxones en las unidades muestreadas en dichas áreas. La menor diversidad entre los 3.250 m y los 3.440 m está determinada por Cryptostigmata y Collembola, quienes incrementaron su densidad en dichos pisos. Estos organismos poseen una amplia adaptación a una gran variedad de hábitats, lo que les permite sobrevivir a las condiciones microclimáticas cuando son críticas (Prinzing 2005). Tienden a adaptarse a un hábitat como el musgo para protegerse de los cambios abióticos en las diferentes altitudes (Gadea 1964; Gerson 1969; Prinzing 2005). En particular, los Cryptostigmata se han encontrado en musgos saxícolas y corticícolas en un rango de altitud que va desde los 120 m a los 950 m (Travé 1963; Deharveng y Travé 1981), por lo tanto, en este trabajo la distribución altitudinal se amplía para este taxón. Por otra parte, Mejía-Recamier y Cutz-Pool (2007) registran prostigmados en musgos corticícolas, entre las altitudes de los 2.750 a los 3.440 m, por lo tanto, se observa que los prostigmados mantienen el patrón de distribución altitudinal.

La agrupación de taxones entre los 2.750 – 2.930 m (Fig. 2), indica que estas zonas son áreas que comparten una alta diversidad vegetal y muscícola, la cual sirve a los diversos grupos de invertebrados que tienen los mayores valores de

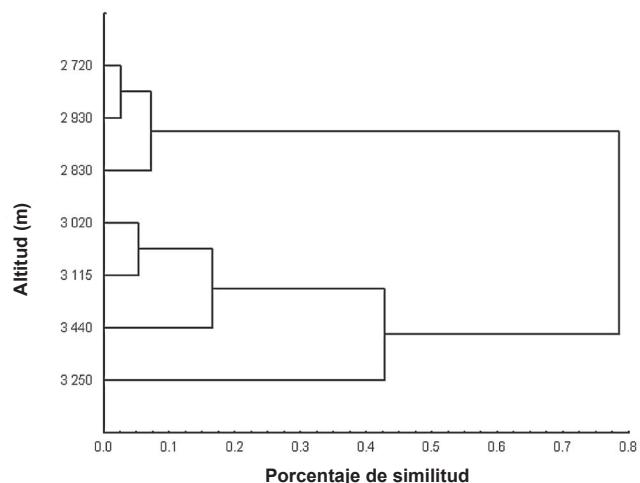


Figura 2. Dendrograma de similitud de invertebrados corticícolas en el gradiente altitudinal de la vertiente noroeste del Volcán Iztaccíhuatl, México.

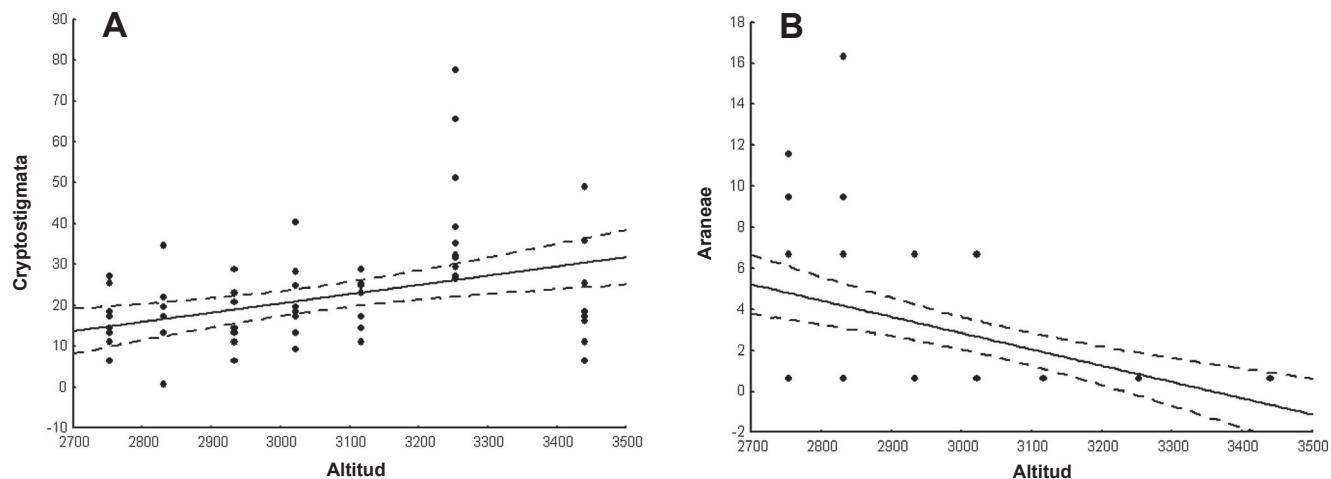


Figura 3. Análisis de regresión entre densidad y altitud para Cryptostigmata (A) y Araneae (B).

riqueza. El segundo grupo, formado entre los 3.020-3.440 m, tiene una menor variedad de grupos.

La heterogenidad del hábitat determina que cada área presente una composición particular de taxones (Willig *et al.* 2003; Medianero *et al.* 2007), lo que explica la poca similitud entre los sitios más alejados, que son las zonas a 2.750 m y las que están a 3.440 m. Existen también fluctuaciones espaciales y temporales de sus riquezas y abundancias que responden a las variaciones en el ambiente y disponibilidad de recursos. De tal forma que la diversidad vegetal y muscícola permite a los invertebrados cambiar su distribución en respuesta a las condiciones ambientales (Halffter y Moreno 2005; Mejía-Recamier y Cutz-Pool 2007).

Conclusión

En nuestro trabajo es manifiesto que el comportamiento de la densidad y la riqueza de artrópodos en bosques templados, difiere sustancialmente de lo que ocurre en los bosques tropicales, ya que en estos últimos, el comportamiento general indica que las altitudes intermedias soportan los valores máximos en tales parámetros (Janzen 1973; Wolda 1987), mientras que en bosques templados, las mayores densidades se registran en las altitudes mayores, y la riqueza se concentra en las altitudes intermedias. Este patrón diferencial puede explicarse como consecuencia de las condiciones extremas de temperatura que pueden presentarse en bosques templados ya que así sólo algunos grupos de animales pueden explotar tales ambientes, y debido a la reducción en la competencia intraespecífica, sus poblaciones aumentan de manera considerable.

Se encontró que el tipo de bosque podría ser determinante para la composición de las comunidades de los invertebrados, ya que ciertos taxones están más relacionados con el bosque que se encuentra a través del gradiente altitudinal, y con las características de la hojarasca que produce cada uno, tal como lo mencionan Richardson *et al.* (2005).

La altitud es un factor relacionado con la composición de los invertebrados, así como la riqueza y la diversidad de las comunidades. El patrón general en nuestro estudio muestra que estos parámetros disminuyen conforme se asciende en el gradiente altitudinal, mientras que ocurre lo contrario para

el caso de la densidad. Grupos como Opilionida, Cryptostigmata y Psocoptera, que se correlacionaron positivamente con la mayor altitud, podrían indicar afinidad a ambientes con temperaturas bajas, mientras que aquellos como Oligochaeta, Araneae y Hemiptera, indicarían una preferencia por condiciones más templadas de temperatura.

Estudios considerando la composición específica de las comunidades de artrópodos, pueden aportar información valiosa no sólo para entender la distribución local de los organismos, sino también sobre la biogeografía de los mismos (Lobo y Halffter 2000). Con nuestro estudio se sientan las bases para entender la compleja dinámica de las comunidades que se distribuyen en un gradiente altitudinal de un bosque templado.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las personas que participaron en el trabajo de campo, Aldo Bernal, Carmen Maldonado y Ricardo Iglesias. Se agradecen las valiosas sugerencias de un revisor anónimo que permitieron enriquecer sustancialmente el trabajo. Luis Parra (ENAP-UNAM) realizó la revisión gramatical del abstract.

Literatura citada

- ANDREW, N.; RODGERSON, L.; DUNLOP, M. 2003. Variation in invertebrate-bryophyte community structure at different spatial scales along altitudinal gradients. *Journal of Biogeography* 30: 731-746.
- BONNET, L.; CASSAGNAU, P.; TRAVE, J. 1975. L'écologie des arthropodes muscicoles à la lumière de l'analyse des correspondances: Collemboles et Oribates Sidobre (Tarn, France). *Oecologia* 21: 359-373.
- CHOATE, P. M. 2006. Introduction to the identification of insects and related arthropods. Disponible en: http://entnemdept.ifas.ufl.edu/choate/insect_orders_06b.pdf. [Fecha revisión: 15 Junio 2008].
- CUTZ-POOL, L. Q.; GARCÍA-GÓMEZ, A.; BERNAL-ROJAS, A. 2006. Variación estacional de los invertebrados asociados a musgos corticícolas en la parte NW del Volcán Iztaccíhuatl, Estado de México, México. *Entomología Mexicana* 5: 227-232.
- DINDAL, D. L. 1998. Soil biology guide. Wiley Interscience Publication, New York, USA. 1349 p.

- DEHARVENG, L.; TRAVÉ, J. 1981. Écologie des oribates (Acariens) et des collemboles (Insectes) de Kerguelen. Biologie des Sols 48: 109-140.
- ESCOBAR, F.; LOBO, J. M.; HALFFTER, G. 2005. Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. Global Ecology and Biogeography 14: 327-337.
- FRANKS, A. J.; BERGSTROM, D. M. 2000. Corticolous bryophytes in microphyll fern forests of South-east Queensland: distribution on Antarctic beech (*Nothofagus moorei*). Austral Ecology 25: 386-393.
- GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. 90 p.
- GADEA, E. 1964. La zoocenosis muscícola en los biotopos altimontanos. Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada 36: 113-120.
- GERSON, U. 1969. Moss-arthropod associations. Bryologist 72: 495-500.
- GORAN, E. 1991. Effects of disturbance on stream moss and invertebrate community structure. Journal of the North American Benthological Society 10: 143-153.
- HALFFTER, G.; MORENO, C. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gama. En: Halffter, G.; Soberón, J.; Koleff, P.; Melic, A. (Eds.). Sobre la diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta gama. Monografías Tercer Milenio, Boletín S.E.A., CONABIO, CONACYT, DIVERSITAS. Zaragoza, España. 5-18.
- HODKINSON, I. D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. Biological Reviews 80: 489-513.
- HOYLE, M.; HARBORNE, A. 2005. Mixed effects of habitat fragmentation on species richness and community structure in a microarthropod microecosystem. Ecological Entomology 30: 684-691.
- HUERTA-PANIAGUA, R. A.; BAUTISTA MARTÍNEZ, N.; BRAVO MOJICA, H.; CARROLLA SÁNCHEZ, J. L.; DÍAZ GÓMEZ, O. 2004. Distribución altitudinal de *Trichobaris championi* Barber (Coleoptera: Curculionidae) y observaciones de campo sobre su biología. Agrociencia 38: 97-106.
- ILKIU-BORGES, A. L.; CALDEIRA-TAVAREZ, A. C.; LOBATO-LISBOA, R. C. 2004. Briófitas da Ilha de Germoplasma, reservatório de Tucuruí, Pará, Brasil. Acta Botánica Brasiliensis 18: 689-692.
- JANZEN, D. H. 1973. Sweep samples of Tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. Ecology 54: 687-708.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; MARTÍN-CANO, J.; MUNGUITA, M. L. 2004. Patrones de diversidad de la fauna de mariposas del Parque Nacional de Cabañeros y su entorno (Ciudad Real, España central) (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidae). Animal Biodiversity and Conservation 27: 15-24.
- KIDRON, G. J.; BARZILAY, E.; SACHS, E. 2000. Microclimate control upon sand micobiotic crusts, Western Negew Desert, Israel. Geomorphology 36: 1-18.
- LOBO, J. M.; HALFFTER, G. 2000. Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): a comparative study. Annals of the Entomological Society of America 93: 115-127.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. USA. 179 p.
- MATTERI, C. M. 1998. La diversidad briológica (o sobre cómo y por qué proteger los musgos). Ciencia hoy, 46: mayo/junio. Disponible en: <http://cienciahoy.org/hoy46/musgos01.htm>. [Fecha de revisión: 22 junio 2001].
- MEDIANERO, E.; CASTAÑO MENESSES, G.; TISHECHKIN, A.; BASSET, Y.; BARRIOS, H.; ØDEGAARD, F.; CLINE, A. R.; BAIL, J. 2007. Influence of local illumination and plant composition on the spatial and seasonal distribution of litter-dwelling arthropods in a tropical rainforest. Pedobiologia 51: 131-145.
- MEJÍA-RECAMIER, B. E.; CUTZ-POOL, L. Q. 2007. Diversidad altitudinal de Bdelliodea (Prostigmata) de musgos corticícolas en el este de México. Entomología Mexicana 6: 54-59.
- MORÓN-S, R. A. 1988. Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana 3: 1-47.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1981. Collembola asociados a *Tillandsia* Bromeliaceae en el Derrame Lávico del Chichinautzin, Morelos, México. Southwestern Entomologist 6: 87-98.
- PALACIOS-VARGAS, J.G. 1982. Microartrópodos asociados a Bromeliáceas. En: Salinas P. J. (Ed.). Zoología Neotropical. Actas del VIII Congreso Latinoamericano de Zoología, I: 535-545.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1985. Microartrópodos del Popocatépetl (aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros e insectos coleóptilos). Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., México. 132 p.
- PALACIOS-VARGAS, J. G.; G. CASTAÑO-MENESSES. 2002. Collembola associated with *Tillandsia violacea* (Bromeliaceae) in Mexican *Quercus-Abies* forests. Pedobiologia 46: 395-403.
- PEARSON, D. L. 1977. A practical comparison of bird community structure on six lowland forest sites. The Condor 79: 232-244.
- PERNER, J.; WYTRYKUSH, C.; KAHMEN, A.; BUCHMANN, N.; EGERER, I.; CREUTZBURG, S.; ODAT, N.; AUDORFF, V.; WIESSE, W. W. 2005. Effects of plant diversity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands. Ecography 28: 429-442.
- PRINZING, A. 2005. Corticolous arthropods under climatic fluctuations: compensation is more important than migration. Ecography 28: 17-28.
- RICHARDSON, B. A.; RICHARDSON, M. J.; SOTO-ADAMES, F. N. 2005. Separating the effects of forest type and elevation on the diversity of litter invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. Journal of Animal Ecology 74: 926-936.
- SHEN, J.; SOLHØY, T.; HUIFU, W.; VOLLANT, T. I.; RUMEI, X. 2005. Differences in soil arthropod communities along a high altitude gradient at Shergyla Mountain, Tibet, China. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 37: 261-266.
- SOKAL, R. R.; MICHENNER, C. D. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. University of Kansas Science Bulletin 38: 1409-1438.
- STATSOFT INC. 1995. Statistical user guide. Complete Statistical System StatSoft. Oklahoma., U.S.A.
- TRAVÉ, J. 1963. Écologie et biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arbóreoles. Publications du laboratoire Arago, Université de Paris, France 14: 1-267.
- VIDAL-ZEPEDA, R. 2005. Las regiones climáticas de México. Temas selectos de geografía de México. Instituto de Geografía-UNAM, México, D. F. 212 p.
- WILLIG, M. R.; KAUFMAN, D. M.; STEVENS, R. D. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 34: 273-309.
- WOLDA, H. 1987. Altitude, habitat and tropical insect diversity. Biological Journal of the Linnean Society 30: 313-323.
- ZAR, H. J. 1984. Biostatistical Analysis. Segunda Edición. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey. 605 p.

Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia

Abundance of springtails (Hexapoda: Collembola) and edaphic parameters from a deciduous dry forest

JOSÉ ANTONIO GÓMEZ-ANAYA¹, JOSÉ G. PALACIOS-VARGAS² y GABRIELA CASTAÑO-MENESES^{2,3}

Resumen: Se describen y comparan los patrones de abundancia de colémbolos de hojarasca y suelo de dos cuencas hidrológicas de la Estación de Biología Chamela (EBCh, UNAM) en Jalisco, México, con base en colectas mensuales durante un año. Esta localidad, donde el tipo de vegetación dominante es la selva baja caducifolia, presentó un año de precipitación pluvial atípico durante los muestreos realizados, con la mayor cantidad de lluvia durante enero. El muestreo de ambos biotopos fue aleatorio, los núcleos fueron de igual tamaño (95 cm^2) y se procesaron *in situ* mediante embudos de Berlese. Adicionalmente, se cuantificaron diferentes variables edáficas. Se analizó el efecto de los factores cuenca, biotopo y estacionalidad sobre la abundancia de las familias de Collembola. Mediante análisis de conglomerados (AC) se exploran las relaciones faunísticas entre los ensamblajes, y mediante análisis de correspondencia canónica (ACC), las relaciones entre los ensamblajes y las variables fisicoquímicas del suelo. Se obtuvieron 24.253 colémbolos pertenecientes a trece familias. Las más abundantes fueron Isotomidae, Entomobryidae, Hypogastruridae y Sminthuridae. El AC mostró mayor similitud entre biotopos que entre cuencas, mientras que en el ACC la variable más importante para explicar la distribución y abundancia de los Collembola fue la humedad.

Palabras clave: Análisis de Conglomerados. Análisis de Correspondencia Canónica. Chamela. México. Patrones de abundancia.

Abstract: The abundance patterns of leaf litter and soil springtails (Hexapoda: Collembola) from two hydrological watersheds of the Chamela Biological Station (EBCh, UNAM) in Jalisco, Mexico are described and compared based on monthly sampling over one year. This locality, where the dominant vegetation is tropical dry forest, had an atypically high rainfall during the sampling period, with the greatest amount of rain during January. Sampling in both biotopes was random, the areas sampled were of the same size (95 cm^2), and these were processed *in situ* using Berlese funnels. In addition, different edaphic characteristics were quantified. The effect of watershed, biotope and seasonality factors on the abundance of Collembola families was analysed. Using Cluster Analysis (CA), the faunistic relationships between the assemblages were explored, and using Canonical Correspondence Analysis (CCA) the relationships between assemblages and the physico-chemical variables of the soil. A total of 24.253 Collembola were obtained, belonging to 13 families. The most abundant were Isotomidae, Entomobryidae, Hypogastruridae and Sminthuridae. The CA showed more similarity between biotopes than between hydrological watersheds, while in the CCA the most important variable to explain the distribution and abundance of the Collembola was humidity.

Key words: Cluster analysis. Abundance patterns. Canonical Correspondence Analysis. Chamela. Mexico.

Introducción

Los microartrópodos son un componente importante de la fauna del suelo y de otros medios (Palacios-Vargas *et al.* 2007). En general, los grupos del suelo mejor representados por su diversidad y abundancia son los ácaros oribátidos y los colémbolos (Johnston 2000). Su importancia radica en que su actividad puede influir en la formación y fertilidad de los suelos afectando de esta manera en el nivel de producción primaria del ecosistema (Najt 1973; Tanaka *et al.* 1978; Faber 1992) y en el ciclo de los nutrientes (Heneghan y Bolger 1998). Por lo anterior, es importante el estudio de su diversidad, distribución, abundancia, biomasa y el carácter de su actividad.

Se sabe que los microartrópodos están relacionados con diferentes factores del medio tales como pH (Loranger *et al.* 2001), materia orgánica (Merilä y Ohtonen 1997) disponibilidad de nutrientes (Bird *et al.* 2000), tipo de humus (Hagvar 1982, 1983; Hagvar y Abrahamsen 1984; Ponge *et al.* 1986;

Schaefer y Schauermann 1990; Chagnon *et al.* 2001; Cassagne *et al.* 2003) y cubierta vegetal (Paquin y Coderre 1997). Pero se sabe poco acerca de la relación entre los Collembola y las diferentes características químicas del suelo (Hagvar y Abrahamsen 1984; Chagnon *et al.* 2000a; Loranger *et al.* 2001). Dentro de la ecología, el tema principal ha sido el de los factores que controlan su abundancia; autores como Takeda (1981), Holt (1985), Arbea y Jordana (1985), Gamma *et al.* (1991) y Díaz y Najt (1990), entre otros, indican que la reducción en la humedad durante la estación seca es lo que más afecta a las poblaciones edáficas. Por otro lado, el efecto del uso del suelo sobre la fauna de colémbolos se ha documentado en algunas ocasiones, señalando que las prácticas agrícolas producen una ruptura total del equilibrio de las comunidades edáficas (Huhta *et al.* 1967; Izarra y Boo 1980; Reyes y Breceda 1985; Jordana *et al.* 1987).

No obstante, hay trabajos que señalan que muchas especies de colémbolos son sensibles a los cambios en las condiciones edáficas y han sido utilizados como bioindicadores de

¹ Técnico Departamento de Entomología, Instituto de Ecología, A.C. AP 63, 91000, Xalapa, Veracruz, México. antonio.gomez@inecol.edu.mx.

² Investigador Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F. trogolaphysa@hotmail.com.

³ Técnico Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Boulevard Juriquilla 3001, C.P. 76230, Querétaro, Querétaro, México. gcm@hp.ciencias.unam.mx.

la salud del suelo (Prat y Massoud 1980; Pinto *et al.* 1997; Kovác y Miklisová 1997; Greenslade 1997; Frampton 1994, 1997). En este sentido, su utilidad ha sido registrada tanto a nivel de especie (Bengtsson *et al.* 1983, 1985a, b; Dunger 1986) como familia (Waikhom *et al.* 2006; Baretta *et al.* 2008).

Los Collembola pueden resultar más abundantes en ciertos tipos de suelo (Olejniczak 2000). Su diversidad supera actualmente las 7.000 especies a nivel mundial (Palacios-Vargas 2000), siendo mayor hacia los trópicos. En México el conocimiento que se tiene de estos organismos es principalmente taxonómico. Relativamente pocos estudios han aportado información ecológica, de ellos podemos mencionar el de Lavelle *et al.* (1981); Palacios-Vargas (1985); Villalobos, (1989, 1990); Miranda y Palacios-Vargas (1992); Mendoza (1995); Palacios-Vargas *et al.* (1998); Mendoza *et al.* (1999) y Cutz-Pool *et al.* (2007). La actualización más reciente al catálogo de los Collembola de México registra más de 600 especies (Palacios-Vargas 1997).

Desafortunadamente, resta mucho por hacer en relación al conocimiento taxonómico de un grupo tan diverso como este (Chagnon *et al.* 2000b) y, tal vez ante la alta tasa de pérdida de los bosques tropicales, muchas especies nunca serán conocidas (Janzen 1988; Trejo y Dirzo 2000). El objetivo del presente estudio es describir y comparar los patrones de abundancia de las familias de Collembola de dos cuencas similares en cuanto a su producción anual de hojarasca; así como el explorar la relación entre la abundancia del grupo y una serie de variables edáficas.

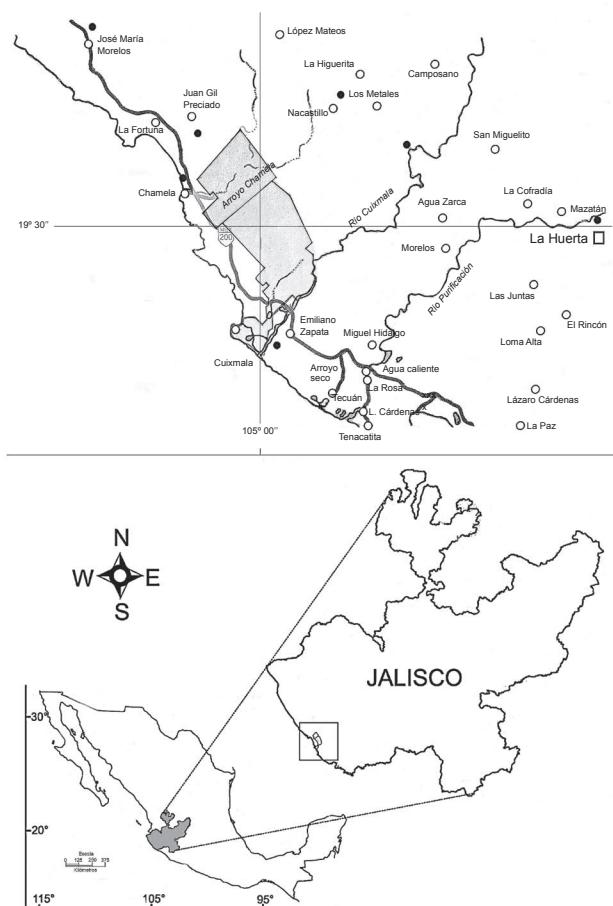


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC) en la Costa del Estado de Jalisco, México.

Materiales y Métodos

Área de estudio. La Estación de Biología Chamela (EBCh) se localiza en la Costa del Pacífico mexicano ($19^{\circ}30'N$, $105^{\circ}03'W$), en una región montañosa de relieves dominados por lomeríos y planicies aluviales (Fig. 1). Comprende una superficie de 3.200 hectáreas y es parte integral de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC), que actualmente, mediante un convenio entre la UNAM y la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., protege a más de 13.000 hectáreas de selvas y humedales. Su clima es cálido húmedo con una temperatura promedio de 22 a 26°C y precipitación total anual que varía de 400 a 1.300 mm distribuyéndose en un periodo de cuatro a seis meses, por lo que existe una marcada estacionalidad (Trejo y Dirzo 2000). El periodo de lluvias comprende de julio a octubre y el de secas de noviembre a junio (Maass *et al.* 2002). La precipitación promedio anual es de 748 mm en la zona de lomeríos y de 782 mm en Cuixmala (García-Oliva *et al.* 1991). La selva se caracteriza por su diversidad de flora y fauna y por su elevado número de especies endémicas (Lott *et al.* 1987). La tenencia de la tierra en la Reserva corresponde principalmente a dos propiedades privadas: una de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y otra de la Fundación Ecológica Cuixmala A.C. El nombre del área protegida deriva del pequeño poblado de Chamela, que fue un importante puerto hace varias décadas, y del Río Cuixmala, límite natural del área y el de mayor caudal en esta región (Noguera *et al.* 2002).

Muestreo. El muestreo de ambos biotopos fue aleatorio, los núcleos de suelo fueron de igual tamaño (95 cm^2) y fueron procesados *in situ* mediante una batería de embudos de Berlese en la Estación de Biología de Chamela (EBCh) durante tres días sin fuente de luz, y los siguientes tres con una bombilla de 25watts por embudo. La fauna extraída se fijó en etanol 75% y fue transportada al Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microatrópodos de la Facultad de Ciencias-UNAM. Los colémbolos fueron separados del resto de la fauna y cuantificados a nivel de familia, para lo cual fue necesario realizar numerosas preparaciones semipermanentes en líquido de Hoyer, de acuerdo con la técnica de Christiansen y Bellinger (1980-81).

Adicionalmente, se cuantificaron 17 variables edáficas que fueron medidas en las mismas muestras de suelo de las cuales se extrajo la fauna. Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Edafología "Nicolás Aguilera" de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Las variables fueron: los porcentajes de fracción fina < 2 mm (FF) y gruesa > 2 mm (FG) mediante el tamizado en seco con malla de abertura 2 mm; arena (ARE); limo (LIM); arcilla (ARC); carbono (C) y materia orgánica (MO) mediante el método modificado de Walkley y Black (Jackson 1982); humedad (HUM) como porcentaje calculado por regla de tres en relación al peso húmedo y peso seco de cada muestra. Densidad real (DR) con un picnómetro y densidad aparente (DA) por el método de Probeta; el porcentaje de porosidad (POR) se calculó mediante el cociente DA/DR. El pH se determinó en una solución de suelo y agua destilada de 1:2.5 con un potenciómetro Corning Modelo 7; el magnesio (Mg) y calcio (Ca) mediante el método de extracción con acetato de amonio 1N pH 7 y valoración con varsenato EDTA 0.02N (Jackson 1982); sodio (Na) y potasio (K) por el método de extracción de acetato de amonio 1N pH 7 y determinación con fotómetro de llama Corning 400 (Jackson

1982), y la capacidad de intercambio catiónico (CICT) por el método de saturación con CaCl_2 , lavado con etanol al 96% y elución con NaCl 1N pH7 y valoración con varsenato (EDTA 0.02N) y negro de ericromo T (Jackson 1982).

Análisis estadístico de datos. Para comparar la constitución edáfica del suelo de ambas cuencas y de las temporadas de lluvias y secas se utilizó una prueba t^2 de Hotelling, las diferencias, cuando se presentaron, se detectaron mediante los respectivos valores de las pruebas de t incluidos en la rutina. Por otro lado, la abundancia de colémbolos por muestra fue transformada como $\log(x+1)$ (Vegter *et al.* 1988), tanto para los conteos totales, como para aquellos de cada familia, con lo cual se logró normalidad e igualdad de varianzas. Un análisis de varianza de tres vías (ANOVA) fue utilizado para probar el efecto de los factores cuenca, biotopo y mes (tiempo) sobre la abundancia de Collembola. De haber efecto significativo de algún factor o en algún efecto cruzado se procedió a realizar los contrastes de Bonferroni. Asimismo, se calcularon los coeficientes de correlación de Kendall entre las abundancias de las familias y las variables edáficas. Los gráficos y tablas se generaron a partir de los datos sin transformar. Los análisis se realizaron con el paquete STATISTICA ver. 7.1 (StatSoft 2006).

Las relaciones faunísticas de los ensamblajes fueron exploradas mediante la técnica de análisis de conglomerados (AC), para lo cual se construyó una matriz de similitud de Bray-Curtis (similitud cuantitativa), y se utilizó como método de amalgamiento la unión de pares por promedio (UPGMA). Este análisis fue realizado con el programa PC-ORD 5 (McCune y Grace 2002).

Finalmente, analizamos las relaciones que entre las abundancias de Collembola y las variables fisicoquímicas del suelo por medio de un análisis de correspondencia canónica

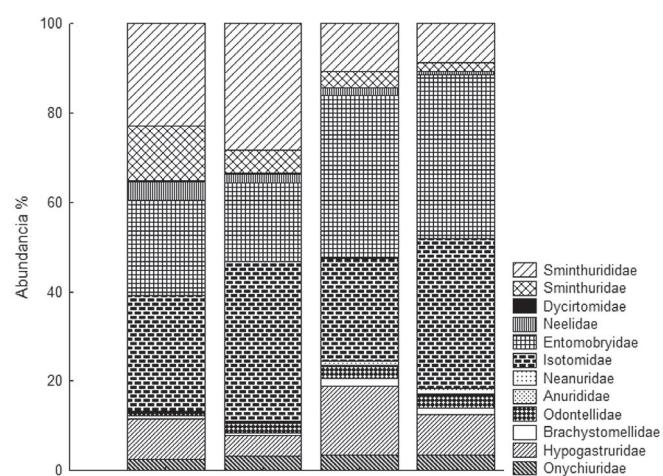


Figura 2. Proporción que ocupan las familias en cada ensamblaje de colémbolos de Chamela. HC1= hojarasca de la cuenca 1, HC4= hojarasca de la cuenca 4, SC1= suelo de la cuenca 1 y SC4= suelo de la cuenca 4.

(ACC). La significancia estadística del primer eje y del conjunto de ejes canónicos se comprobó mediante 499 pruebas de permutaciones no restringidas de MonteCarlo. Este análisis fue realizado con el programa CANOCO 4.5 para Windows (ter Braak y Smilauer 1998).

Resultados

Desde el punto de vista edáfico, ambas cuencas resultaron estadísticamente diferentes ($T^2=112,9$, $F_{17,176}=6,1$, $P < 0.001$), sin embargo los valores de la prueba de t evidenciaron que algunas variables fueron iguales entre las cuencas (Tabla 1). De la misma forma existen diferencias edáficas entre las tempo-

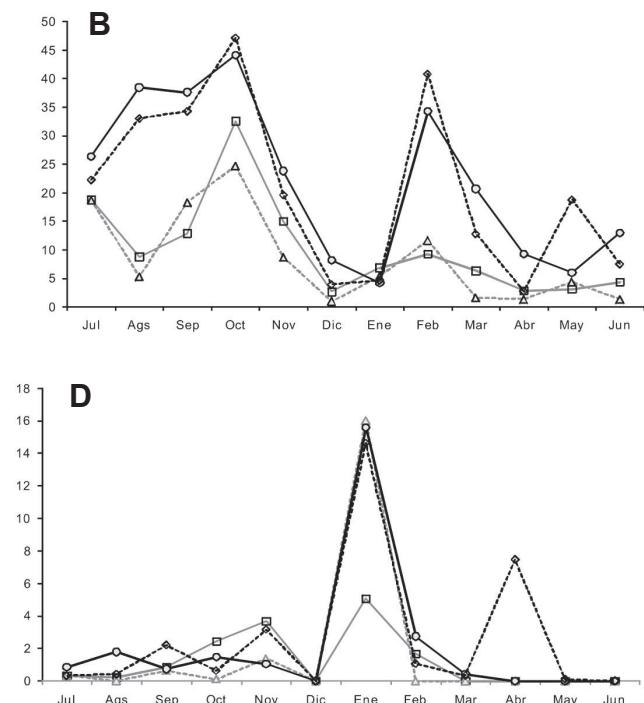
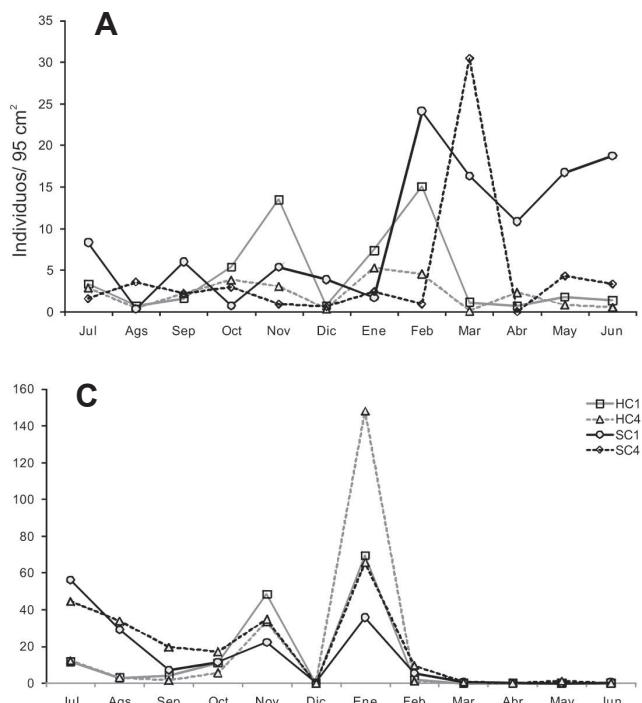


Figura 3. Patrones de abundancia de: A. Hypogastruridae, B. Entomobryidae, C. Isotomidae y D. Onychiuridae por cuenca y biotopo en la EBCh, Jalisco, México. HC1= hojarasca de la cuenca 1, HC4= hojarasca de la cuenca 4, SC1= suelo de la cuenca 1 y SC4= suelo de la cuenca 4.

Tabla 1. Valores promedio para los parámetros edáficos en las dos cuencas y durante las temporadas de lluvias y de secas en la EBCh.

Parámetro	Abreviatura	Cuenca				Temporada			
		1	4	t	p	Lluvia	Seca	t	p
Fracción gruesa > 2mm	FG	123,73	95,41	2,5	0,013*	92,59	121,6	-2,534	0,012*
Fracción fina < 2mm	FF	209,79	242	-3,72	0,000*	204,9	241,1	-4,137	0,000*
Densidad aparente	DA	1,14	1,18	-3,82	0,000*	1,16	1,16	-0,108	0,914
Densidad real	DR	2,45	2,49	-4,54	0,000*	2,45	2,48	-3,035	0,003*
Porosidad	POR	53,34	52,53	2,36	0,019*	52,6	53,17	-1,63	0,105
pH	pH	6,3	6,55	-2,89	0,004*	6,51	6,36	1,681	0,094
Arena	ARE	75,07	74,98	0,22	0,828	73,98	75,75	-4,5	0,000*
Limo	LIM	17,81	18,21	-1,08	0,279	18,5	17,67	2,278	0,024*
Arcilla	ARC	7,11	7,08	0,13	0,894	7,59	6,74	5,039	0,000*
Materia orgánica	MO	6,87	5,49	4,24	0,000*	5,91	6,37	-1,336	0,183
Carbono	C	4,03	3,16	4,59	0,000*	3,48	3,67	-0,965	0,336
Capacidad de intercambio catiónico	CICT	18,68	16,64	2,35	0,020*	17,97	17,43	0,611	0,542
Calcio	Ca	11,34	10,46	1,18	0,238	11,05	10,79	0,349	0,727
Magnesio	Mg	2,47	1,92	4,13	0,000*	2,36	2,08	2,038	0,043*
Sodio	Na	0,64	0,63	0,23	0,816	0,71	0,58	3,42	0,001*
Potasio	K	0,83	0,71	4,53	0,000*	0,76	0,77	-0,408	0,683
Humedad relativa	HUM%	4,06	3,76	0,83	0,405	5,85	3,06	8,236	0,000*

* = variables con diferencia estadística ($P < 0.05$).

radas de lluvias y secas ($T^2=172,1 F_{17,176} = 9,28, P < 0.0001$). En este último caso las diferencias más notables estuvieron en las proporciones de fracción gruesa, fina, arena, limo y arcilla, así como en el contenido de humedad que fue en lluvias casi el doble del de la época seca.

Estructura general de los ensamblajes de Collembola. Se recolectaron 24.243 colémbolos pertenecientes a trece familias (Tabla 2). En el biotopo hojarasca se colectaron 10.920 individuos, que representan el 45% del total, siendo la abundancia de ambos ensamblajes de la hojarasca prácticamente

igual: 5.493 individuos para la cuenca 1 y 5.427 individuos para la cuenca 4. En el suelo se recolectaron en total 13.323 (55%) colémbolos, de los cuales 6.918 fueron de la cuenca 1 y 6.405 de la cuenca 4. Las familias dominantes fueron Isotomidae (29,3%) y Entomobryidae (28,9%), los Sminthuridae sólo contabilizaron el 16,8% de la abundancia total (Tabla 2).

En ambos biotopos de la cuenca 1 se registraron 12 familias. Los Paronellidae (*Salina* spp.) sólo se registraron accidentalmente de la hojarasca de la cuenca 4. En la hojarasca de la cuenca 1 (HC1) las familias dominantes fueron

Tabla 2. Abundancia total (Abd), relativa (%) y densidad media (DM), por 95 cm² (A) y 1 m² (B), de colémbolos en la EBCh, Jalisco, México.

	HC1				SC1				HC4				SC4				To-tal	DM		
	DM		DM		DM		DM		DM		DM		DM		DM					
	Abd	%	A	B	Abd	%														
Onychiuridae	135	0,6	1	118	234	1,0	2	205	175	0,7	2	154	217	0,9	2	190	761	3	6	668
Hypogastruridae	501	2,1	4	440	1.074	4,4	9	942	249	1,0	2	218	578	2,4	5	507	2.402	10	20	2.107
Brachystomellidae	36	0,1	0,3	32	119	0,5	1	104	34	0,1	0,3	30	104	0,4	1	91	293	1	2	257
Odontellidae	36	0,1	0,3	32	186	0,8	2	163	121	0,5	1	106	191	0,8	2	168	534	2	5	468
Anurididae	1	0,0	0,0	1	19	0,1	0,2	17	1	0,0	0	1	8	0,0	0,1	7	29	0,1	0,2	25
Neanuridae	21	0,1	0,2	18	58	0,2	0,5	51	14	0,1	0,1	12	79	0,3	1	69	172	1	1	151
Isotomidae	1.422	5,9	12	1.247	1.597	6,6	13	1.401	1.940	8,0	16	1702	2.146	8,9	18	1.883	7.105	29	59	6.233
Entomobryidae	1.170	4,8	10	1.026	2.522	10,4	21	2.212	965	4,0	8	847	2.345	9,7	20	2.057	7.002	29	58	6.142
Paronellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
Neelidae	235	1,0	2	206	111	0,5	1	97	104	0,4	1	91	52	0,2	0,4	46	502	2	4	440
Dicyrtomidae	9	0,0	0,1	8	13	0,1	0,1	11	12	0,0	0,1	11	9	0,0	0,1	8	43	0,2	0,4	38
Sminthuridae	670	2,8	7	588	251	1,0	2	220	283	1,2	2	248	125	0,5	1	110	1.329	6	11	1.166
Sminthuridae	1.257	5,2	11	1.103	734	3,0	6	644	1.529	6,3	13	1.341	550	2,3	5	483	4.070	17	34	3.570
Total	5.493	22,7	46	4.818	6.918	28,5	58	6.068	5.427	22,4	120	4.761	6.405	26,4	120	5.618	24.243	100	202	21.266

HC1 = Hojarasca cuenca 1, SC1 = Suelo cuenca 1, HC4 = Hojarasca cuenca 4, SC4 = Suelo cuenca 4.

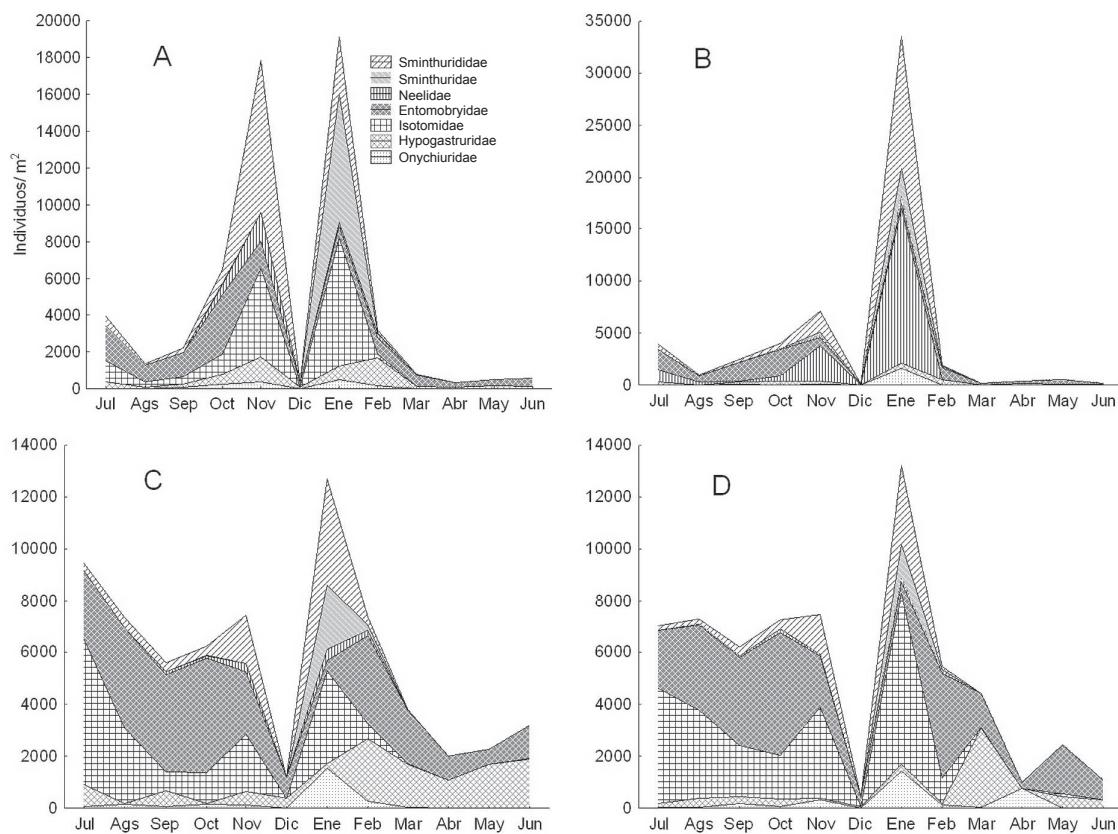


Figura 4. Dominancia temporal de las familias más abundantes y constantes de Collembola de Chamela, Jalisco, México, por cuenca y biotopo; a y b son los ensamblajes de hojarasca de las cuencas 1 y 4 respectivamente, mientras que c y d son los respectivos de suelo 1 y 4.

Isotomidae (5,9%), Sminthuridae (5,2%) y Entomobryidae (4,8%); en la hojarasca de la cuenca 4 (HC4) lo fueron Isotomidae (8%), Sminthuridae (6,3%) y Entomobryidae (4%); en el suelo de la cuenca 1 (SC1) Entomobryidae (10,4%), Isotomidae (6,6%) y Sminthuridae (3%) y, finalmente, en el suelo de la cuenca 4 (SC4) fueron Entomobryidae (9,7%), Isotomidae (8,9%) y las familias Hypogastruridae y Sminthuridae que tuvieron un porcentaje similar (2,4% y 2,3%, respectivamente). La composición porcentual de las familias en cada ensamblaje (Fig. 2) mostró mayor similitud entre biotopos que entre cuencas.

La densidad media (DM) de colémbolos en HC1 fue de 4.818 ind/m² y para HC4 fue de 4.761 ind/m². En el SC1 la DM fue de 6.068 ind/m², mientras que en SC4 fue de 5.618 ind/m². En general, los Isotomidae (6.233 ind/m²), Entomobryidae (6.142 ind/m²), Sminthuridae (3.570 ind/m²), Hypogastruridae (2.107 ind/m²) y Sminthuriidae (1.166 ind/m²) presentaron las mayores densidades (Tabla 2).

Abundancia. La abundancia de colémbolos muestra efecto significativo de la cuenca ($F_{1,432} = 7,9$, $P = 0,005$), del biotopo ($F_{1,432} = 120,6$, $P < 0,05$), del mes de captura ($F_{11,432} = 59,15$, $P < 0,05$) y del efecto cruzado biotopo*mes ($F_{11,432} = 6,62$, $P < 0,05$), pero no de los efectos cruzados biotopo*cuenca ($F_{1,432} = 1,1$, $P = 0,30$), cuenca*mes ($F_{11,432} = 0,97$, $P = 0,47$) y cuenca*biotopo*mes ($F_{11,432} = 1,14$, $P = 0,33$). De esta forma, es mayor la abundancia, y por ende la densidad, de colémbolos en la cuenca 1 (12.411 colémbolos, 5.443 ind/m²) que en la cuenca 4 (11.832 colémbolos, 5.190 ind/m²). También es

estadísticamente mayor la densidad de colémbolos en suelo (5.843 ind/m²) que en hojarasca (4.789 ind/m²). La significancia en el efecto cruzado biotopo*mes implica que existe diferencia en la abundancia registrada entre los biotopos hojarasca y suelo en algunos meses, independientemente de la cuenca que se trate. Este efecto presentó un patrón bien definido, donde la abundancia promedio en el suelo es mayor a lo largo del año (excepto en enero). Las diferencias evidenciadas por los contrastes de Bonferroni corroboraron que la abundancia promedio mensual en suelo es superior a la abundancia promedio mensual de la hojarasca de cualquier mes.

Por otro lado, no hubo diferencia en la abundancia de ninguna familia entre las cuencas ($P = 0,68$, sin considerar a los Paronellidae en esta comparación), mientras que entre los biotopos, los Hypogastruridae, Brachystomellidae, Anuridiidae, Neanuridae y Entomobryidae fueron más abundantes en el suelo.

Fluctuación de la abundancia de las familias. Los patrones de abundancia de los Hypogastruridae fueron erráticos en los cuatro ensamblajes y sólo mostraron picos de mayor abundancia en el suelo de ambas cuencas después de las lluvias atípicas de enero (Fig. 3A). Los patrones de los Entomobryidae fueron similares y mostraron mayor abundancia en ambos ensamblajes del suelo; también similares a lo largo del año y mostraron menor abundancia en hojarasca. En diciembre y enero ocurrieron las menores abundancias de manera simultánea en los cuatro ensamblajes (Fig. 3B). Los Isotomidae mostraron patrones similares en los cuatro biotopos;

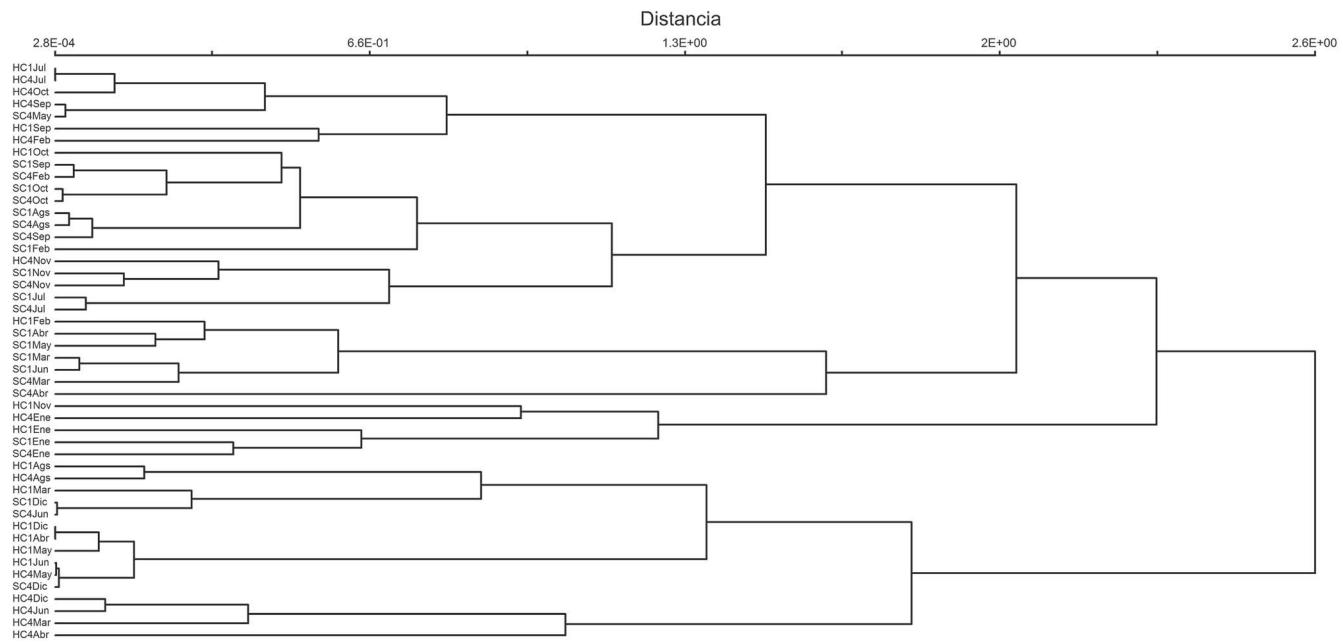


Figura 5. Dendrograma que muestra las relaciones faunísticas de los ensamblajes mensuales de las familias de Collembola en hojarasca y suelo de las cuencas 1 y 4 de Chamela, Jalisco, México.

en diciembre todos los ensamblajes mostraron disminución en la abundancia, pero luego en enero se incrementó notablemente (Fig. 3C). Los Onychiuridae también incrementaron su abundancia durante enero principalmente (Fig. 3D). Otras familias como los Brachystomellidae fueron más abundantes en enero y febrero y sus menores abundancias ocurrieron de marzo a junio; los Odontellidae tuvieron su mayor abundancia entre septiembre y febrero, exceptuando diciembre, el resto de los meses presentaron abundancias mínimas; los registros de los Anurididae fueron mayores entre julio y febrero, de marzo a junio no hubo representantes de esta familia; los Neanuridae fueron más abundantes durante julio y febrero, exceptuando diciembre, y con menores registros entre marzo y junio; los Neelidae (*Megalothorax minimus* Willem, 1900) tuvieron mayores registros entre octubre y febrero, exceptuando diciembre, de marzo a junio su abundancia fue nula; los Dicyrtomidae incrementaron notablemente su abundancia en enero y febrero, también existió registro en septiembre y octubre, el resto de los meses no hubo representantes de esta familia; los Sminthuridae se registraron principalmente en enero, los muestreos restantes no los registraron. Finalmente, los Sminthuridae mostraron su mayor incremento en noviembre y enero, su registro fue mínimo de julio a octubre.

Dominancia temporal. Varias familias están bien representadas en los ensamblajes de hojarasca durante los meses de recolección (Figs. 4A, B) especialmente los Entomobryidae e Isotomidae dominan ampliamente en el suelo a través del año. Los ensamblajes de suelo (Figs. 4C, D) guardan una mayor similitud en su dominancia temporal.

Análisis de conglomerados. Se conforman dos grupos a la mayor distancia (Fig. 5). Sin embargo, los ensamblajes mensuales son mixtos, esto es, los conforman hojarasca y suelo de diferentes meses. Esto supone que no existe un patrón de

relaciones faunísticas definido en esta dimensión. El establecimiento de ensamblajes tan diferentes de ambas cuencas y ambos biotopos a través del tiempo no permite establecer claramente los grupos. Sin embargo, de manera general es posible apreciar que son más parecidos los ensamblajes entre biotopos iguales (Fig. 6). Resultan más similares ambos ensamblajes de suelo que los de hojarasca, sin duda, el suelo es más estable, mientras que la hojarasca puede acumularse de manera diferencial en ambas cuencas y permitir la conformación de ensamblajes un poco más diferenciados.

Variables del suelo y colémbolos. Casi todas las familias se correlacionaron positivamente con la humedad del suelo, excepto Hypogastruridae (Tabla 3); sin embargo, la abundancia de esta familia se correlacionó positivamente con la porosidad, materia orgánica, carbono, magnesio y potasio, y negativamente con las densidades aparente y real y con el pH. Los coeficientes de correlación significativos entre abundancia y humedad oscilaron entre 0,16 (Neanuridae) y 0,84 (Isotomidae). La abundancia de los Entomobryidae se correlacionó significativamente ($P < 0,05$) con la mayoría de las variables edáficas. Siendo los más marcados, además de la humedad, la densidad aparente, arcilla, capacidad de intercambios catiónico, porosidad, materia orgánica, carbono y calcio.

Ánálisis de correspondencia canónica. Los resultados del análisis de correspondencia canónica fueron globalmente significativos (traza = 0,54, $F = 3,80$, $P = 0,002$, Tabla 4). Los primeros tres ejes ofrecieron una buena solución a la ordenación de las variables fisicoquímicas y de las familias de Collembola ya que de la variabilidad total en los datos de abundancia de las familias (inerzia= 2,35) fue explicable al 91,6% mediante el conjunto de dichos ejes. El primer eje canónico fue también estadísticamente significativo (eigenvalue = 0,29, $F=29,84$, $P = 0,002$).

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables edáficas y la abundancia de las familias de Collembola de EBCh.

	ONY	HYP	BRA	ODO	ANU	NEA	ISO	ENT	NEE	DYC	SMDD	SMI	TOT
FG	-0,04	0,14	-0,15*	-0,23*	0	0,09	-0,13	0,08	-0,03	-0,02	0,08	-0,08	-0,07
FF	-0,09	0	-0,01	0	-0,1	-0,18*	-0,17*	-0,17*	-0,14*	-0,06	-0,12	-0,18*	-0,14
DA	0,1	-0,26*	0,14	0,01	-0,17*	0,03	0,04	-0,33*	-0,01	0,1	0,11	0,03	-0,1
DR	0,01	-0,17*	0,09	-0,09	-0,15*	-0,01	-0,01	-0,22*	-0,02	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09
POR	-0,1*	0,22*	-0,18*	-0,08	0,07	-0,06	-0,11	0,26*	-0,04	-0,17*	-0,19*	-0,11	0,02
pH	0,02	-0,17*	0,04	0,04	0,12	0,09	0,1	0,16*	0,06	0,1	-0,05	0,07	0,05
ARE	-0,06	0,07	0,06	-0,1	-0,06	-0,1	-0,06	-0,13	-0,01	0,03	0,08	-0,12	-0,1
LIM	0,1	-0,07	-0,05	0,11	0	0,1	0,02	-0,03	0	-0,01	0,01	0,05	0,04
ARC	-0,04	-0,08	-0,07	0	0,18*	0,08	0,13	0,27*	0,01	-0,08	-0,09	0,12	0,08
MO	-0,14	0,19*	-0,14	-0,09	0,14*	-0,1	-0,1	0,26*	-0,07	-0,02	-0,11	-0,11	0
C	-0,13	0,18*	-0,13	-0,09	0,14*	-0,1	-0,1	0,26*	-0,07	-0,01	-0,11	-0,1	0,01
CICT	-0,08	0,08	-0,16*	-0,1	0,12	-0,05	-0,04	0,27*	-0,07	-0,03	-0,06	-0,09	0
Ca	-0,07	0,05	-0,17*	-0,14*	0,14*	-0,03	-0,03	0,26*	-0,05	-0,03	-0,06	-0,07	-0,01
Mg	-0,11	0,16*	0,02	-0,01	0,1	-0,1	-0,03	0,19*	-0,06	0,09	0,05	-0,1	0
Na	-0,2*	0,03	-0,28*	-0,15*	-0,02	-0,09	-0,17*	0,18*	-0,11	-0,20*	-0,37*	-0,13	-0,12
K	-0,2*	0,15*	-0,27*	-0,11	-0,03	-0,13	-0,12	0,01	0,05	-0,1	-0,14*	-0,1	-0,1
HUM%	0,60*	-0,06	0,41*	0,46*	0,16*	0,45*	0,84*	0,40*	0,60*	0,25*	0,36*	0,72*	0,75*

* = Coeficiente de correlación significativo ($p < 0,05$), N=240 para todos los casos. Las abreviaturas para las familias corresponden con las primeras tres letras del nombre de la familia, excepto para SMDD= Sminthuridae y SMI= Sminthuridae.

En general, en el ACC las variables humedad y sodio (Na) parecen tener mayor importancia en cuanto a la distribución de las familias de Collembola (Fig. 7). Sin embargo, las familias de Symphypleona, así como Odontellidae, Onychiuridae y Brachystomellidae, tienden a asociarse bien con la humedad y la fracción fina. Por su parte los Hypogastruridae se asocian más con la fracción gruesa del suelo. Finalmente, otras familias como Isotomidae y Neanuridae se asocian más con el pH.

Discusión y conclusiones

Aspectos generales. Los Collembola son un grupo dominante de la fauna edáfica en Chamela, y junto con los ácaros pueden conformar más del 90% de la abundancia de los artrópodos (Palacios-Vargas *et al.* 2007); igualmente, en el dosel de la misma selva pueden representar hasta el 95% de la abundancia (Palacios-Vargas *et al.* 1998) donde conforman un ensamblaje contrastante en cuanto a riqueza y composición con los que se establecen en suelo y hojarasca (Palacios-Vargas y Gómez-Anaya 1993).

Las familias dominantes y más constantes a través del año, tanto en hojarasca como en suelo, fueron Entomobryidae e Isotomidae. Mientras que otras, como los Paronellidae,

tuvieron registros esporádicos y bien puede ser considerada como una familia rara en suelo y hojarasca de esta región, a pesar de que en el dosel de la misma selva puede conformar más del 90% de la abundancia de los Collembola (Palacios-Vargas *et al.* 1998).

Las familias Sminthurididae, Sminthuridae, Onychiuridae y Brachystomellidae, presentaron sus mayores registros en períodos definidos y al parecer como una respuesta positiva a la precipitación atípica registrada en enero. A diferencia de ello, los Entomobryidae disminuyeron notablemente su abundancia durante enero. Probablemente como la mayoría de ellos son formas epiedáficas, fueron removidos del suelo con las lluvias, y su registro se incrementó nuevamente en febrero (Fig. 3B). Finalmente, los Hypogastruridae no tuvieron relación alguna con los cambios hídricos.

Densidad. La densidad registrada en este estudio es superior a la que reportan Lavelle *et al.* (1981) de 7.025 ind/m² para el suelo de la selva baja caducifolia de la región de Laguna Verde, Veracruz durante la época de lluvias, y también fue superior a la reportada por Waikhom *et al.* (2006) de 180x10² ind/m² en los 10 primeros centímetros del suelo de un bosque subtropical en Phayeng, Manipur (India). En el caso de las familias, las de mayor densidad para Chamela fueron Iso-

Tabla 4. Resultados del análisis de correspondencias canónicas (CCA) de las abundancias de las familias de Collembola en las 240 muestras de suelo de Chamela, Jalisco, México.

Ejes	1	2	3	4	Inercia total
Eigenvalores	0,286	0,098	0,071	0,041	2,348
Correlación especies-medio	0,743	0,48	0,418	0,433	
Porcentaje de varianza explicada de las especies	12,2	16,4	19,4	21,2	
Porcentaje de varianza explicada de la relación especies-medio	52,7	70,8	84	91,6	
Suma de los eigenvalores					2,348
Suma de los eigenvalores canónicos					0,543

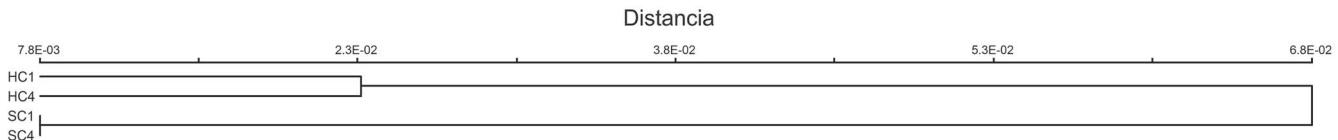


Figura 6. Dendrograma que muestra las relaciones faunísticas de los ensamblajes de suelo y hojarasca de las cuencas 1 y 4 de Chamela, Jalisco, México.

tomidae, Entomobryidae, Sminthuridae, Hypogastruridae y Sminthurididae (Tabla 2). La densidad de los Isotomidae de Chamela es similar a la registrada por Lavèlle *et al.* (1981) de 5.453 ind/m². Sin embargo, en el caso de los Entomobryidae la densidad de Chamela es mucho mayor que la de Laguna Verde (1.754 ind/m²) y también mayor que la de los Onychiuridae (333 ind/m²) de la misma localidad. Como contraste, la densidad de los Isotomidae de Chamela es mucho menor a la reportada por Waikhom *et al.* (2006) de 389x10² ind/m², también menor a la de Hypogastruridae (222x10² ind/m²) y Brachystomellidae (16x10² ind/m²), pero es parecida a la de los Sminthuridae (46x10² ind/m²).

Análisis de conglomerados. Cuando se incluyen los ensamblajes mensuales por biotopo y cuenca en el análisis de conglomerados (AC), los grupos que se forman son mixtos tanto en localidad como en mes (Fig. 5). Lo anterior supone que no existe un patrón bien definido de relaciones faunísticas. Por otro lado, cuando no se utilizan los ensamblajes mensuales y se usan sólo los cuatro ensamblajes generales de las cuencas y biotopos (Fig. 6), se aprecia que los ensamblajes de suelo son un poco más similares (BC = 87,47%) que los de hojarasca (BC = 82,54%), mientras que la menor similitud se localiza entre hojarasca de la cuenca 1 y suelo de la cuenca 4 (BC = 68,17%). La similitud entre cuencas parece mayor que la similitud entre biotopos.

Variables del suelo y colémbolos. Casi todas las familias respondieron positivamente a la humedad del suelo, excepto Hypogastruridae (Tabla 3). La correlación positiva con la humedad sugiere que a mayor humedad edáfica mayor será la abundancia. La respuesta de los Isotomidae fue la más fuerte (Fig. 3C) ya que tuvieron el mayor coeficiente de correlación. Respecto a la relación de la abundancia con otras variables edáficas, algunas familias parecen relacionarse negativa o positivamente con diferentes variables y aunque los coeficientes de correlación provienen de un número relativamente grande de observaciones (N= 240), los valores en general son débiles, por lo que su relación no es clara. También existe la posibilidad de que el efecto de estas variables pudiera ser indirecto, afectando esencialmente la producción de hifas (hongos) que es la fuente principal de su alimento. La inclusión de otras variables, como la cantidad y contenido de esporas e hifas en el tracto digestivo de los colémbolos y en el suelo, es recomendable en futuros estudios para esclarecer estas hipótesis.

En el ACC la mayor influencia sobre la abundancia de las familias de Collembola fue dada por la humedad. Este factor ha sido mencionado en varias ocasiones (Salamon *et al.* 2004). La estacionalidad al parecer también influye en cuanto a la incidencia de los Collembola, sin duda debido a que el régimen hídrico del suelo depende de la temporada de lluvias y a su vez de las características propias del suelo y su capacidad para retener la humedad por determinados períodos. La cubierta

vegetal, así como la cubierta de hojarasca o mantillo, pueden jugar papeles importantes en cuanto al establecimiento y dispersión de los colémbolos al evitar la pérdida de humedad.

Estacionalidad. Como caso excepcional, la familia Hypogastruridae, donde las especies más abundantes fueron *Xenylla humicola* Fabricius, 1780 y *Tafallia insulare* Bonet, 1947, no mostró asociación ni correlación significativa con la humedad (Fig. 7, Tabla 4). Se sabe que algunas especies de *Xenylla* son formas tolerantes a los ambientes secos (Hagvar 1982). En contraste, otras familias, como Sminthurididae tienen su única incidencia, y por ende su mayor abundancia, localizada en los períodos de mayor precipitación. Otras, como Isotomidae, con mayor riqueza que Sminthurididae, Sminthuridae y Onychiuridae, presentaron también su mayor abundancia en los picos de mayor precipitación (Fig. 3). Los Entomobryidae, generalmente conformados por formas epígeas parecen tener un patrón definido entre julio y noviembre y una respuesta negativa en enero, cuando hubo un caso atípico de precipitación, y luego una recuperación en febrero, principalmente en suelo (Fig. 3B). A diferencia de otras familias, la respuesta de los Entomobryidae a la precipitación es múltiple, debido a que en su composición se incluyen nueve especies. La mayoría de los entomobrídidos suelen trepar a la vegetación arbustiva, como lo demuestran las capturas de *Entomobrya* (*Drepanura*) ca. *californica*, *Seira bipunctata* (Packard, 1873), *S. dubia* Christiansen et Bellinger, 1980, *Lepidocyrtus finus* Christiansen et Bellinger, 1980 en trampas Malaise (Palacios-Vargas y Gómez-Anaya 1993), mientras que *Megalothorax minimus* (Neelidae) tiene poco movimiento vertical.

El estudio muestra la estrecha funcionalidad de las dos cuencas con mayor similitud en producción de hojarasca en Chamela y puede ser utilizado como patrón conservado en

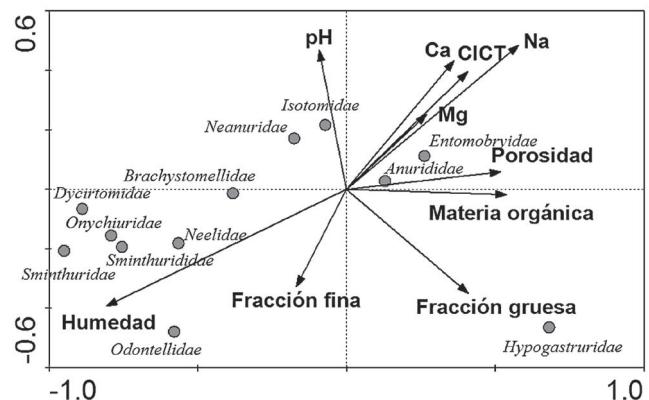


Figura 7. Análisis Canónico de Correspondencia entre las variables fisiocoquímicas y las familias de Collembola de Chamela, Jalisco. A mayor longitud de las flechas mayor es la importancia de la variable.

estudios de contraste con localidades con diferente tiempo y uso de suelo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, UNAM, su apoyo al proyecto: "Efectos del Uso de una Selva Baja Caducifolia sobre la Fauna de Artrópodos" (IN2078/91) y a la M.Sc. Alicia Rodríguez Palafox, por su gran ayuda y compañerismo durante el trabajo de campo.

Literatura citada

- ARBEA, J. I.; JORDANA, R. 1985. Estudio ecológico de la colombofauna de los suelos del Macizo de Quinto Real (Piníneos Occidentales) y descripción de dos especies nuevas: *Anurida flagellata* sp. n. y *Onychiurus subedinensis* sp. n. (Insecta, Collembola). Boletín de la Estación Central de Ecología (Madrid) 74 (28): 57-80.
- BARETTA, D.; SEABRA F., C.; SOUSA, J. P.; NOGUEIRA C., E. J. B. 2008. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria agustifolia*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32 (n. spec.): 2693-2699.
- BENGTSSON, G.; GUNNARSSON, T.; RUNDGREN, S. 1983. Growth changes caused by metal uptake in a population of *Onychiurus armatus* (Collembola) feeding on metal polluted fungi. Oikos 40 (2): 216-225.
- BENGTSSON, G.; GUNNARSSON, T.; RUNDGREN, S. 1985a. Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus* (Collembola). Journal of Applied Ecology 22: 967-978.
- BENGTSSON, G.; OHLSSON, L.; RUNDGREN, S. 1985b. Influence of fungi on growth and survival of *Onychiurus armatus* (Collembola) in a metal polluted soil. Oecologia 68 (1): 63-68.
- BIRD, S.; COULSON, R. N.; CROSSLEY, D.A. JR. 2000. Impacts of silvicultural practices on soil and litter arthropods diversity in a Texas pine plantation. Forest Ecology and Management 131 (1-3): 65-80.
- CASSAGNE, N.; GERS, CH.; GAUQUELIN, T. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus type in forest stands (France). Biology and Fertility of Soils 37 (6): 355-361.
- CHAGNON, M.; HÉBERT, C.; PARÉ, D. 2000a. Community structure of Collembola in sugar maple forests: relation to humus type and seasonal trends. Pedobiologia 44 (2): 148-174.
- CHAGNON, M.; PARÉ, D.; HÉBERT, C. 2000b. Relationships between soil chemistry, microbial biomass and the collembolan fauna of southern Québec sugar maple stands. Ecoscience 7 (3): 307-316.
- CHAGNON, M.; PARÉ, D.; HÉBERT, C.; CAMIRE, C. 2001. Effects of experimental living on collembolan communities and soil microbial biomass in a southern Québec sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) stand. Applied Soil Ecology 17 (1): 81-90.
- CHRISTIANSEN, K.; P. BELLINGER 1980-81. The Collembola of North America North of the Rio Grande. A taxonomic analysis. Grinnell College, Iowa. 1322 p.
- CUTZ-POOL, L. Q.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CASTAÑO-MENESES, G.; GARCÍA-CALDERÓN, N. E. 2007. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, Mexico. Applied Soil Ecology 36 (1): 46-52.
- DÍAZ, A.; J. NAJT 1990. Étude des peuplements de microarthropodes dans deux Páramos de l'État de Mérida (Venezuela). II. Structure des peuplements. Revue d'Écologie et de Biologie du Sol 27 (2): 331-340.
- DUNGER, W. 1986. Observations on the ecological behaviour of some species of the *Tullbergia krausbaueri*- group. p. 111-115.
- En: Dallai, R. (ed.). 2nd International Seminar on Apterygota. Siena.
- FABER, J. 1992. Soil fauna stratification and decomposition of Pine litter. Ph.D. thesis, Free University Amsterdam, Amsterdam. 131 p.
- FRAMPTON, G. K. 1994. Sampling to detect effects of pesticides on epigaeal Collembola (springtails). Aspects in Applied Biology 37: 121-130.
- FRAMPTON, G. K. 1997. The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from a UK arable ecosystem. Pedobiologia 41 (1-3): 179-184.
- GAMMA, M. M. Da; NOGUEIRA, A.; MÚRIAS, A. F. A. 1991. Effets du reboisement par *Eucalyptus globulus* sur les Collemboles édaphiques. Revue d'Écologie et de Biologie du Sol 28 (1): 9-18.
- GARCIA-OLIVA, F.; EZCURRA, E.; GALICIA, L. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific coast of México. Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography 73 (3-4): 179-186.
- GREENSLADE, P. 1997. Are Collembola useful as indicators of the conservation value of native grasslands? Pedobiologia 41 (1-3): 215-220.
- HAGVAR, S. 1982. Collembola in Norwegian coniferous forest soils I. Relations to plant communities and soil fertility. Pedobiologia 24 (5-6): 255-296.
- HAGVAR, S. 1983. Collembola in Norwegian coniferous forest soils II. Vertical distribution. Pedobiologia 25 (6): 383-401.
- HAGVAR, S.; ABRAHAMSEN, G. 1984. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. III. Relations to soil chemistry. Pedobiologia 27 (5): 331-339.
- HENEGHAN, L.; BOLGER, T. 1998. Soil microarthropod contribution to forest ecosystem processes: the importance of observational scale. Plant and Soil 205 (2): 113-124.
- HOLT, J. A. 1985. Acari and Collembola in the litter and soil of three north Queensland rain forest. Austral Ecology 10 (1): 57-65.
- HUHTA, V.; KARPPINEN, E.; NURMINEN, M.; A. VALPAS 1967. Effect of silvicultural practices upon arthropods, annelid and nematode populations in coniferous forest soil. Annales Zoologici Fennici 4: 87-135.
- IZARRA DE, D. C.; BOO, R. 1980. Los efectos de una reforestación con plantas introducidas sobre los microartrópodos del suelo. Ecología (Argentina) 5: 59-70.
- JACKSON, M. 1982. Análisis Químicos de Suelos. 4^a. Omega, Madrid. 662 p.
- JANZEN, D. 1988. Tropical dry forest: the most endangered major tropical ecosystem. p. 130-137. En: Wilson, E. O. (ed.). Biodiversity. National Academy Press, Washington, D. C. USA. 521 p.
- JOHNSTON, J. M. 2000. The contribution of microarthropods to aboveground food webs: a review and model of belowground transfer in a coniferous forest. The American Midland Naturalist 143 (1): 226-238.
- JORDANA, R.; ARBEA, J. I.; MORAZA, L.; MONTENEGRO, E.; MATEO, M. D.; HERNÁNDEZ, M. A.; HERRERA, L. 1987. Effect of reforestation by conifers in natural biotopes of middle and South Navarra (Northern Spain). Revue Suisse de Zoologie 94 (3): 491-502.
- KOVÁC, L.; MIKLISOVÁ, D. 1997. Collembola communities (Hexapoda, Collembola) in arable soils of East Slovakia. Pedobiologia 41 (1-3): 62-68.
- LAVELLE, P.; MAURY, E.; SERRANO, V. 1981. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz. Época de lluvias, pp. 65-100. En: Reyes-Castillo, P. (Ed.). Estudios Ecológicos en el Trópico Mexicano. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. México. 105 p.
- LORANGER, G.; BANDYOPADHYAYA, I.; RAZAKA, B.; PONGE, J.-F. 2001. Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities? Soil Biology and Biochemistry 33 (3): 381-393.

- LOTT, E.J.; BULLOCK, S. H.; SOLÍS-MAGALLANES, J. A. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of Coastal Jalisco. *Biotropica* 19 (3): 228-235.
- MAASS, J. M.; JARAMILLO, V.; MARTINEZ-YRIZAR, A.; GARCÍA-OLIVA, F.; PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; SARUKHÁN, J. 2002. Aspectos funcionales del ecosistema de Selva Baja Caducifolia en Chamela, Jalisco, México. p. 525-542. En: Noguera, F. A.; Vega, J. H.; García-Aldrete, A. N.; Quesada, M. (eds.). Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM, México. 568 p.
- MCCUNE, B.; GRACE, J. 2002. Analysis of ecological communities. MJM Software Design, Gleneden Beach, Oregon. USA. 300 p.
- MENDOZA A., M. S. 1995. Los insectos colémbolos y la sucesión secundaria del bosque mesófilo de la reserva de la biosfera "El Cielo", Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala, UNAM. México. 92 p.
- MENDOZA, S.; VILLALOBOS, F. J.; RUIZ, L.; CASTRO A. E. 1999. Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balún Canal, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 78: 83-101.
- MERILÄ, P.; OHTONEN, R. 1997. Soil microbial activity in the coastal Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] forest of the Gulf of Bothnia in relation to humus-layer quality, moisture and soil types. *Biology and Fertility of Soils* 25 (4): 361-365.
- MIRANDA, R. A.; PALACIOS-VARGAS, J. G. 1992. Estudio comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). Agrociencia serie Protección Vegetal 3 (4): 7-18.
- NAJT, J. 1973. Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. *IDIA Suplemento Forestal* 29: 97-105.
- NOGUERA, F. A.; VEGA-RIVERA, J. H.; GARCÍA-ALDRETE, A. N.; QUESADA-AVENDAÑO, M. 2002. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 568 p.
- OLEJNICZAK, I. 2000. Communities of soil microarthropods with special reference to Collembola in midfield shelterbelts. *Polish Journal of Ecology* 52 (2): 123-133.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1985. Los Microartrópodos del Popocatépetl. Aspectos ecológicos y biogeográficos de los Oribátidos (Acarida) y los colémbolos (Apterygota). Tesis doctoral. Fac. Ciencias UNAM. 114 p.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1997. Catálogo de los Collembola de México. Coordinación de servicios editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 102 p. + 20 fotos.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 2000. Los Collembola (Hexapoda: Entognatha) de Jalisco, México. *Dugesiana* 7 (1): 23-36.
- PALACIOS-VARGAS, J. G.; GÓMEZ-ANAYA, J. A. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México (Distribución Ecológica y Claves). *Folia Entomológica Mexicana* 89: 1-34.
- PALACIOS-VARGAS, J.G.; CASTAÑO-MENESES, G.; GÓMEZ-ANAYA, J. A. 1998. Collembola from the canopy of a Mexican tropical deciduous forest. *Pan Pacific Entomologist* 74 (1): 47-54.
- PALACIOS-VARGAS, J. G.; CASTAÑO-MENESES, G.; GÓMEZ-ANAYA, J. A.; MARTÍNEZ-YRIZAR, A.; MEJÍA-RECAMIÉR, B. E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. 2007. Litter and soil arthropods diversity and density in a tropical dry forest eco-system in Western Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16 (13): 3703-3717.
- PAQUIN, P.; CODERRE, D. 1997. Changes in soil macroarthropod communities in relation to forest maturation through three successional stages in the Canadian boreal forest. *Oecologia* 112 (1): 104-111.
- PINTO, C.; SOUSA, J. P.; GRAÇA, M. A. S.; GAMA DA, M.M. 1997. Forest Soil Collembola. Do tree introduction make a difference? *Pedobiologia* 41 (1-3): 131-138.
- PONGE, J. F.; VANNIER, G.; ARPIN, P.; DAVID, J. F. 1986. Caractérisation des humus et des matières par la faune du sol. Intérêt sylvicole. *Revue Forestière Française*, 38 (6):509-516.
- PRAT, B.; MASSOUD, Z. 1980. Étude de la communauté des Collemboles dans un sol forestier. I. Structure du peuplement. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 17 (2): 199-216.
- REYES, G. G.; BRECEDA, A. M. 1985. Análisis de la composición florística y estructura de la vegetación secundaria derivada de un bosque mesófilo de montaña en Gómez Farías, Tamaulipas (México). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 168 p.
- SALAMON, J. A.; SCHAEFER, M.; ALPHEI, J.; SCHMID B.; SCHEU, S. 2004. Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. *Oikos* 106 (1): 51-60.
- SCHAEFER, M.; SCHAUERMANN, J. 1990. The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and a moder soil. *Pedobiologia* 34 (5): 299-314.
- STATSOFT. 2006. STATISTICA data analysis software system and computer manual. Version 7.1. StatSoft Inc., Tulsa.
- TAKEDA, H. 1981. Effects of shifting cultivation on the soil mesofauna with special reference to collembolan population in the north-east Thailand. *Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto University* 118:45-60.
- TANAKA, M., Y. SUGI, S. TANAKA, Y. MISHIMA ; R. HAMADA, 1978. Biological Production in a warm-temperate evergreen oak forest of Japan. *JIBP Synthesis*, Japanese Committee for the International Biological Program. 18: 147-165.
- TER BRAAK , C. J. F.; SMILAUER, P. 1998 CANOCO Reference Manual and User's guide to Canoco for Windows: Software for canonical Community Ordination, version 4. Ithaca, New York, USA, 352 p.
- TREJO, I.; DIRZO, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94 (2): 133-142.
- VEGTER, J. J.; JOOSSE, E. N. G.; ERNSTING, G. 1988. Community structure, distribution and population dynamics of Entomobryidae (Collembola). *Journal of Animal Ecology* 57 (3): 971-981.
- VILLALOBOS, F. J. 1989. Los colémbolos Poduromorpha (Apterygota: Insecta) y la sucesión secundaria del Bosque Mesófilo de Montaña. *Biotam*, Tamaulipas, México 1: 45-52.
- VILLALOBOS, F. J. 1990. Estudio preliminar sobre la abundancia y diversidad de los Collembola (Apterygota) de un bosque tropical del Noreste de México. *Folia Entomológica Mexicana* 80: 5-29.
- WAIKHOM, M.D., SINGH B.; JOYMATI D.L. 2006. Vertical distribution pattern of Collembola in a sub tropical forest floor of Manipur. *Zoos' Print Journal* 21 (7): 2331-2332.

¿Bajan de los árboles las hormigas que depredan en potreros y cafetales colombianos?

Do ants predating in Colombian pastures and coffee plantations come down from the trees?

MÓNICA RAMÍREZ^{1,2}, JANINE HERRERA^{1,3} e INGE ARMBRECHT^{1,4}

Resumen: Los árboles aislados en agroecosistemas favorecen la biodiversidad asociada y pueden promover funciones como la depredación. Se examinó si la presencia de los árboles afecta la presencia y actividad de depredación de las hormigas en potreros y cafetales en dos regiones del suroccidente Andino colombiano. Además, se exploró si durante la estación seca las hormigas arbóreas descenden de los árboles hacia el sistema productivo para depredar. Durante las épocas seca y lluviosa del año 2006 se realizaron muestreos intensivos de hormigas forrajeras de suelo en 16 lotes de Pescador y Dagua. En cada lote se instalaron 10 trampas de caída por 96 h. Por otra parte, se ofrecieron adultos de *Drosophila melanogaster* como presa, adheridas en papel o Cinta de enmascarar, colocadas a 1m y 5m de distancia de un árbol y, sobre éste, a 1.5 m de altura. Se encontraron diferencias significativas en la riqueza e identidad de hormigas en cada localidad, indicando como mayor factor la barrera geográfica de la cordillera Occidental. Generalmente las presas fueron consumidas en 24 h; sin embargo, el consumo estuvo influenciado por la presencia de árboles, pues la depredación fue mayor a 1 m que a 5 m del árbol. Las hormigas concentraron su actividad sobre el suelo en la época seca. *Linepithema neotropicum*, reclutadora masiva, depredó activamente en ambas localidades. Los resultados apuntan a que los árboles pueden favorecer la fauna de hormigas y la depredación.

Palabras clave: Agroforestería. Control Biológico. Formicidae. Suroccidente colombiano. Cauca.

Abstract: Isolated trees in agroecosystems promote the associated biodiversity and can provide functions such as predation. This study examined whether presence of the trees affects the presence and predation activity of ants in pastures and coffee plantations in two regions of the southwest Colombian Andes. We also explored whether in the dry season the ants descend trees toward the production system in order to predate. During the dry and rainy seasons in 2006, intensive samplings of ground foraging ants were made in 16 plots at Pescador and Dagua. Ten pitfall traps were placed in each plot for 96 h. Separately, *Drosophila melanogaster* adults were offered as prey, adhered to paper or tape, placed 1 and 5 m away from the tree and on the tree at a height of 1.5 m. There was a significant difference in ant richness and identity between regions, indicating the geographical barrier of the western mountain range to be an important factor. Prey were generally consumed within 24 h; nevertheless, consumption was influenced by the presence of trees as predation was higher at 1 m than 5 m from the trees. Ants concentrated their activity on the ground during the dry season. *Linepithema neotropicum*, a mass recruiter, actively predated in both localities. The results point to a positive influence of trees for ant fauna and predation.

Key words: Agroforestry. Biological Control. Cauca. Colombian Southwest. Formicidae.

Introducción

Los sistemas agrícolas manejados ecológicamente pueden sostener mayor biodiversidad que los convencionales. Esta diversidad podría prestar servicios ecológicos como el control de la erosión, secuestro de carbono, polinización y depredación; además los agroecosistemas diversificados aumentan la incidencia de fauna benéfica asociada (Vandermeer y Perfecto 2000). Existe un cúmulo de evidencia científica que demuestra que la intensificación en sistemas agroforestales como café y cacao, está estrechamente ligada a pérdidas significativas de la biodiversidad asociada (Borrero 1986; Perfecto *et al.* 1996; Greenberg *et al.* 1997; Moguel y Toledo 1999; Armbrecht *et al.* 2004, 2005) y por tanto se ha considerado la importancia de esta diversidad en agroecosistemas para el mantenimiento de depredadores que actúen en el control de plagas (Swift y Anderson 1993). Si fuera posible aprender a manejar y mantener esta biodiversidad beneficiosa, se podrían buscar caminos hacia el manejo sostenible de

plagas en agroecosistemas diversos (Altieri *et al.* 2003; Perfecto y Armbrecht 2003).

Una fuente de biodiversidad estructural y taxonómica en agroecosistemas perennes y semiperennes son los árboles. Se ha encontrado que los árboles aislados en agroecosistemas no solo proveen fuentes de ingresos adicionales a los agricultores (Philpott y Dietsch 2003), sino que además promueven la biodiversidad de los agroecosistemas (Majer y Delabie 1999). Se hipotetizó que la presencia de árboles también puede promover funciones ecológicas como la depredación sobre plagas potenciales (Van Mele y Cuc 2001), debido a que atraen fauna asociada como aves (Greenberg *et al.* 2000; Perfecto *et al.* 2004) y hormigas (Armbrecht y Perfecto 2003; Gallego y Armbrecht 2005).

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) han demostrado ser un grupo valioso como indicador biológico (Andersen y Majer 2004) y como agentes funcionales en los sistemas biológicos (Folgarait 1998). El empleo de hormigas como agentes de control biológico en sistemas agroforestales se

¹ Departamento de Biología, Universidad del Valle. Apartado Aéreo 25360. Cali, Colombia.

² M. Sc. Universidad del Valle. moramire73@hotmail.com.

³ Estudiante Maestría. Universidad del Valle. jahera@gmail.com.

⁴ Ph. D. Universidad del Valle. inge@univalle.edu.co, ingeparallel@gmail.com. Autora para correspondencia.

ha practicado desde muchos siglos atrás. Se considera que el primer caso conocido de control biológico fue realizado en el siglo IV antes de Cristo por los chinos empleando hormigas (Vandermeer 1999). También se han usado mosaicos de hormigas para el manejo de plagas y enfermedades fitosanitarias en Ghana (Majer 1972; Leston 1973; Majer 1976), Asia con *Dolichoderus thoracicus* (Smith, 1860) (Way y Khoo 1992; Perfecto y Castañeiras 1998) y Brasil (Delabie 1990; Medeiros *et al.* 1995). Way y Khoo (1992) discutieron las características valiosas que tienen las hormigas como grupo benéfico para el control de plagas y consideraron que algunas mezclas de cultivos pueden estimular las especies benéficas de control biológico en cultivos de palmas, coco y cacao.

Se debe resaltar que no todas las hormigas depredadoras son amantes de la sombra o son hormigas arbóreas. Varios estudios han mostrado que la hormiga de fuego, *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), propia de áreas abiertas (Risch y Carroll 1982; Perfecto 1991) y que anida en suelo, es dominante en manejos agrícolas poco diversos y perturbados. Aunque es muy efectiva como depredadora e importante controlador biológico (Risch y Carroll 1982; Perfecto y Sediles 1992) podría constituirse en plaga si se asocia con hemípteros (Perfecto 1994). En Colombia, la hormiga cazadora *Ectatomma ruidum* (Roger, 1860) (Formicidae: Ectatomminae), conocida como "hormiga cachona", es muy abundante tanto en zonas perturbadas como en conservadas y es excelente depredadora de insectos (Medina 1994). Podría ser que el manejo agrícola, que depende de las decisiones del agricultor, influyera sobre el rol que estas hormigas cumplan, ya sea como controladores biológicos o como plagas.

En un estudio en Brasil, se propuso la hipótesis que las hormigas arbóreas conforman un mosaico fluido, en donde las depredadoras arbóreas descienden a depredar en el suelo cuando los recursos escasean en los árboles durante la estación seca (Delabie *et al.* 2000). Esto significa que la presencia de árboles en agroecosistemas podría beneficiar el control biológico de las plantas o arbustos bajo el dosel, además de proveer madera, sombra, control de erosión y otros servicios (Rice y Drenning 2003).

Colombia ha sido considerado como un país megadiverso (Terborgh y Winter 1983; IAvH 2006; Benavides *et al.* 2006), pero esta diversidad está vulnerada y sujeta a numerosos factores de riesgo, entre los que se citan la fragmentación de los bosques y la ampliación de la frontera agrícola (IAvH 2006). Se conoce que los agroecosistemas se comportan como matrices de diferentes calidades afectando la biota silvestre y su función (Vandermeer y Carvajal 2001). Dado que todavía no se ha determinado claramente cuál es el papel de los árboles como agentes promotores de control biológico por parte de la fauna asociada de hormigas, se desarrolló el presente estudio en dos agroecosistemas colombianos. Como base se plantea que el manejo ecológico de potreros y cafetales no solo beneficia a la biodiversidad sino también al agricultor, a través de la función o servicios ecológicos que dicha biodiversidad asociada presta (e.g. polinización, parasitismo, depredación, descomposición). En la búsqueda de una agricultura sustentable, es prioritario explorar dichas funciones benéficas que promuevan una agricultura productiva y más sostenible.

Sin embargo, el grueso de los estudios realizados entre la biodiversidad de los agroecosistemas y su funcionamiento han sido enfocados en la microfauna del suelo, poco se sabe de cómo los cambios en los sistemas agrícolas afectan otros

grupos de organismos, en este caso las hormigas. Así, nos propusimos examinar si la presencia de los árboles afecta la presencia de hormigas que presentan actividad depredadora en potreros y cafetales, tanto arbolados como sin árboles en dos zonas del paisaje Andino (montañoso) colombiano. Además se explora si durante la estación seca las hormigas arbóreas descienden para depredar en las zonas productivas adyacentes (cafetos o pastizales).

Materiales y Métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en dos regiones cafeteras de los Andes Colombianos: (1) Dagua, departamento del Valle del Cauca, a 1450 m de elevación, con promedios de temperatura y precipitación de 22°C y 1450 mm, respectivamente y (2) Pescador, departamento de Cauca, a 1440 m de elevación, temperatura y precipitación 20°C y 1400 mm (Tabla 1). De acuerdo con estas características se catalogan en la zona de vida bosque húmedo premontano. Dagua (3°38'45"N, 76°41'30"W) se encuentra ubicada en el flanco occidental de la cordillera occidental y Pescador (2°48'49"N, 76°32'71"W) al sur, se encuentra en un nudo montañoso centro occidente separado de la cordillera occidental. Ambas localidades presentan precipitación bimodal. En cada localidad se escogieron de forma casual, cuatro cultivos de café (dos de sol y dos con sombra de árboles) y cuatro potreros (dos de sol y dos con sombra), para un total de 16 parcelas de estudio codificadas de la siguiente manera: la primera letra indica la localidad, D: Dagua, P: Pescador, el número después de la letra indica la finca nombrada según su dueño, la tercera letra significa si es cafetal o potrero, y el número uno sol y dos sombra (Tabla 1).

Captura de hormigas en el estrato epígeo. Se realizaron muestreos intensivos de hormigas forrajeras de suelo correspondientes a época seca (agosto-septiembre 2006) y lluviosa (noviembre-diciembre 2006 y mayo 2007). En cada parcela se instalaron diez trampas de caída (*pitfall*) separadas en intervalos de 10 m. Las trampas consistieron en un vaso desechable de 70 mm de diámetro, semilleno con una solución de glicerina y alcohol etílico en proporción aproximada 1:1, enterrado a ras de suelo. Cada trampa se ubicó a 1 m de distancia de un árbol, si había, en sentido norte y se dejó actuar por 96 horas. Si no había árbol, las trampas se instalaban cada 10 m. Cada muestra se preservó en bolsas herméticas con alcohol etílico al 70% y glicerina, para ser separados e identificados en el laboratorio. A medida que se separaron las morfoespecies, se montó simultáneamente una colección de referencia en alcohol etílico.

Disposición de los cebos. Los cebos para atraer las hormigas, consistieron de moscas vivas de *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830) (Diptera: Drosophilidae) (N=10 moscas/ estación) que fueron adormecidas previamente con éter etílico y adheridas por el dorso a un cuadrado de papel bond forrado con papel adhesivo de 7 x 7 cm para el suelo y una tira de cinta de enmascarar adherida al árbol por dos taches (Fig. 1). Los cebos se revisaron a los 15, 30, 60, 90, 120 min y 24 h de haber sido instalados. Se dispusieron en tres puntos: árbol, cafeto y suelo. Durante las observaciones sólo se recolectaron las hormigas cuando habían reclutado dos o más individuos y únicamente si se observaron directamente depredando.



Figura 1. Disposición de las moscas listas para ser depredadas en la unidad de muestreo.

Selección de las hormigas depredadoras. Se asignó el estatus de “depredadoras” a aquellas hormigas que atacaron, picaron o retiraron las moscas de los cebos, es decir, por su comportamiento en condiciones de campo. Los datos de depredación para los cafetales fueron suministrados por Henao (2008) en un estudio simultáneo con las coautoras, en el cual se ofrecieron adultos vivos de moscas de la fruta.

Análisis de datos. Previa comparación de homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos, se realizaron pruebas De Kruskall Wallis para comparar la densidad de hormigas por unidad muestral (trampa de caída). Teniendo en cuenta la identidad de las hormigas en actividad depredadora, se evaluó la similitud entre pares de sitios los cuales fueron a su vez confrontados entre sí con el resto de los sitios mediante un análisis de aglomeración con correlación de Pearson (Hanneman 2002). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) se realizó con las variables vegetales mediante el programa Statistica (STATSOFT 1995).

Resultados

Se registraron 1.674 hormigas en las trampas de caída y 912 en actividad de depredación, distribuidas en 101 morfoespecies pertenecientes a siete subfamilias. Se encontraron 39 morfoespecies en común para ambos procedimientos (ver anexo). En el estrato epígeo (*pitfall*), los usos de la tierra con sombra presentaron mayor número de morfoespecies exclusivas (26) frente a los de sol (8). Los potreros presentaron más especies de hormigas (20) frente a los cafetales (9), los cuales presentaron diferencias significativas en riqueza para Dagua (Kruskal Wallis, $P << 0.001$; g.l. = 7; $F = 6.59$) y para Pescador (Kruskal Wallis, $P << 0.001$; g.l. = 7; $F = 7$). Ambos métodos de muestreo coincidieron en que el uso de suelo más rico fue el potrero de sombra; el más pobre fue el potrero de sol (*pitfall*) y café de sombra (depredación) (Tabla 2).

Tabla 1. Descripción de los usos de la tierra en las áreas de estudio.

Código	Descripción	Cobertura (%)	Dimensiones (m)
Dagua			
D1C1	Ernestina cafetal sol1. Este cafetal se encuentra asociado con nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>), plátano (<i>Musa paradisiaca</i>), un cultivos de piña (<i>Ananas sativus</i>).	12,33	37 x 51
D1C2	Ernestina cafetal sombra2. Posee un estrato adicional de guamos (<i>Inga densiflora</i>) y algunos yarumos (<i>Cecropia sp.</i>)	61,52	45 x 112
D1P1	Ernestina potrero sol1. Dominado por Arrayanes (<i>Eugenia sp.</i>) entreverados con guamos, chagualos (<i>Myrsine guianensis</i>) y árbol loco (<i>Montanoa quadrangularis</i>).	0,16	110 x 60
D1P2	Ernestina potrero sombra2. Cuenta principalmente con guayabos (<i>Psidium guajava</i>), chagualos y arrayanes.	43,74	92 x 78
D2C1	Eladio cafetal sol1. Asociado principalmente con plátano.	25,74	66 x 25
D2C2	Eladio cafetal sombra2. Acompañado por cacao (<i>Theobroma cacao</i>), yuca (<i>Manihot sculenta</i>) y guamos.	71,19	45 x 45
D2P1	Eladio potrero sol1. Acompañado con un cultivo de piña.	0,16	70 x 88
D2P2	Eladio potrero sombra 2. Las especies predominantes son guayaba, guanábana (<i>Anona muricata</i>), guamo y <i>Cinnamomum sp.</i>	64,74	100 x 45
Pescador			
P1C1	Celimo cafetal sol1. Monocultivo de Café.	14,51	60 x 113
P1C2	Célimo cafetal sombra2. Asociado a 23 especies de plantas entre frutales, maderables y cultivos de pancoger.	70,98	134 x 52
P1P1	Célimo potrero sol1. Acompañado principalmente por Mortiño (<i>Miconia rubiginosa</i>) y Chagualo.	2,34	192 x 82
P1P2	Célimo potrero sombra2. Acompañado por guamo, chagualo y friegaplato (<i>Croton gossypifolius</i>)	55,07	57 x 92
P2C1	Franco cafetal sol1. Acompañado principalmente por Platano y Macadamia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	7,54	77 x 63
P2C2	Franco cafetal sombra2. Café asociado con maíz (<i>Zea mays</i>), plátano. Con un estrato adicional de guamo, <i>Cordia sp.</i> , aguacate (<i>Persea americana</i>) y nacedero.	61,83	49 x 100
P2P1	Fabio potrero sol1. Predominan el friegaplatos y alguno que otro chagualo.	0,16	85 x 60
P2P2	Fabio potrero sombra2. Domina el carbonero (<i>Calliandra pittieri</i>), entreverados algunos cascarillos (<i>Ladenbergia magnifolia</i>) y guamos.	77,85	62 x 118

Tabla 2. Número de morfoespecies e individuos de hormigas registradas en el suelo con dos métodos de captura en ambas zonas de estudio.

Uso de la tierra	Pitfall	No. morfoespecies en actividad depredadora	No. individuos en actividad depredadora
Potrero Sol	34	21	93
Café Sombra	36	16	100
Café Sol	37	22	106
Potrero Sombra	55	23	136

Actividad de depredación. Un total de 17 morfoespecies depredadoras han sido catalogadas en la literatura como tal (Silvestre *et al.* 2003), las restantes se encuentran dentro de gremios como generalistas, omnívoras o de reclutamiento masivo. De los estratos muestreados, 8,7% de los eventos fueron atribuidos a hormigas exclusivas del estrato arbóreo, 27,3% fueron exclusivas de suelo, mientras que el 63,92% de los eventos de depredación ocurrió por especies que usaban ambos estratos. De acuerdo con el análisis de aglomeración, se encontró que la identidad de la mirmecofauna depredadora tuvo una marcada separación entre localidades. Los usos se agruparon de manera cercana entre cafetales vs. potrero para Dagua y sol vs sombra para Pescador (Fig. 2).

El papel de los árboles: ¿bajan las hormigas depredadoras? La distancia horizontal desde los árboles al cebo está relacionada con la actividad depredadora de las hormigas. Se observó que a medida que se alejó el cebo del árbol, el número de eventos de depredación disminuyó (Fig. 3).

En cuanto a la época climática, se detectó que la actividad de depredación se acentuaba sobre el suelo en la época seca. Es decir, la diferencia entre suelo y árbol en la época seca se hizo más marcada, debido al descenso de las hormigas arbóreas a depredar en las zonas adyacentes (a 1 m de la estación de muestreo). Se observaron caminos de forrajeo del árbol hasta el suelo de hormigas pertenecientes al género *Crematogaster* en el potrero de sombra de la finca Don Célimo. La actividad depredadora fue mayor en el suelo y ésta tendió a aumentar en la época seca (Fig. 4).

Para aquellas especies de hormigas compartidas entre estratos, las que visitaron tanto los árboles como el suelo, también se encontró que en general hubo una tendencia a mayor depredación en época de verano en el suelo. Solo *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) se comportó contrariamente a esta tendencia, i.e. posiblemente subiendo a los árboles o permaneciendo entre la corteza y entre ramas (Tabla 3).

Discusión

En este estudio se implementó el uso de las trampas de caída con el fin de obtener un estimado de la composición de especies (Bestelmeyer *et al.* 2000), que a la vez sirviera como punto de referencia a la evaluación realizada con los cebos de moscas. El uso simultáneo de estos métodos, mostró que fueron complementarios, pues cada uno aportó en la caracterización de la mirmecofauna, además de reflejar la misma tendencia en cuanto a riqueza y actividad depredadora en su orden: (1) potrero sombra, (2) café de sol, (3) café de sombra y (4) potrero de sol.

La diversidad planeada por el agricultor, en este caso, la adición de un estrato arbustivo o arbóreo en el agroecosistema, puede estar influenciando positivamente la diversidad

y actividad de las hormigas, especialmente en época seca, donde podrían escasear recursos. Esto se evidenció en los potreros a libre exposición y de sombra. Se sugiere que la presencia de árboles podría favorecer de manera indirecta las funciones ecológicas presentes en los agroecosistemas. Es notable que la riqueza de hormigas fuese similar en los cafetales de sol y de sombra, pues se ha encontrado mayor diversidad en los sistemas de sombra en Colombia (Armbrecht *et al.* 2005; Gallego-Ropero 2005). Es razonable que, siendo lotes vecinos y de tamaños tan pequeños, se comporten, bajo el punto de vista de la biodiversidad asociada, como retazos en medio de un paisaje altamente heterogéneo. Esto significaría que, en un contexto donde la matriz es tan variada, el efecto de borde puede ser más importante de lo supuesto, pues en este estudio los transectos se separaron 10 m de los bordes. Tanto los cafetales de sol y de sombra como los potreros de sol y de sombra estaban cerca a guaduales y cañaduzales con signos de regeneración, aunque no se detectaron bosques naturales estructurados cerca de los lotes.

El análisis de agrupamiento mostró una separación marcada entre localidades (Fig. 2), esto indica que, aunque ambos sitios se encuentren en altitudes similares, la interposición de una barrera geográfica importante como es la cordillera occidental, demarcó una identidad de las hormigas en actividad depredadora bien diferenciada (Fig. 1).

Hormigas en actividad depredadora. De acuerdo con la literatura confrontando los géneros hallados en el presente estudio, solamente 17 morfoespecies serían catalogadas como

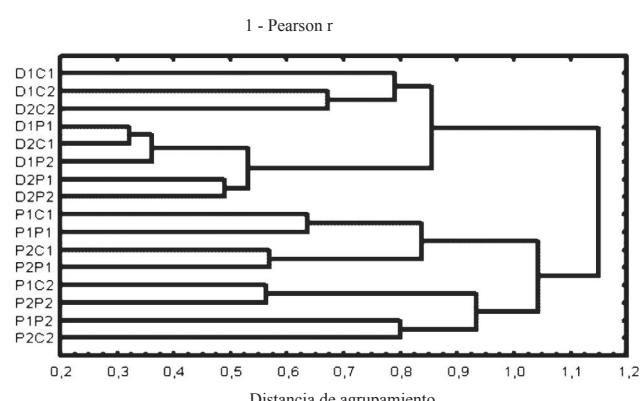


Figura 2. Diagrama de agrupamiento de las morfoespecies de hormigas encontradas en actividad depredadora en dos localidades. Las primeras letras y números indican la localidad (D=Dagua y P=Pescador) y el número de réplica (lotes). Las segundas letras indican los dos tipos de agroecosistema (C=Cafetal y P=potrero) y las letras posteriores indican si son de libre exposición o sin árboles (1) o con árboles (2).

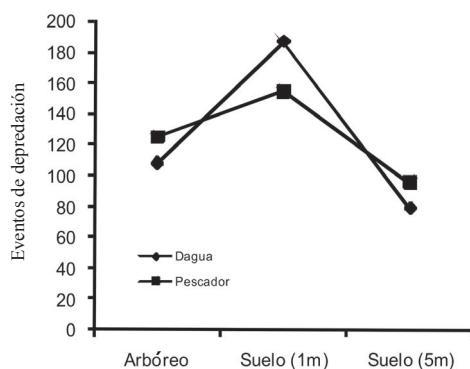


Figura 3. Eventos de depredación sobre el cebo de moscas de la fruta (*D. melanogaster*) en tres puntos de muestreo.

depredadoras (Silvestre *et al.* 2003). Estas representan un número pequeño frente a todo el grupo de hormigas que se encontró en este estudio. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con cautela, ya que algunas especies de hormigas solo se capturaron activamente depredando unas pocas veces, y no podrían catalogarse por esto como depredadoras. El consumir moscas *Drosophila* puede ser solo una parte de lo que incluyen en su dieta y pueden incluir otros recursos alternos como detritos, sustancias azucaradas provenientes de hemípteros y nectarios extraflorales. En el caso de *Cyphomyrmex*, probablemente este individuo estaba removiendo pedazos de una mosca muerta. Los miembros de este género utilizan pedazos de insectos muertos y de frutos como sustrato para cultivar su hongo (Hölldobler y Wilson 1990).

Por otro lado, existen especies que están clasificadas en otros gremios, como es el caso de *Linepithema neotropicum* (Wild, 2007) la cual es una reclutadora masiva, que en este caso fue muy versátil y conspicua en los cebos de ambas localidades. No obstante, la mayoría de hormigas encontradas en este estudio en actividad depredadora no son propias de este gremio pero muestran un potencial muy importante en la función ecológica de la depredación que se podría estar subestimando en la literatura.

Las hormigas capturadas en trampas de caída y catalogadas como depredadoras (géneros *Strumigenys* y *Tatuidris*) no llegaron a los cebos de moscas de la fruta, posiblemente por sus hábitos especializados, o porque el cebo no es el adecuado.

El papel de los árboles como soportes favorables para la depredación. La importancia del estrato arbustivo no deriva necesariamente de lo que ocurre en el árbol, sino el efecto que genera sobre el suelo y su alrededor (Fig. 4). El punto de muestreo a 1 m del suelo presentó la mayor actividad depredadora y a medida que se alejó del árbol (a 5 m) disminuyó dicha actividad, esto apoya la idea que las presas más cercanas al árbol son más vulnerables, por estar en el punto de confluencia del forrajeo de las hormigas, que bajan de los árboles o que suben a ellos. Existen características dentro del agroecosistema que pueden influenciar la actividad de forrajeo de las hormigas y por consiguiente su eficiencia como depredadoras sobre insectos plaga (Saks y Carroll 1980; Way y Khoo 1992; Chacón de Ulloa 1994; Philpott y Ambrecht 2006).

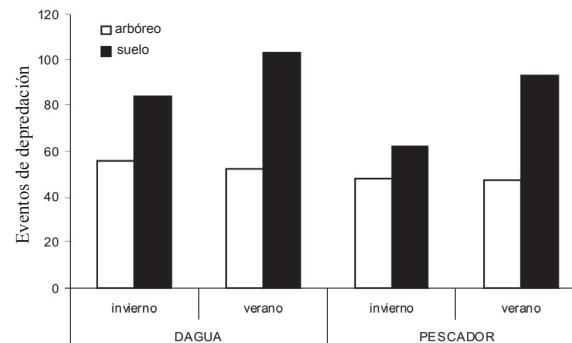


Figura 4. Eventos de depredación en el suelo a 1 m de los árboles en dos estaciones climáticas. El estrato arbóreo incluye cafetos y árboles de potreros.

¿Bajan las hormigas del estrato arbóreo en época seca? La actividad depredadora en el estrato arbustivo se mantiene en ambas estaciones climáticas, pero en la estación seca la actividad en el suelo aumenta. Esto puede ser explicado por el mayor número de eventos de depredación (63,92%) de hormigas ubicuas encontradas, en especial por el grupo de *Linepithema spp.*; es decir que éstas realmente incrementan su número de visitas al suelo.

Philpott y Armbrecht (2006) propusieron que los enemigos naturales generalistas y especialistas son más abundantes en policultivos donde son más eficientes reduciendo poblaciones de herbívoros. El presente estudio sugiere esta tendencia, pero no es conclusivo, ni puede generalizarse, puesto que los cafetales de sombra y de sol fueron muy similares (Tabla 2). Por otro lado, Henao (2008) encontró que no hubo diferencia en la tasa de depredación en los cafetales de sombra comparados con los de sol, y en ocasiones fue mayor en zonas abiertas.

El presente estudio pudo comparar simultáneamente la depredación en lotes vecinos de sombra y de sol, pero el efecto del pequeño tamaño de los lotes pasó a influir en el resultado final. Es posible que estos pequeños cafetales de sol alrededor de cañadas de guadua a estas escalas permitan una fauna itinerante que se desplaza entre el cafetal de sol y de sombra. No obstante, los potreros presentaron una fuerte influencia de los árboles. Por tanto, interpretamos que la evidencia es mucho más sólida para este tipo de uso del suelo, es decir, los árboles favorecen la biodiversidad de hormigas.

Tabla 3. Actividad de las hormigas que visitaron el estrato arbóreo y el suelo en época seca y lluviosa. (L) lluvia, (S) seco.

Hormigas	Arbóreo	Suelo
<i>Linepithema neotropicum</i> y		
<i>L. angulatum</i>	51 (L)	69 (L)
	52 (S)	75 (S)
<i>Wasmannia auropunctata</i>	10 (L)	3 (L)
	23 (S)	18 (S)
<i>Paratrechina steinheili</i>	11 (L)	5 (L)
	5 (S)	8 (S)
Total ubicuas	92 (L)	79 (L)
	113 (S)	112 (S)

Se concluye que, aunque la identidad de las hormigas pudo cambiar entre regiones, el comportamiento de depredación fue consistente en las dos zonas de los Andes colombianos; las hormigas ubicaron y depredaron rápidamente a las presas, poniendo en evidencia la eficacia y la alta capacidad de depredación. Además, los resultados apoyaron que la influencia de los árboles favorece la depredación por hormigas en el suelo.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a Héctor Henao por compartir información, a Carlos Santamaría, James Montoya, María Cristina Gallego, Levi Emmanuel Ortiz por colaboración en el campo, a CIPAV, a los propietarios de las fincas, especialmente Don Célico, Doña Ernestina por su hospitalidad en sus fincas, y por permitirnos realizar el trabajo de investigación. A Roberto José Guerrero (Universidad del Atlántico) por la identificación de *Linepithema*. La presente investigación fue financiada por el programa de Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Agropecuarias, a cargo de IA, código de Colciencias 1106-07-17808 de Colciencias y cofinanciación de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Literatura citada

- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. 2003. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. Holos, Editora Ltda-ME. Ribeirão Preto SP. Brazil. 227 p.
- ANDERSEN, A. N.; MAJER, J. D. 2004. Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and Environment* 6: 291-298.
- ARMBRECHT, I.; PERFECTO, I. 2003. Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. *Agriculture Ecosystems and Environment* 97: 107-115.
- ARMBRECHT, I.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. 2004. Enigmatic biodiversity correlations: leaf litter ant biodiversity respond to biodiverse resources. *Science* 304: 284-286.
- ARMBRECHT, I.; RIVERA, L.; PERFECTO, I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology* 19 (3): 897-907.
- BENAVIDES, J.; CASTIBLANCO, J.; VIVAS, A. J. 2006. Biodiversidad en cifras, pp. 21-39. En: Chaves, M. E.; Santamaría, M. (Eds.). Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- BESTELMEYER, T. B.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; BRANDAO, C. R. F.; BROWN, W. L. JR.; DELABIE, J. H. C.; SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation, pp. 122-144. En: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E.; Schultz, T. R. (Eds.). *Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution, EE.UU.
- BORRERO, J. I. 1986. La substitución de cafetales de sombrío por caturrales y su efecto negativo sobre la fauna de vertebrados. *Caldasia* 15: 725-732.
- CHACON DE ULLOA, P. 1994. Biología e impacto económico de las hormigas. *Palmas* 15 (4): 25-30.
- DELABIE, J. H. C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brasil, pp. 555-569. En: Vandermeer, R. K.; Jaffee, K.; Cedeno, A. (Eds.). *Applied myrmecology: a world perspective*. Westview, Boulder.
- DELABIE, J. H.; AGOSTI, D.; DO NASCIMENTO, I. C. 2000. Litter ant communities of Brazilian Atlantic rain forest region, pp. 1-17. En: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E.; Schultz, T. R. (Eds.). *Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests*. Curtin University School of Environmental Biology Bulletin. No. 18. Perth, Australia.
- FOLGARAIT, P. J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity Conservation* 7: 1221-1244.
- GALLEGO-ROPERO, M. C. 2005. Intensidad del manejo del agroecosistema del café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de especies generalistas. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 6 (2): 16-29.
- GALLEGO, M. C.; ARMBRECHT, I. 2005. Depredación por hormigas sobre la broca del café en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. *Revista Manejo Integrado de Plagas*, Costa Rica 76: 1-9.
- GREENBERG, R.; BICHIER, P.; CRUZ-ANGON, A.; REITSMA, R. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology* 11: 448-459.
- GREENBERG, R.; BICHIER, P.; CRUZ, A.; MACVEAN, C.; PEPEZ, R.; CANO, E. 2000. The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. *Ecology* 81: 1750-1755.
- HENAO, H. H. 2008. Análisis de la actividad depredadora por hormigas en cafetales con y sin sombra de árboles de Cauca y Valle. Tesis de Maestría. Universidad del valle. Cali, Colombia. 76 p.
- HANNEMAN, R. A. 2002. Introducción a los métodos del análisis de redes sociales. Universidad de California Riverside. California. E.U. En: <http://wizard.ucr.edu/~rhanhema/networks/text/textindex.html>. Fecha último acceso: [29 octubre 2008].
- HÖLLODOBLER, B.; WILSON, E. 1990. *The ants*. Harvard University press. USA. 732 p.
- IAvH. Instituto Alexander von Humboldt. 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Chaves, M. E.; Santamaría, M. (Eds.). Publicado por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 2 Tomos.
- LESTON, D. 1973. The ant mosaic-tropical tree crops and the limiting of pest and diseases. *PANS* 19: 311-341.
- MAJER, J. D. 1972. The ant mosaic in Ghana cocoa farms. *Bulletin of Entomological Research* 62: 151-160.
- MAJER, J. D. 1976. The influence of ants and ant manipulation on the cocoa farm fauna. *Journal of Applied Ecology* 13: 157-175.
- MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. 1999. Impact of tree isolation on arboreal and ground ant communities in cleared pasture in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. *Insectes Sociaux* 46: 281-290.
- MEDEIRO, M. A. D.; FOWLER, H. G.; DELABIE, J. H. 1995. The ant mosaic (Hymenoptera: Formicidae) of cocoa plantations in southern Bahia. *Científica (Jaboticabal)* 23: 291-300.
- MEDINA, C. A. 1994. Nidificación y patrones de distribución espacial de nidos de hormigas en una sabana tropical, Carimagua: llanos orientales de Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 2: 31-42.
- MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11-21.
- PERFECTO, I. 1991. Dynamics of *Solenopsis geminata* in a tropical fallow field after ploughing. *Oikos* 62: 139-144.
- PERFECTO, I. 1994. Foraging behavior as a determinant of asymmetric competitive interaction between two ant species in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 98: 184-192.
- PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I. 2003. The coffee agroecosystem in the Neotropics: combining ecological and economic goals, pp. 159-194. En: Vandermeer, J. (Ed.). *Tropical agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton, Florida. EE.UU.
- PERFECTO, I.; CASTÍNEIRAS, A. 1998. Deployment of the predaceous ants and their conservation in agroecosystems, pp. 269-289. En: Barbosa, P. (Ed.). *Conservation Biological Control*. Academic Press. San Diego, CA. EE.UU.

- PERFECTO, I.; SEDILES, A. 1992. Vegetational diversity, ants (Hymenoptera: Formicidae), and herbivorous pests in a Neotropical agroecosystem. *Environmental Entomology* 21: 61-67.
- PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R.; VAN DER VORT, M. E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598-608.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; LÓPEZ-BAUTISTA, G.; IBARRA-NÚÑEZ, G.; GREENBERG, R.; BICHIER, P.; LANGRIDGE, S. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology* 85: 2677-2681.
- PHILPOTT, S. M.; DIETSCH, T. V. 2003. Coffee and conservation: a global context and the value of farmer involvement. *Conservation Biology* 17: 1844-1846.
- PHILPOTT, S. M.; ARMBRECHT, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31: 369-377.
- RICE, R. A.; DRENNING, J. 2003. Manual de café bajo sombra. Smithsonian Migratory Bird center (bird friendly). National Zoological Park, Washington, Smithsonian Migratory Bird Center. EE.UU. 63 p.
- RISCH, S. J.; CARROLL, R. 1982. Effect of a keystone predaceous ant, *Solenopsis geminata* on arthropods in a tropical Agroecosystem. *Ecology* 63: 1979-1983.
- SAKS, M. E.; CARROLL, R. 1980. Ant foraging activity in tropical agroecosystems. *Agro-Ecosystems* 6: 177-188.
- SILVESTRE, R.; BRANDAO, C. R. F.; ROSA DA SILVA, R. 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, pp.113-148. En: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colombia.
- STATSOFT, 1995. CSS: Statistica handbook. Vol.II. Statsoft Inc., Tulsa, Oklahoma
- SWIFT, M. J.; ANDERSON, J. M. 1993. Biodiversity and Ecosystem Function in Agricultural Systems, pp. 15-42. En: Schulze, E. D.; Mooney, A. H. (Eds.). *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer, Berlin.
- TERBORGH, J.; WINTER, B. 1983. A method for siting parks and reserves with special reference to Colombia and Ecuador. *Biological Conservation* 27: 45-58.
- VAN MELE, P.; CUC, N. T. T. 2001. Farmers' perceptions and practices in use of *Dolichoderus thoracicus* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) for biological control of pests of sapodilla. *Biological Control* 20: 23-29.
- VANDERMEER, J. 1999. (Unpublished) Ecological Foundations for the new agriculture. *Ecology of agroecosystems*. Ann Arbor, 441 p.
- VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. 2000. La biodiversidad y el control de plagas en sistemas agroforestales. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 55: 1-5.
- VANDERMEER, J.; CARVAJAL, R. 2001. Metapopulation dynamics and the quality of the matrix. *The American Naturalist* 159: 211-220.
- WAY, M. J.; KHOO, K. C. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37: 479-503.

Recibido: 3-feb-2009 • Aceptado: 20-feb-2010

Anexo. Número de capturas en dos métodos de muestreo, clasificación por gremios según Silvestre *et al.* (2003): Arb=árboreas; Op=oportunistas; Gen=generalistas; Col=colectoras polen y néctar; RM=reclutamiento masivo; C=Cortadoras CH=cultivadora de hongos; N=nómada; DG=depredadoras grandes; DCE=depredadora críptica especializada; EV=especialista vegetación; DOS=dominantes omnívoras de suelo; CE=colectoras exudados; D=depredadora. Estrato: ♣=arbustivo; ≈=suelo.

Especie	Pitfall	Depredación	Gremio	Estrato/ cebo moscas
<i>Anochetus mayri</i> (Emery, 1884) 01	1			
<i>Apterostigma</i> sp. 01	1			
<i>Apterostigma</i> sp. 02		1		≈
<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758) 01	61		C	
<i>Azteca</i> sp. 01		1	ARB	♣
<i>Brachymyrmex heeri</i> (Forel, 1874) 01	29	1	OP	♣≈
<i>Brachymyrmex</i> sp. 02	8			
<i>Camponotus</i> sp. 01	3	4	GEN	♣≈
<i>Camponotus novogranadensis</i> (Mayr, 1870) 02	2	15	GEN	♣
<i>Camponotus</i> sp. 03	2		GEN	
<i>Camponotus</i> sp. 04	2		GEN	♣≈
<i>Camponotus abdominalis</i> (Fabricius, 1804) 05	2		GEN	
<i>Camponotus</i> sp. 07	1		GEN	♣
<i>Camponotus</i> sp. 08	1		GEN	♣
<i>Camponotus</i> sp. 09	11		GEN	♣≈
<i>Camponotus</i> sp. 10	1		GEN	♣
<i>Camponotus</i> sp. 11	2		GEN	♣
<i>Camponotus</i> sp. 12	1		GEN	♣
<i>Cardiocondyla</i> sp. 01	25	4		≈
<i>Cardiocondyla</i> sp. 02	2			
<i>Cardiocondyla</i> sp. 03		2		♣
<i>Cephalotes</i> sp. 01		1	COL	♣
<i>Cephalotes</i> sp. 02		2	COL	♣
<i>Crematogaster</i> sp. 01	5	13	RM	♣≈
<i>Crematogaster</i> sp. 02	1		RM	
<i>Crematogaster</i> sp. 03	2		RM	♣
<i>Crematogaster</i> sp. 04	2	2	RM	♣≈
<i>Crematogaster</i> sp. 05	1	31	RM	♣≈
<i>Crematogaster</i> sp. 06		3	RM	♣
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1853) 01	117	3	CH	≈
<i>Dorymyrmex</i> sp. 01	1			
<i>Ectiton burchellii</i> (Westwood, 1842) 01	1	1	N	≈
<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1861) 01	210	34	DG	≈
<i>Gnamptogenys</i> sp. 01	113	70	DCE	≈
<i>Gnamptogenys</i> sp. 02	5		DCE	
<i>Hypoponera</i> sp. 01	3			
<i>Labidus</i> sp. 01	1			
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858) 02	1			
<i>Linepithema neotropicum</i> (Wild, 2007) 01	235	254	RM	♣≈
<i>Linepithema angulatum</i> (Emery, 1894) 03	2	20	RM	♣≈
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870) 05		58	RM	♣≈
<i>Mycocepurus</i> sp. 01	1			

(Continúa)

(Continúa)

Espece	Pitfall	Depredación	Gremio	Estrato/ cebo moscas
<i>Mycocerpus smithii</i> (Forel, 1893) 02	5			
<i>Monomorium</i> sp. 01	20			
<i>Myrmelachista</i> sp. 01		5	EV	♣
<i>Neivamyrmex</i> sp. 01	1			
<i>Nesomyrmex</i> sp. 01		1		♣
<i>Nesomyrmex</i> sp. 02		1		♣
<i>Octostruma balzani</i> (Emery, 1894) 01	4		DG	
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802) 01	48	2	DG	≈
<i>Odontomachus erythrocephalus</i> (Emery, 1890) 02	2		DG	
<i>Pachycondyla</i> sp. 01	12	5	DG	≈
<i>Pachycondyla obscuricornis</i> (Emery, 1890) 02	30	1	DG	≈
<i>Pachycondyla</i> sp. 03	1		DG	≈
<i>Pachycondyla</i> 04		1	DG	≈
<i>Paratrechina steinheili</i> (Forel, 1893) 01	20	33	OP	♣≈
<i>Paratrechina</i> sp. 02	1		OP	
<i>Paratrechina</i> sp. 03	2	1	OP	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 01	92	38	DOS	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 02	45	11	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 03	45	14	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 04	74	30	DOS	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 05	18	15	DOS	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 06	1	1	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 07	5	2	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 08	7		DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 09	1	11	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 10	1	1	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 11	2	2	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 12		8	DOS	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 13		2	DOS	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 14		8	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 15		1	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 16		5	DOS	≈
<i>Pheidole</i> sp. 17		3	DOS	♣≈
<i>Pheidole</i> sp. 18		1	DOS	≈
<i>Procryptocerus</i> sp. 01		2	CE	♣
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 01	1	13	D	♣≈
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 02	1	1	D	♣
<i>Pseudomyrmex elongatus</i> (Mayr, 1870) 03	1	13	D	♣
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 04	15	7	D	≈
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 05		6	D	♣
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 06	1		D	
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 07	1	3	D	♣≈
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 08		9	D	♣
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 10		2	D	♣

(Continúa)

(Continuación)

Especie	Pitfall	Depredación	Gremio	Estrato/ cebo moscas
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 11		2	D	♣
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 12		1	D	♣
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 14		1	D	♣
<i>Rogeria</i> sp. 01	1	1		≈
<i>Rogeria</i> sp. 02		2		♣
<i>Solenopsis</i> sp. 01	60	1	DOS	≈
<i>Solenopsis</i> cf <i>picea</i> 02	71	38	DOS	≈
<i>Solenopsis</i> sp. 03	72	23	DOS	≈
<i>Stegnomyrmex</i> sp. 01	1			
<i>Strumigenys eggersi</i> (Emery, 1890) 01	15			
<i>Strumigenys</i> sp. 02	2			
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793) 01	12			
<i>Tatuidris</i> sp. 01	1			
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863) 01	143	47	RM	♣≈

Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia

Interactions between ants and insects in foliage of sun and shade coffee plantations, Cauca-Colombia

YAMID ARLEY MERA VELASCO¹, MARIA CRISTINA GALLEGOS ROPERO² e INGE ARMBRECHT³

Resumen: Las interacciones entre hormigas y otros insectos pueden afectar directa o indirectamente las plantas de café y su producción. El presente estudio tuvo como objetivo describir estas interacciones en cuatro plantaciones de café con y sin presencia de árboles de sombra, en el sitio Pescador (Caldono) departamento del Cauca. En cada plantación se seleccionaron 45 arbustos de café, y en cada uno de ellos se escogieron dos ramas opuestas de la parte productiva. Una de las ramas se excluyó del paso de hormigas y la otra se dejó libre. Se identificaron las hormigas y otros insectos anotando las interacciones entre ellos. Las observaciones se realizaron durante siete meses cada dos semanas por un tiempo estimado de cinco minutos en cada rama. Se observaron 119 interacciones que involucraron 31 especies de hormigas distribuidas en siete subfamilias y 38 morfoespecies de otros insectos distribuidos en siete órdenes (Blattaria, Dermaptera, Orthoptera, Hemiptera, Neuroptera, Coleoptera e Hymenoptera) y 24 familias. Las interacciones se agruparon en tres tipos: mutualismo, comensalismo y depredación. Las asociaciones predominantes fueron las mutualistas facultativas (32%), seguidas por las comensalistas (30%). Las hormigas con mayor porcentaje de asociaciones fueron *Linepithema neotropicum* (32%), *Brachymyrmex heeri* (12%) y *Wasmannia auropunctata* (7%). Asociaciones con hemípteros se observaron en un 53% de los casos, seguidos de coleópteros con un 27%. Se encontró una mayor riqueza de especies de insectos y de asociaciones en cafetales con sombra que en aquellos sin sombra. La complejidad estructural que presenta este tipo de agroecosistema provee más oportunidades para la fauna asociada.

Palabras clave: Agroecosistema. Formicidae. Interacciones ecológicas.

Summary: The interactions between ants and other insects can directly or indirectly affect coffee plants and their production. The objective of this study was to describe these interactions in four coffee plantations, with and without the presence of shade trees, in the location of Pescador (Caldono), Cauca Department. At each plantation, 45 coffee bushes were selected, and, on each one, two opposing branches on the productive part were selected. One of the branches was excluded from the path of ants and the other was left free. Ants and other insects were identified and the interactions among them were recorded. The observations were done over seven months every two weeks for an estimated time of 5 min at each branch. A total of 119 interactions were observed, involving 31 ant species distributed in seven subfamilies, and 38 morphospecies of other insects distributed in seven orders (Blattaria, Dermaptera, Orthoptera, Hemiptera, Neuroptera, Coleoptera and Hymenoptera) and 24 families. The interactions were grouped into three types: mutualism, commensalism and predation. The predominant associations were facultative mutualistic (32%), followed by commensalistic (30%). The ant species involved in the greatest proportion of associations were *Linepithema neotropicum* (32%), *Brachymyrmex heeri* (12%) and *Wasmannia auropunctata* (7%). Associations with hemipterans were observed in 53% of the cases, followed by coleopterans in 27%. A greater species richness of insects and number of associations were found in coffee plantations with shade than those without shade. The structural complexity offered by this type of agroecosystem provides more opportunities for the associated fauna.

Key words: Agroecosystem. Formicidae. Ecological interactions.

Introducción

Los artrópodos, en especial los insectos, pueden constituir hasta el 90% de las especies en los ecosistemas tropicales (Pimentel *et al.* 1992). A pesar de su pequeño tamaño, estos organismos constituyen un componente importante en agroecosistemas como los cafetales, donde muchos actúan como controladores biológicos. Particularmente las hormigas ejercen importantes funciones como movimiento de suelo, de semillas y depredación (Hölldobler y Wilson 1990); además han demostrado ser uno de los grupos de insectos más sensibles a cambios ecológicos (Majer 1983).

Por otro lado, el cultivo de café es un caso ejemplar de cómo la intensificación de la agricultura afecta negativamente a la biodiversidad tropical (Armbrecht y Perfecto 2001), porque al reducir la presencia de los árboles de sombra se dis-

minuye la fauna asociada a los cultivos (Perfecto *et al.* 1996; 1997; Perfecto y Vandermeer 1996). En parte, esto se explica por la disminución de la complejidad estructural del cultivo y por tanto de los nichos ecológicos de la fauna residente en él (Gallina *et al.* 1996; Moguel y Toledo 1999). En este contexto de simplificación, es posible estudiar cómo se afectan las relaciones interespecíficas entre los artrópodos que habitan los agroecosistemas y cómo estas relaciones pueden favorecer o perjudicar los intereses del agricultor.

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) están involucradas tanto en interacciones planta-insecto como insecto-insecto. En Colombia se han llevado a cabo estudios en cultivos de café, con relaciones hormiga-hemíptero por parte de Franco *et al.* (2003) y por Bustillo *et al.* (1998). Ambos estudios registraron asociaciones hormiga-chupador, y destacaron el caso de *Chavesia caldasie* (Balachowsky, 1957) asociado

¹ Biólogo, Universidad del Cauca, Popayán. *ymera@unicauca.edu.co*. autor para correspondencia

² M. Sc. Profesora Asociada, Universidad del Cauca, Departamento de Biología. *mgallego@unicauca.edu.co*.

³ Ph. D. Profesora Asociada, Universidad del Valle, Departamento de Biología. *inge@univalle.edu.co*.

con hormigas del género *Acropyga* que afectan la parte radical del cafeto. Sin embargo, no se han registrado ataques serios debido a la estabilidad del ecosistema cafetero (Bustillo 2002). A pesar que muchas especies de insectos pueden ser potencialmente dañinas para el cafeto (Bustillo 2008), la caficultura colombiana ha sufrido más bien pocos problemas de herbivoría, con la notable excepción de la broca del café. El cuestionamiento que se desprende es si la complejidad de interrelaciones en la red trófica ha permitido prevenir el brote grave de plagas. Continuar avanzando en el conocimiento de las interacciones biológicas de los artrópodos en los cafetales colombianos permitirá eventualmente dilucidar este cuestionamiento.

Esta investigación tuvo como propósito la identificación de las hormigas asociadas con otros insectos en la parte productiva del cafeto, y la descripción de las relaciones entre hormigas-insectos. Se buscó ampliar el conocimiento sobre las interacciones ecológicas en los cafetales y aportar información sobre las relaciones benéficas, antagónicas o neutrales entre los diferentes individuos que se encuentran en estos hábitats y a su vez destacar posibles beneficios o daños de estas interacciones presentes en las plantas de café.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en el corregimiento de Pescador, municipio de Caldono, ubicado en la zona Andina en la vertiente occidental de la cordillera Central hacia el sector nororiental del departamento del Cauca ($2^{\circ}48'49''N$, $76^{\circ}32'71''W$). Aunque con muy pocos parches de vegetación natural, el paisaje de la zona es heterogéneo y presenta un mosaico de diferentes usos de la tierra en pequeñas parcelas entre 1-10 ha, en donde se destacan los potreros y cultivos de maíz (*Zea mays*), fríjol (*Phaseolus vulgaris*), pimentón (*Capsicum* sp.), yuca (*Manihot* sp.) y cafetales con árboles y sin árboles para sombra. Los cafetales sin árboles presentan solamente los arbustos de café como estrato vertical y ocasionalmente plátano (*Musa paradisiaca*), mientras que los cafetales de sombra poseen dos a tres estratos verticales, uno de 2 m compuesto por arbustos de café, otro de 5-10 m aproximadamente compuesto de árboles de guamo (*Inga* sp.) y otro de 10-15 m compuesto por otros árboles ocasionales como balsó (*Ochroma* sp.), aguacate (*Persea* sp.), mango (*Mangifera indica*), guanábana (*Annona muricata*) y chachafruto (*Erythrina edulis*).

Se escogieron dos fincas cafeteras: finca El Alto del Paraíso y la finca Angélica. En cada una se seleccionaron dos parcelas contiguas menores de 1 ha de café con y sin sombra (i.e. cuatro parcelas). Todas las fincas se encuentran a una altitud de 1420 msnm (± 30 m), con una zona de vida bosque húmedo pre-montano según Holdridge (1978).

En cada parcela se seleccionaron 45 arbustos de café los cuales se encontraban distantes por lo menos 10 m entre sí y a 10 m de los bordes del cultivo. En cada uno de los cafetos se escogieron dos ramas ubicadas en la parte productiva; una de estas ramas permitía el paso normal de hormigas e insectos caminadores y la otra se aisló (tratamiento sin hormigas) aplicándole en la base un pegante especial llamado Tanglefoot®, el cual resiste el agua y no se seca. Este pegante fue reforzado cada 15 días según necesidad. Los muestreros se realizaron de forma manual para insectos caminadores y también se recolectaron los insectos voladores que se posaban sobre las ramas, usando una red entomológica cuando era necesario. El ensayo se instaló en época de floración y se comenzó a

muestrear en época de fructificación hasta la cosecha. Las observaciones se realizaron cada dos semanas, por cinco minutos en cada rama. En este lapso se caracterizaron todas las interacciones que se observaron, identificando cada uno de los individuos involucrados, ya sea de mutuo beneficio, de aprovechamiento de sustancias excretadas de parte de otros insectos o alimentación directa de parte de las hormigas. Las actividades se clasificaron como mutualismo, comensalismo y depredación, según fuese el caso, con base en la literatura. El porcentaje de subfamilias de hormigas involucradas en interacciones se calculó, teniendo en cuenta el total de eventos como 100%. Por cada parcela de café se obtuvieron 90 muestras, 45 del tratamiento “con hormigas” y 45 del tratamiento “sin hormigas”. El trabajo de campo se efectuó entre enero y julio de 2007. Las muestras de hormigas se almacenaron en alcohol al 70%, se montaron e identificaron hasta género según claves de Hölldobler y Wilson (1990), Lattke (2004) y Bolton (1994). Los demás insectos se identificaron con ayuda de claves de Borrer *et al.* (1992) y por comparación con especímenes de la colección de insectos de la Universidad del Valle (MEUV).

Mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov se examinó la normalidad de la distribución de los datos. Posteriormente se realizó una prueba de t-student para muestras independientes para comparar las medias de la diversidad de insectos, diversidad de hormigas y número de asociaciones observadas entre cafetales con y sin sombra.

Resultados y Discusión

Especies de hormigas y otros insectos asociados al follaje del cafeto. En los cafetales con y sin sombra se encontraron 31 especies de hormigas distribuidas en siete Subfamilias: Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae, Pseudomyrmecinae, Ecitoninae, Ponerinae y Ectatomminae. Estas hormigas estaban asociadas con 38 especies de otros insectos agrupados en siete órdenes: Blattaria, Dermaptera, Orthoptera, Hemiptera (Heteroptera, Stenorrhyncha, Auchenorrhyncha), Neuroptera, Coleoptera e Hymenoptera distribuidos en 24 familias. Las subfamilias de hormigas más abundantes fueron: Myrmicinae (48%), Formicinae (19%), Pseudomyrmecinae (10%) seguidas por Ecitoninae y Ectatomminae con un (3%), respectivamente.

Los eventos de asociación variaron dependiendo de la subfamilia de hormigas. La subfamilia Dolichoderinae, con tres especies, presentó el 36% de las interacciones encontradas seguida de Myrmicinae con 15 especies y un 33% de las interacciones. Las hormigas cazadoras Ponerinae, con dos especies, estuvieron involucradas en el 2% del total de las observaciones. El alto porcentaje de interacciones de Dolichoderinae se debió a la alta población de *Linepithema neotropicum* (Emery, 1894) que forraja en los cafetos de la zona. Esta especie de hormiga en particular se caracteriza por anidar en la hojarasca y aprovechar partículas de tierra que se acumulan entre las hojas formando una base para sus nidos (Ramírez *et al.* 2000). Se encontraron este tipo de estructuras o nidos satélites en el cafeto, en medio de las cerezas de café, en donde las hormigas se asociaban con insectos chupadores protegiéndolos en su interior (Figs. 1A y 1B). La subfamilia Myrmicinae también se destacó por presentar un número notorio de asociaciones mutualistas facultativas con insectos chupadores, lo que está en consonancia con los resultados obtenidos por Franco *et al.* (2003)

Tabla 1. Asociaciones hormiga con otro insecto en cafetales con y sin sombra. Los nombres de los taxones en negrita pertenecen a las hormigas, para cada morfoespecie se registran los diferentes insectos con los cuales se evidenció algún tipo de relación: m: mutualismo; c: comensalismo; d: depredación; p: otro; x: indefinido u ocasional.

CAFETAL CON SOMBRA	CAFETAL SIN SOMBRA
MYRMICINAE	MYRMICINAE
<i>Wasmannia auropunctata</i>	<i>Wasmannia auropunctata</i>
Drynidae / <i>Trichogonatopus</i> sp.	c
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	d
Crematogaster sp. 1	m, c
Coccidae / <i>Saissetia coffeae</i>	m, c
Aphididae sp.	m, c
Membracidae sp. 2	m, c
Cicadellidae sp. 2	c
Crematogaster sp. 2	m, c
Membracidae sp. 2	m, c
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c
Carabidae sp. 1	p
Crematogaster sp. 3	m, c
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c
Membracidae sp. 2	m, c, d
Crematogaster sp. 5	d
Romaloideae sp.	m, c
Membracidae sp. 2	m, c
Crematogaster sp. 6	d
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	d
Coccidae / <i>Saissetia coffeae</i>	m, c
Pseudococcidae sp. 1	m, c, d
Crematogaster sp. 7	m, c
Membracidae sp. 2	m, c
Forficulidae sp.	x
Temnothorax sp. 1	d
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	x
Chrysomelidae sp. 5	x
Cicadellidae sp. 6	d
Temnothorax sp. 2	d
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	d
Carabidae sp. 5	d
Temnothorax sp. 4	x
Coreidae sp. 2	x
Procryptocerus sp. 1	d
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	d
Curculionidae sp. 1	x
Chrysomelidae sp.	x
Procryptocerus sp. 2	m
Membracidae sp. 2	m
DOLICHODERINAE	
Linepithema neotropicum	
Coccidae / <i>Saissetia coffeae</i>	m
Chrysomelidae sp. 5	p
Coccinellidae sp. 6	c
Coccinellidae / <i>Azya orbignera</i>	d
Forficulidae sp.	p
Vespidae / <i>Polistes carnifex</i>	c
Cercopidae sp. 1	m, d
Pyrrhocoridae sp.	d
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	x
Aphididae sp. 1	m
Vespidae / <i>Polybia emaciata</i>	c
Linepithema angulatum	
Curculionidae sp. 5	x
Cercopidae sp. 1	c
Forficulidae sp.	p
FORMICINAE	
Brachymyrmex heeri	
Coccinellidae sp. 5	c
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, d
Chrysomelidae sp. 1	c, p
Blattellidae sp.	p
Forficulidae sp.	p
Brachymyrmex sp. 2	
Cercopidae sp. 1	c
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c
Coreidae sp. 2	d
Pseudomyrmex sp. 10	
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, d
PONERINAE	
Pachycondyla sp. 1	
Curculionidae / <i>Macrostylus</i> sp. 1	d
Pachycondyla obscuricornis	
Forficulidae sp.	d
Camponotus sp. 4	
Pyrrhocoridae sp. 1	d
PSEUDOMYRMECINAE	

(Continúa)

(Continuación)

CAFETAL CON SOMBRA		CAFETAL SIN SOMBRA	
MYRMICINAE		MYRMICINAE	
Ichneumonidae sp.	c	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 9	
Drynidae / <i>Trichogonatopus</i> sp.	c	Aphididae sp.	m, d
Chrysopidae / <i>Chrysopa</i> sp.	p	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 10	
Vespidae / <i>Polybia emaciata</i>	c	Blattellidae sp.	x
Pseudococcidae sp. 1	m, c	ECTATOMMINAE	
Pyrrhocoridae sp.	x	<i>Ectatomma ruidum</i>	
Curculionidae / <i>Macrostylus</i> sp. 1	d	Coccinellidae / <i>Azya orbignera</i>	d
Linepithema angulatum		Cercopidae sp. 1	m
Drynidae / <i>Trichogonatopus</i> sp.	c	Acrididae sp. 4	d
Cercopidae sp. 1	m, c	Sphecidae sp. 3	d
Azteca sp.		Orthezidae / <i>Orthezia</i> sp	m, c, d
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c		
FORMICINAE			
Brachymyrmex heeri			
Coccidae sp. 2	m		
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c		
Orthezidae / <i>Orthezia</i> sp	m, c		
Lycidae sp. 2	x		
Cercopidae sp. 1	c		
Chrysomelidae sp. 1	d		
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	d		
Coccinellidae sp. 5	c		
Brachymyrmex sp. 2			
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	c, m		
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	d		
Camponotus sp. 2			
Curculionidae / <i>Hypothenemus hampei</i>	x		
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c		
Forficulidae sp.	x		
Camponotus sp. 7			
Blattellidae sp.	p		
Camponotus sp. 8			
Pseudococcidae / <i>Coccus viridis</i>	m, c		
ECITONINAE			
Eciton burchelli			
Melolonthidae / <i>Ancistrosema rufipes</i>	d		
Acrididae sp. 1	d		
Curculionidae sp. 4	d		
PSEUDOMYRMECINAE			
Pseudomyrmex sp. 1			

quienes también observaron una mayor proporción de asociaciones mutualistas.

Descripción del tipo de asociación entre hormigas y otros insectos. Se reconoció un total de 119 eventos de asociación entre hormigas y otros insectos en la parte aérea del cafetal, las cuales se clasificaron como mutualismo, comensalismo y depredación (Tabla 1).

De las asociaciones registradas, el orden Hemiptera, cuyos individuos se conocen popular y antiguamente como “homópteros”, en adelante “chupadores”, presentó la mayor proporción de asociaciones con las hormigas (53%) debido posiblemente a adaptaciones de comportamiento, como resultado de un largo proceso coevolutivo. A este le siguió el orden Coleoptera con un 27% (Tabla 2). Estos resultados ra-

tifican la importancia que juegan los insectos chupadores en el agroecosistema y la preocupación que se ha despertado con respecto a la asociación con las hormigas, debido al eventual registro de problemas fitosanitarios dentro de los cafetales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos insectos chupadores, según Bustillo (2002), no han sido considerados hasta el momento como plagas serias precisamente por que solo se han registrado ataques esporádicos en los cafetales.

Asociaciones caracterizadas como mutualistas. Se observó que este tipo de asociación en cultivos con sombra presentó un 24% de los eventos con respecto a un 8% encontrado en cultivos sin sombra. En esta relación reciben beneficio mutuo tanto los otros insectos como las hormigas. El caso más conocido y documentado es el de los insectos chupadores los

Tabla 2. Proporción de asociaciones encontradas entre hormigas y otros insectos.

Hormigas	Orden (otros insectos)	Suborden	Nº de asociaciones	Ocurrencia (%)
Formicidae	Coleópteros		32	26,89
	Dermápteros		8	6,72
	Hemípteros	Heterópteros	3	2,52
	Hemípteros	Sternorrhyncha/ Auchenorrhyncha	63	52,94
	Neuropteros		3	2,52
	Himenópteros		6	5,04
	Orthópteros		3	2,52
	Blattaria		1	0,84
Total			119	100

cuales excretan miel de rocío o ligamaza, que es una mezcla compleja de carbohidratos solubles en agua (proporción principal incluyendo glucosa, sacarosa, fructosa y otros), aminoácidos, aminas, ácidos orgánicos, alcohol, auxinas y sales (Hackman y Trikojus 1952; Way 1963; Wilson 2009). La ligamaza permite a las hormigas suplir ciertas necesidades energéticas en sus colonias. Sin embargo, en ocasiones los chupadores también son depredados por las hormigas como una fuente de proteínas y como medio regulador de sus recursos alimenticios. Este comportamiento fue registrado por Jaffé (2004), donde Formicinae presentó el mayor número de especies de hormigas visitando a Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha. Estos insectos reciben atención de parte de las hormigas que consiste en que la hormiga con las antenas remueve la miel del cuerpo del chupador o del lugar donde es excretada. Luego con las patas delanteras limpia las antenas y ubica la miel entre las mandíbulas para posteriormente

transportarla a la colonia en su estómago social. Estas asociaciones conocidas como trofobiosis permiten que las dos partes reciban algún tipo de beneficio sin que ninguna salga perjudicada (Delabie 2001; Delabie y Fernández 2003).

La limpieza a un chupador la pueden realizar una o varias hormigas donde se puede presentar preferencia por ciertos estados de desarrollo del chupador, tal como ocurre con los estados inmaduros de áfidos y adultos ápteros en la asociación registrada entre *Linepithema neotropicum* y Aphidiidae sp. 1 (Fig. 1A). También se observó limpieza a adultos e inmaduros de *Orthezia* sp. realizados por *Ectatomma ruidum* (Roger, 1860) (Ectatomminae) donde la hormiga protegía agresivamente a estos chupadores de otros insectos que intentaran acercarse (Fig. 1D). Otras interacciones se observaron entre Membracidae sp. 1 y *Crematogaster* sp. 3. Por su parte, *Coccus viridis* (Green, 1889) y *Saissetia coffeae* (Walker, 1852) interactuaron con hormigas como *Temnotho-*

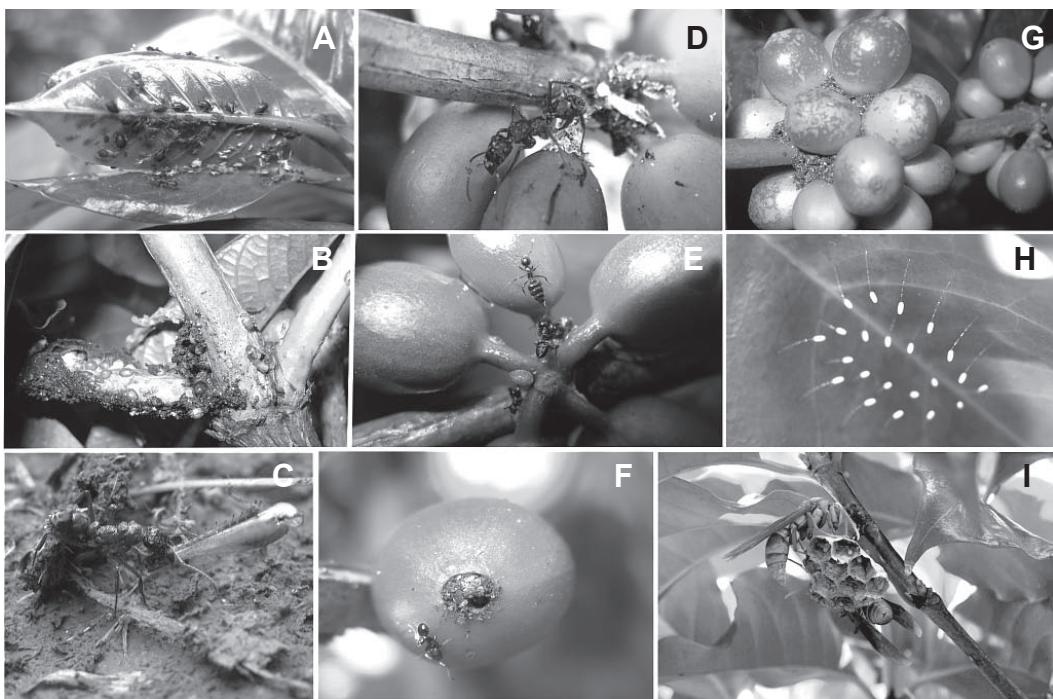


Figura 1. Asociación entre: A. *Linepithema neotropicum* y Aphidiidae sp.; B. *Linepithema neotropicum* y *Saissetia coffeae*; C. *Ectatomma ruidum* transportando una pata de ortóptero; D. *Ectatomma ruidum* y *Orthezia* sp.; E. *Crematogaster* sp. 3 y *Coccus viridis*; F. *Temnothorax* sp. 2 acechando broca de café *Hypothenemus hampei*; se observa el agujero de entrada de la broca en el grano de café; G. Recubrimiento de nidos con material vegetal sobre frutos de café; H. Huevos de *Chrysopa* sp.; I. *Polistes carnifex*.

rax sp. 2, *Camponotus novogranadensis* (Mayr, 1870), *Azteca* sp., *Linepithema neotropicum*, y *Linepithema angulatum* (Emery, 1894), (Figs. 1B y 1E). Esta actividad de limpieza puede durar de segundos a varios minutos dependiendo del tiempo que la hormiga necesite para almacenar suficiente miel en su abdomen. Cuando la limpieza no es efectuada por la hormiga, hongos del grupo *Capnodium*, que se conocen comúnmente con el nombre de “fumagina” forman una película micelial membranosa o vellosa, negra o café opaca que cubre tanto al chupador como la parte del árbol donde éste se encuentra. Al disminuir la luz necesaria para la fotosíntesis, ocurre debilitamiento de la planta hospedera que la predispone al ataque de patógenos (Hamon 1998; Angel *et al.* 2001; Franco *et al.* 2003).

Otra protección de parte de las hormigas consiste en el cubrimiento, con tierra y material vegetal como corteza y hojas viejas, de las colonias de insectos chupadores de la familia Coccidae (*Saissetia coffeae*) y Pseudococcidae, de forma que la hormiga los protege del ataque de enemigos naturales (Fig. 1B). Además, según Hamon (1998) y Gullan (1997), la protección en envolturas o nidos, puede reducir la frecuencia de enfermedades debido a las sustancias antibióticas secretadas por las hormigas, de tal modo que se ejerce un control preventivo especialmente contra los hongos. Aquellas colonias que presentaban este recubrimiento, se apreciaron en mejores condiciones (ej. se observó menor cantidad de individuos parasitados) que aquellas que estaban descubiertas.

No obstante, cuando algunos enemigos naturales atacaron a los chupadores, no todas las especies de hormigas los defendieron. Este fue el caso con *Linepithema neotropicum* y *L. angulatum*, que permitieron que algunas larvas de *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae) y Coccinellidae (Coleoptera) aprovecharan una buena parte de las colonias para alimentarse. Este tipo de comportamiento también fue registrado por Franco *et al.* (2003), en donde larvas de coccinélidos depredaron chupadores en presencia de hormigas tan agresivas como *Solenopsis* sp. Una red alimenticia como la descrita permite que cada una de las partes reciba beneficio teniendo en cuenta que las hormigas permiten la permanencia de diferentes especies oportunistas y por consiguiente que haya un equilibrio en el cafeto.

Asociaciones caracterizadas como comensalistas

Se observó una alta ocurrencia de estas interacciones en el estudio, siendo mayor en cafetales con sombra (23%) que en los cafetales sin sombra (7%). La asociación se encontró en diversas ocasiones en forma directa e indirecta, por ejemplo algunas especies de larvas de la familia Coccinellidae depredaron diferentes estadios de insectos chupadores de las Familias Coccidae y Pseudococcidae, que eran cuidados por las hormigas de las especies *Linepithema neotropicum* y *Linepithema angulatum*, aprovechando el recubrimiento que éstas hacían sobre las colonias de chupadores con material vegetal (Fig. 1B), sin que aparentemente afectara las poblaciones de las hormigas. Este evento sólo fue observado en tres ocasiones.

Se destacó la presencia de un himenóptero de la familia Drynidae, *Trichogonatopus* sp., el cual es considerado un parasitoide cenobionte e hipermétabolo que se desarrolla mayormente como ectoparasitoide de Cicadellidae (Olmi y Virla 2006) y además se alimenta de sustancias azucaradas en especial del melado producido por sus hospederos. A pesar que el parásito se observó cerca a las hormigas, éste se

encontró parasitando un Fulgoridae. En este caso, al parecer, estos parasitoides aprovechan su hospedero sin perjudicar a las hormigas. Los recubrimientos con material vegetal actúan como barrera protectora confiriendo ventajas para insectos como Dermaptera, Blattelidae e incluso hormigas del género *Brachymyrmex* sin que aparentemente la presencia de estos insectos afectara a las hormigas.

Otro tipo de insectos que parecían beneficiarse de la presencia de hormigas fueron las avispas *Polistes carnifex* (Fabricius, 1775) y *Polybia emaciata* (Lucas, 1854), las cuales construyen sus nidos en los arbustos de café. Estas avispas recibieron protección extra de parte de hormigas como *Camponotus* sp.1 y *Linepithema neotropicum* contra posibles depredadores de sus larvas (Fig. 1I). Se especula que este tipo de relación a largo plazo (evolutivamente) podría adquirir características mutualistas, si la asociación entre nidos de avispas y de hormigas se convirtiera en una defensa communal, en donde las dos partes resultarían beneficiadas. Este comportamiento también ha sido observado en la Reserva Pozo Verde (Jamundí, Valle del Cauca) entre nidos de avispas *Mischocyttarus* sp. y *Synoeca* sp. con hormigas del género *Azteca*, las cuales conviven sin ningún problema, sacando beneficio de su asociación (P. Chacón, com. pers. 2007). Otra posible interacción se presentó entre huevos de la Familia Chrysopidae depositados en el haz de la hoja del cafeto, en donde es posible que la presencia de hormigas cause una disminución en el parasitismo o la depredación por otros insectos y de esta forma prolonguen su ciclo de vida (Fig. 1H).

Asociaciones caracterizadas como de depredación. Esta interacción se observó, en mayor proporción, en cafetales con sombra (15%; Fig. 3) en relación con cafetales sin sombra (6%). En las interacciones estuvieron involucradas especies de las subfamilias Ectatomminae, Ponerinae, Ecitoninae y Myrmicinae. La depredación puede verse favorecida por la mayor complejidad estructural que confiere la presencia de árboles. Estos añaden heterogeneidad vertical al hábitat y proveen soporte, alimento y refugio para aves y otros organismos (Fig. 2).

No obstante, fue común observar depredación por parte de la especie cazadora *Ectatomma ruidum*, la cual solo estuvo presente en cafetales sin sombra. Esta especie, además de cuidar insectos chupadores del género *Orthezia* sp., se observó alimentándose de estadios inmaduros de este mismo insecto. Igualmente se encontraron estas hormigas llevando a sus nidos partes de ortópteros de las familias Gryllidae y Acrididae, que habían cazado en medio de las cerezas de café (Fig. 1C). *E. ruidum*, por su tamaño, no puede penetrar en los frutos brocados, pero ha sido reportada en otros estudios llevando broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) entre sus mandíbulas (Cárdenas y Posada 2001). También se observaron especies como *Pachycondyla* sp.1 y *Pachycondyla obscuricornis* (Emery, 1890) cazando coleópteros como *Macrostylus* sp.1 (Curculionidae) y dermápteros, las cuales acechaban en medio de las cerezas de café y después transportaban en sus mandíbulas hasta los nidos.

Se observaron incursiones de la hormiga legionaria *Ectiton burchellii* (Westwood, 1842), aunque solo fueron exclusivas en cultivos de café con sombra, resultan ser bastante provechosas para este tipo de agroecosistemas. Según Jaffé (2004), estas hormigas se caracterizan por presentar altos requerimientos proteínicos para su colonia. Esto, unido a un

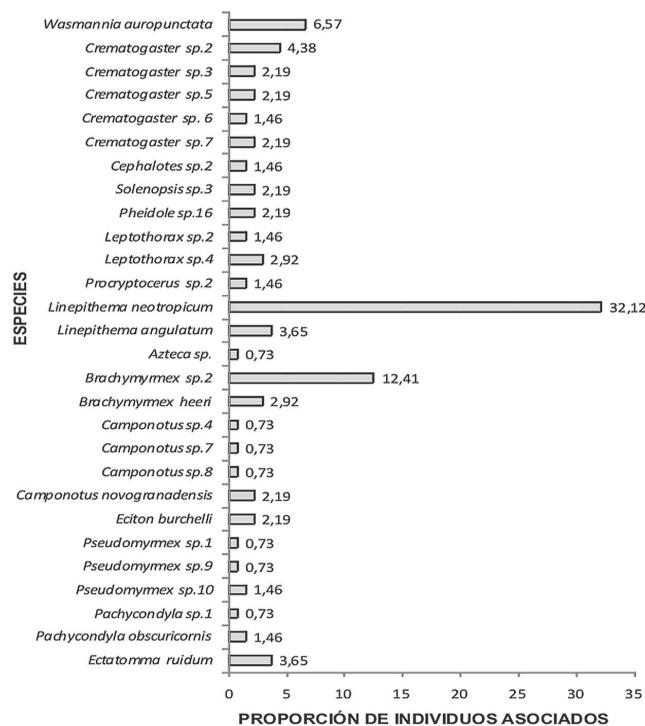


Figura 2: Proporción de eventos de asociación hormigas encontradas con otros insectos en ambos sistemas de cultivo.

eficiente sistema de caza, hace de las batidas un importante aporte en el control de numerosos artrópodos en los cafetales de sombra. Al aparecer, después de la época de lluvias, donde proliferan gran cantidad de insectos, las hormigas legionarias llegan en grandes cantidades cumpliendo una importante función al reducir poblaciones de insectos herbívoros como orthópteros (Romaleidae, Acrididae, Gryllidae) y coleópteros *Ancistrosoma rufipes* (Latrelle, 1833) (Melolonthidae) y *Macrostylus* sp.1 (Curculionidae). Algunas especies de hormigas como *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863), *Temnothorax* sp.1 y sp.2; *Brachymyrmex heeri* (Forel, 1874), *Pachycondyla obscuricornis*, *Pachycondyla* sp.1 y *Ectatomma ruidum*, se observaron realizando control biológico sobre especies de comedores de follaje como crisomélidos, curculiónidos y melolóntidos, que atacan las partes tiernas del cafeto. Cárdenas y Posada (2001) reportaron que este tipo de insectos masticadores se alimentan del follaje de los cafetos causando esqueletización y dejando sólo las nervaduras principales; además de consumir hojas, mastican flores y roen la “pulpa” (epicarpo) de los frutos.

Franco *et al.* (2003) reportaron algunas hormigas del género *Pheidole* y *Solenopsis* cumpliendo labores de manuten-

ción y a su vez depredando algunas escamas como cóccidos. En este caso se observó a *Crematogaster* sp.1 y *Crematogaster* sp.6 depredando y también cuidando cóccidos. Otros insectos como los áfidos formaron colonias en el envés de las hojas más nuevas, succionando la savia y produciendo clorosis y deformación del tejido de las hojas (Cárdenas y Posada 2001). Además de recibir cuidado por hormigas como *Linepithema neotropicum*, y *L. angulatum*, los áfidos fueron depredados por hormigas de los géneros *Crematogaster* sp.1 y *Pseudomyrmex* sp. 9.

Se detectó depredación directa sobre la broca de café *Hypothenemus hampei*, por hormigas de las especies *Temnothorax* sp.1, *Temnothorax* sp. 2 (Fig. 1F). Además se encontraron hormigas como *Wasmannia auropunctata* y *Crematogaster* sp. 6, acarreando pedazos del cuerpo de este insecto plaga. La broca del café se ha constituido en un gran problema en la caficultura colombiana desde su reconocimiento en los cafetales en el sur del país en el año de 1988 (Bustillo 2002). Este coleóptero es considerado el insecto más dañino del cultivo porque causa grandes sobrecostos de producción, hasta el punto de ser catalogado como la plaga más importante en Colombia (Bustillo *et al.* 1998; Bustillo 2002). Otros estudios que también han detectado la importancia de las hormigas ejerciendo un efecto depredador fueron llevados a cabo por Bustillo *et al.* (1998), Gallego-Ropero y Armbrrecht (2005) y Armbrrecht y Gallego (2007) quienes encontraron hormigas de los géneros *Crematogaster*, *Pheidole*, *Brachymyrmex*, *Solenopsis*, *Wasmannia* y *Pronelepis* depredando la broca del café.

Las relaciones descritas, sobre todo con chupadores y membrácidos no son específicas, debido a que las hormigas pueden presentar más de un tipo de relación con otro insecto, pudiendo ser mutualismo-comensalismo o mutualismo-depredación o finalmente las tres: mutualismo, comensalismo y depredación.

Interacciones indirectas hormiga-hemíptero-depredadores (otros). Este tipo de interacción, presentó un mayor porcentaje en cafetales sin sombra con un 5% seguido de 3% de cafetales con sombra. Estas asociaciones se observaron en nidos satélites de hormigas del género *Linepithema* con un coleóptero de la familia Staphylinidae, cuyos representantes están íntimamente relacionados con las hormigas. Estos se han encontrado frecuentemente en nidos de las subfamilias Myrmicinae (Navarrete-Heredia y Newton 1995) y Ecitoninae (Seavers 1965), y sus relaciones involucran adaptaciones tanto de naturaleza trófica (Hölldobler y Wilson 1990) como química (Akre y Reittenmeyer 1968). Por otro lado, se observó un gran número de dermápteros que aprovecharon la presencia de hormigas para su beneficio, posiblemente utilizando alimento residual cercano a las hormigas. Estas asociaciones

Tabla 3. Interacción simultánea entre diferentes especies de hormigas y otros insectos.

Especies de hormigas	Otros insectos
<i>Linepithema neotropicum</i> , <i>L. angulatum</i>	<i>Brachymyrmex heeri</i>
<i>Linepithema neotropicum</i> , <i>L. angulatum</i>	<i>Wasmannia auropunctata</i> , <i>Brachymyrmex</i> sp.2
<i>Linepithema neotropicum</i> , <i>L. angulatum</i>	<i>Brachymyrmex heeri</i> , <i>Wasmannia auropunctata</i>
<i>Crematogaster</i> sp.2, sp.3	<i>Brachymyrmex heeri</i> , <i>Wasmannia auropunctata</i>
<i>Linepithema neotropicum</i>	<i>Pseudomyrmex</i> sp.16
<i>Crematogaster</i> sp.2	<i>Pseudomyrmex</i> sp.10
	<i>Saissetia coffeae</i> W.
	<i>Coccus viridis</i> G.
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.
	Membracidae sp. 1
	<i>Saissetia coffeae</i> W.
	Membracidae sp.1

oportunistas pueden establecerse generalmente gracias a la presencia de glándulas de apaciguamiento que evitan el ataque de las hormigas (Hölldobler y Wilson 1990).

Otras interacciones de tipo oportunista se detectaron entre hormigas *Camponotus* sp. 7 y blatélidos. Al parecer las cucarachas aprovechan la protección y parte del alimento de las hormigas sin que las hormigas las agredieran ni recibieran beneficio aparente de estos insectos. La observación fue limitada teniendo en cuenta que los nidos construidos entre las hojas del cafeto con material vegetal obstaculizan la visibilidad (Fig. 1B).

También se presentaron relaciones indirectas, es decir, que a través de las hormigas, otros insectos recibían beneficios. Un ejemplo claro se presentó entre individuos de las familias Coccinellidae y Chrysopidae (ambos depredadores) y las hormigas del género *Linepithema* las cuales permitían el ingreso de estos insectos o la incursión de algunos de ellos cerca de los insectos chupadores. Los depredadores coccinélidos, en su estado larval, necesitan penetrar las construcciones que realizan las hormigas a los cóccidos y pseudocóccidos para poder alimentarse. El resultado conjunto es que posiblemente los chupadores no perjudiquen en mayor medida al arbusto de café pues los depredadores mencionados son uno de los grupos de insectos que más contribuye a regularlos (Cárdenas y Posada 2001).

En los diferentes sistemas de cultivo se observaron simultáneamente dos o más especies de hormigas compartiendo el recurso de insectos chupadores (Tabla 3). Por ejemplo, individuos del género *Pseudomyrmex* se observaron capturando rápidamente chupadores que eran cuidados por hormigas *Linepithema* y *Crematogaster*; al parecer su velocidad de movimiento les permite conseguir eficientemente su alimento.

Síntesis sobre las asociaciones observadas. Se resalta que varias especies de hormigas fueron exclusivas de alguno de los dos sistemas de cultivo. Por ejemplo *Ectatomma ruidum* se encontró en asociación con otros insectos solo en cafetales sin

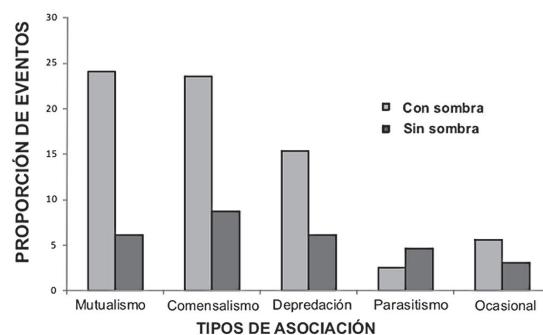


Figura 3. Porcentaje de eventos de asociación registrados entre hormigas y otros insectos del follaje en cafetales con y sin sombra.

sombra, pero las labores de depredación que esta hormiga realizaba fue suplida por otras especies de hormigas que se encontraban en mayor proporción en cultivos con sombra como *Pachycondyla* sp. 1, *Pachycondyla obscuricornis*, *Temnothorax* sp. 1, *Temnothorax* sp. 2, *Crematogaster* sp. 2 y *Eciton burchelli*. También hubo especies compartidas entre estos dos tipos de cafetales, como *Linepithema angulatum* que fue la especie que mayor número de asociaciones registró seguida de *Wasmannia auropunctata*, *Brachymyrmex* sp. y *Pseudomyrmex* sp. 10.

En términos generales, el porcentaje de interacciones observadas entre hormigas y otros insectos fue mayor en cafetales con sombra. La Figura 3 muestra estas diferencias, siendo los mutualismos facultativos y comensalismos los más representativos. En un estudio realizado por Franco *et al.* (2003) sobre asociación entre chupadores y hormigas, se registró un 95% de estas asociaciones como mutualista, mientras que en este estudio se encontró una mayor variedad de otros grupos de insectos involucrados. Así pues, las asociaciones con otros insectos incrementaron el porcentaje de interacciones de tipo comensalista. El mutualismo y el comensalismo se dieron en proporciones similares en los

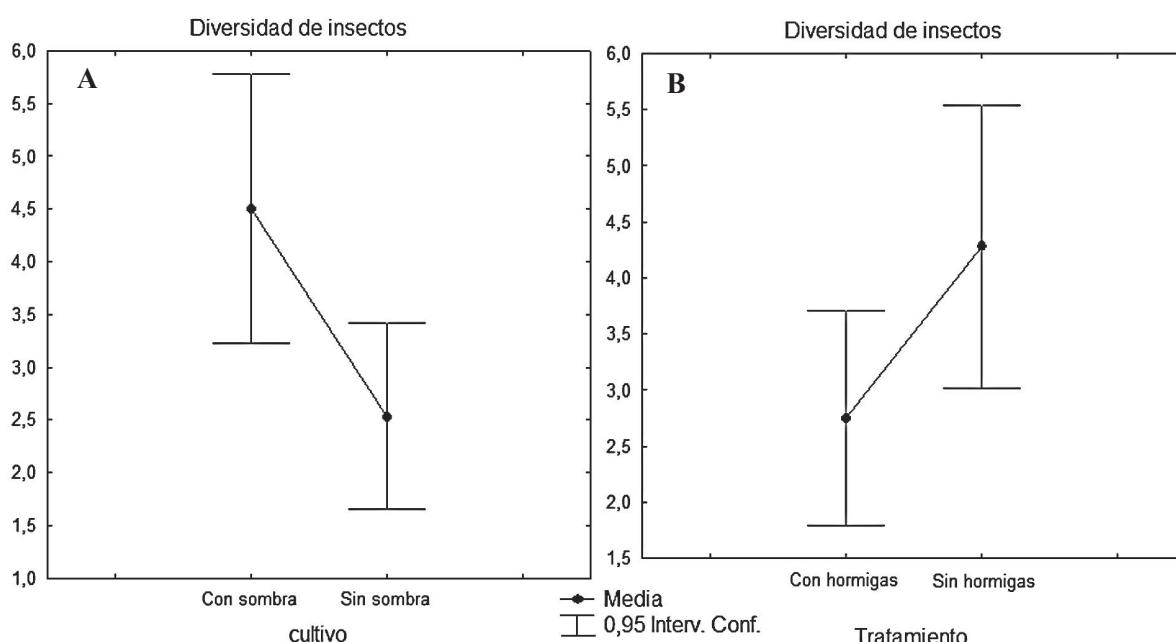


Figura 4. Medias marginales estimadas para la diversidad de otros insectos en los cafetales estudiados. A. Número de especies según el tratamiento de sombra y B. Número de especies según el tratamiento de exclusión de hormigas.

Tabla 4. Proporción de eventos de asociación entre especies de hormigas y otros insectos en cada una de las parcelas de café.

SUBFAMILIA HORMIGA	ESPECIE DE HORMIGA	TIPO DE CULTIVO	
		SOMBRA	SIN
Myrmicinae	<i>Wasmannia auropunctata</i>	1,46	5,11
	<i>Crematogaster</i> sp.1	0	0,73
	<i>Crematogaster</i> sp.2	3,65	0,73
	<i>Crematogaster</i> sp.3	2,19	0
	<i>Crematogaster</i> sp.5	2,19	0
	<i>Crematogaster</i> sp.6	1,46	0
	<i>Crematogaster</i> sp.7	2,19	0
	<i>Cephalotes</i> sp.2	1,46	0
	<i>Solenopsis</i> sp.3	2,19	0
	<i>Pheidole</i> sp.16	2,19	0
	<i>Temnothorax</i> sp.1	0,73	0
Dolichoderinae	<i>Temnothorax</i> sp.2	0,73	0,73
	<i>Temnothorax</i> sp.4	2,92	0
	<i>Procryptocerus regularis</i>	0,73	0
	<i>Procryptocerus</i> sp.2	0	1,46
	Total	24,99	8,76
	<i>Linepithema neotropicum</i>	23,36	8,76
	<i>Linepithema angulatum</i>	1,46	2,19
Formicinae	<i>Azteca</i> sp.	0,73	0
	Total	25,55	10,95
	<i>Brachymyrmex heeri</i>	7,3	5,11
	<i>Brachymyrmex</i> sp.2	1,46	1,46
	<i>Camponotus</i> sp.4	0	0,73
	<i>Camponotus</i> sp.7	0,73	0
	<i>Camponotus</i> sp.8	0,73	0
Ecitoninae	<i>C. novogranadensis</i>	2,19	0
	Total	12,41	7,3
	<i>Ectyon burchelli</i>	2,19	0
Pseudomyrmecinae	Total	2,19	0
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	0,73	0
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.9	0	0,73
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.10	0,73	0,73
	Total	1,46	1,46
Ponerinae	<i>Pachycondyla</i> sp.1	0,73	0
	<i>P. obscuricornis</i>	0,73	0,73
	Total	1,46	0,73
Ectatomminae	<i>Ectatomma ruidum</i>	0	3,65
	Total	0	3,65
TOTAL		67.16	32.85

dos tipos de cafetales, con y sin sombra, aunque la complejidad de las relaciones hace que se desdibujen caracterizaciones mutuamente excluyentes.

Comparación de la diversidad. La presencia de hormigas influyó sobre la diversidad de artrópodos presentes en las ra-

mas de cafetales (ramas con o sin pegante), pues se encontraron diferencias significativas en el número de morfoespecies en los tratamientos ($F_{1(19)} = 4.492$; $p = 0.036$) (Fig. 4B). En otras palabras, las hormigas ejercieron una función importante como controladoras biológicas de posibles insectos plaga (hubo menos variedad en el tratamiento con hormigas), y a su

vez estimularon las poblaciones de otros insectos asociados al cultivo. Los insectos encontrados en ramas que excluían las hormigas (con pegante) resultaban ser en su mayoría, insectos dañinos para la caficultura como los denominados cuarroncitos del follaje de acuerdo con reportes realizados por Cárdenas y Posada (2001).

La diversidad de la artropoda estuvo relacionada con la cantidad de asociaciones potencial y realmente existentes entre hormigas y otros artrópodos. En este estudio se ratifica que la mayor diversidad viene acompañada con una mayor variedad de interacciones, especialmente en los cafetales de sombra y es consistente con Rivera y Armbrecht (2005), quienes encontraron que un manejo agrícola ambientalmente amigable, como el cafetal orgánico de sombra diversa favoreció la diversidad de hormigas en Risaralda, Colombia. En el presente estudio se identificaron diferencias significativas en la riqueza de otros insectos asociados a los cafetales ($t_{(409)} = 4.152$; $p < 0.001$) y en riqueza de hormigas ($t_{(52)} = 3.895$; $p < 0.001$), siendo mayor en los cafetales con sombra asociada (Fig. 4A). Por tanto, los registros hechos a lo largo del estudio evidenciaron que los cultivos con sombra ó polisombra, no sólo presentan una mayor riqueza de hormigas, sino una mayor riqueza de otros insectos que los cultivos de café que se encuentran a plena exposición solar.

De acuerdo con los resultados aquí presentados y los reportes de otros estudios (Perfecto y Vandermeer 1996), se sigue sosteniendo que el manejo de sombra dentro del cafetal puede influenciar la abundancia y diversidad de artrópodos. Algunos de los componentes responsables de esta variación en la riqueza de insectos encontrada son las condiciones microclimáticas, la disponibilidad de alimento, los sitios de anidación y las interacciones con otras especies, que ofrecen precisamente los cafetales con estructura más compleja. Según estudios de Altieri y Nicholls (1994) estos factores relacionados con la vegetación mixta trabajan sinérgicamente para producir una resistencia asociativa o colectiva al ataque de plagas, confirmándose la complejidad existente en este tipo de sistema de cultivo.

En los cafetales con sombra se logró observar un mayor número de asociaciones entre hormigas y otros insectos en el follaje, encontrándose diferencias significativas ($t_{(125)} = 3.039$; $p < 0.012$) a diferencia del cafetal sin sombra (Tabla 4). Este resultado se asocia al hecho que la composición y estructura vegetal en cafetales con sombra es más compleja por lo cual su diversidad asociada es mayor (Gallego-Ropero 2005).

Este estudio también evidenció que la diversidad y abundancia de hormigas juega un papel fundamental en la presencia de otros insectos en los cafetales, pues éstas establecen diversas asociaciones que pueden ser benéficas para el control biológico. Por ejemplo, en estudios realizados por Vélez y colaboradores en Cenicafé (Chinchiná Colombia, Vélez, M. Com. Pers. 2005), Gallego y Armbrecht (2005) y Varón *et al.* (2004) se ha encontrado, en Colombia y Costa Rica, que las hormigas *Solenopsis picea* (Emery, 1896), *Tetramorium simillimum* (Smith, 1851), *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), *Pheidole radoszkowskii* (Mayr, 1884), *Crematogaster torosa* (Mayr, 1870), *C. curvispinosa* (Mayr, 1862) y *C. crinosa* (Mayr, 1862) depredaron sobre la broca en cafetales, lo que significa que hormigas nativas de diferentes especies usan este coleóptero como recurso alimenticio. Por otro lado, teniendo en cuenta la proliferación de insectos que ocasionan daños, se hace necesario determinar qué papel juegan en

el tiempo algunas de las relaciones observadas y establecer el balance para el agricultor. Esto debido a que durante el tiempo del estudio (a lo largo del período de formación de la cosecha) algunas de las relaciones eran muy prolíficas y aparentemente sincronizadas con el ciclo de producción de café, por ejemplo, las relaciones con los insectos chupadores. Por el contrario, otras eran eventuales y laxas como las observadas con avispas.

Conclusiones

En todos los cafetales estudiados, la asociación indirecta entre hormiga-planta reviste alta importancia por su frecuencia y abundancia. Aunque las asociaciones mutualistas, involucrando hormigas y chupadores fueron las de mayor observación y se podría intuir que son una amenaza potencial para la caficultura colombiana, aun se observa un aparente equilibrio y control natural de los chupadores. Las interacciones descritas entre hormigas e insectos chupadores fueron predominantemente de tipo generalista. La depredación de insectos por parte de las hormigas se constituye en un importante servicio ecológico y económico para el ecosistema cafetero pues fueron observadas depredando la broca del café *Hypothenemus hampei*.

Los tres tipos de interacciones entre insectos ocurren independientemente del tipo de sistema de cultivo, aunque algunas tienden a presentar preferencia por uno de los dos sistemas. El sistema con polisombra aparentemente produce una resistencia asociativa o colectiva al ataque de plagas por la mayor complejidad de la red trófica. Este trabajo brinda una visión instantánea de las asociaciones presentes en cafetales con y sin sombra, tratando de destacar el papel de las hormigas como potenciales controladoras biológicas de insectos dañinos para la caficultura, pero también como potenciales insectos perjudiciales, si no se observan y entienden adecuadamente.

Agradecimientos

A los dueños de los predios en Cauca, Don Célimo Argote y Don Franco. A Roberto José Guerrero por la identificación a especie de *Linepithema*. Por asistencia en el campo al Profesor James Montoya, Mónica Ramírez y Héctor Henao. A Carmen Elisa Posso, Patricia Chacón por apoyo en el laboratorio, y a cada uno de los estudiantes de la sección de entomología de la Universidad del Valle por su ayuda en la identificación del material recolectado. Al profesor Yiltón Riascos por los análisis estadísticos. A los compañeros que estuvieron como asistentes de campo. Al Centro Nacional para la Investigación de Café Pedro Uribe Mejía, Cenicafé por la ayuda prestada en especial al Dr. Francisco Posada y Nancy Zulma Gil. A la Universidad del Valle, la Universidad del Cauca y a Colciencias por el financiamiento de este trabajo realizado dentro del proyecto titulado: ¿Estimulan los árboles el control biológico?, El papel de las hormigas depredadoras en cafetales y potreros colombianos” con código 1106-07-17808.

Literatura Citada

- AKRE, R. D.; RETTENMEYER, C. W. 1968. Trail-following by guests of army ants Hymenoptera: Formicidae: Ecitonini). Journal of the Kansas Entomological Society 41 (2): 165-174.
 ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. 1994. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Editorial Icaria. Barcelona. pp. 41-58.

- ANGEL, C. A.; TSUBOTA, N. M.; LEGUIZAMON, J. E.; CARDENAS, R.; CHAVEZ, B. C.; CADENA, G.; BUSTILLO, A. E. 2001. Enfermedades y plagas en Catleyas; antecedentes e investigaciones en Colombia. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 320 p.
- ARMBRECHT, I.; PERFECTO, I. 2001. Diversidad de artrópodos en los agroecosistemas cafeteros. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas, Revista Protección Vegetal 12 (2): 11-16.
- ARMBRECHT, I.; GALLEGOS, M. C. 2007. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. Entomologia Experimentalis et Applicata 124: 261-267.
- BOLTON, B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University press. Cambridge Massachusetts. 222 p.
- BORROR, D. J.; TRIPHEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 1992. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing, Philadelphia (United States of America). 1030 p.
- BUSTILLO, P. A.; CARDENAS, M. R.; VILLALVA, G. D.; BENAVIDES, M. P.; OROZCO, H. J.; POSADA, F. J. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. 134 p.
- BUSTILLO, P. A. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico 24: 6-25.
- BUSTILLO, P. A. Editor. 2008. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. 466 p.
- CARDENAS, M. R.; POSADA F. J. 2001. Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. 250 p.
- DELABIE, J. H. C. 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Stenorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology 30: 501-516.
- DELABIE, J. H. C.; FERNÁNDEZ, F. 2003. Relaciones entre hormigas y "homópteros" (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha), pp.181-200. En: Fernández, F. (ed.).2003. Introducción a las hormigas de la región neotropical. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt XXVI + 398 p.
- FRANCO, R. A.; CARDENAS, M. R.; MONTOYA, C. E.; ZENER DE POLANIA, I. 2003. Hormigas asociadas con insectos chupadores en la parte aérea del cafeto. Revista Colombiana de Entomología 29 (1): 95-105.
- GALLEGOS-ROPERO, M. C.; ARMBRECHT, I. 2005. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 76: 32-40.
- GALLEGOS-ROPERO, M. C. 2005. Intensidad del manejo del agroecosistema del café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de especies generalistas. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 6 (2): 16-29.
- GALLINA, S.; MANDUJANO, S.; GONZALEZ-ROMERO, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of central Veracruz, México. Agroforestry Systems 33: 13-27.
- GULLAN, P. 1997. Relationships with ants. En: Bendov, Y.; Hodgson, C. J., eds. Soft scale insects: their biology, natural enemies and control. s.l.: Elsevier Science B. V. pp. 351-373.
- HACKMAN, R.; TRIKOJUS, V. M. 1952. The composition of the ligamaza excreted by Australian coccids of the genus Ceroplastes. Biochemical Journal 51: 653-656.
- HAMON, A. B. 1998. Introduction to Scale Insects. Disponible en: www.BromeliadBiota.ifas.ufl.edu/introscale.htm.
- HÖLLODOBLER, B.; WILSON, E. O. 1990. The ants. Belnap press of Harvard University Press. Cambridge, Massachussets. 732 p.
- HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias, San José, Costa Rica. 206 p.
- JAFFE, C. K. 2004. El mundo de las Hormigas. 1^a Edición Fundación Polar. Ediciones de La Universidad Simón Bolívar. Caracas. 148 p.
- LATTKE, J. 2004. Clave para la determinación de hormigas neotropicales basados en las obreras. pp 117-148. En: JAFFE, C. K. 2004. El mundo de las Hormigas. 1^a Edición Fundación Polar. Ediciones de La Universidad Simón Bolívar. Caracas. 148 p.
- MAJER, J. D. 1983. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use and land conservation. Ecological Management 7: 375-385.
- MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology 13 (1): 11-21.
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; NEWTON, A. F. 1995. Staphylinidae (Coleoptera) pp.369-380. En: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Instituto de Biología. Canabio, Facultad de ciencias, México. 512 p.
- OLMI, M.; VIRLA, E. 2006. Familia Drynidae. Capítulo 35: 401-418. En: Fernandez, F.; Sharkey, M. J. (eds).2006. Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., xxx+894 p.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. Oecologia 108: 577-582.
- PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R.; VAN DE VOORT, M. E. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. Bioscience 46: 598-608.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; HANSON, P.; CARTIN, V. 1997. Arthropod diversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. Biodiversity Conservation 6: 935-945.
- PIMENTEL, D.; STACHOW, U.; TAKACS, D. A.; BRUBAKER, H. W.; DUMAS, A. R.; MEANEY, J. J.; O'NEIL, J. A. S.; ONSI, D. E.; CORZILIUS, D. B. 1992. Conserving biological diversity in agricultural/ forestry systems. BioScience 42 (1): 354-362.
- RAMÍREZ, M.; CHACON, U. P.; ARMBRECHT, I.; CALLE, Z. 2000. Contribución al conocimiento de las interacciones entre plantas, hormigas y homópteros en bosques secos de Colombia. Caldasia 23 (2): 523-536.
- RIVERA, L.; ARMBRECHT, I. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. Revista de Colombiana de Entomología 31 (1): 89-96
- SEEVERS, H. 1965. The systematics, evolution and zoogeography of Staphylinidae beetles associated with army ants (Coleoptera: Staphylinidae). Fieldiana, Zoology: 47 (2): 137-351.
- VARON, E. H.; HANSON, P.; BORBÓN, P.; CARBALLO, M.; HILLJE, L. 2004. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 73: 9.
- WAY, M. J. 1963. Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. Annual Review of Entomology 8:307-344.
- WILSON, E. O. 2009. Foreword. Pág viii En L. Lach, C. L. Parr y K. L. Abbott. Ant ecology. Oxford University Press. U.K. 385 p.

Recibido: 2-mar-2009 • Aceptado: 1-ene-2010

Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras

Hunter ants in a sub-Andean landscape of Colombia: richness, composition, and indicator species

JUAN CARLOS ABADÍA¹, CHRISTIAN BERMÚDEZ¹, FABIO H. LOZANO-ZAMBRANO² y PATRICIA CHACÓN³

Resumen: Se examinó la riqueza y composición de hormigas cazadoras asociadas a la hojarasca en bosque maduro, bosque secundario, corredor ripario y pastizal, los cuales conforman un paisaje rural ganadero de 2500 Ha localizado en la cuenca media del río Chambery (Caldas, Colombia). En total se recolectaron 23 especies y se obtuvo una eficiencia de muestreo del 97,8%. La riqueza fue mayor en bosque secundario (20 especies) seguida de bosque maduro (19), corredor ripario (18) y pastizal (10). Se encontraron diferencias en la composición de especies entre todos los elementos del paisaje. La mayor disimilitud se halló entre bosque maduro y pastizal (88,73%) y entre bosque secundario y pastizal (88,23%). *Pachycondyla becculata*, *P. aenescens*, *Hypoponera* sp. 1 y *Gnamptogenys bisulca* fueron las especies que más contribuyeron a establecer las diferencias entre los elementos. Las hormigas con mayor valor indicador fueron *Hypoponera* sp. 1 para bosque maduro, *P. aenescens* para bosque secundario, *G. bisulca* para corredor ripario e *Hypoponera* sp. 3, *Heteroponera microps* y *Odontomachus erythrocephalus* para el pastizal.

Palabras clave: Andes. Biodiversidad. Bosque. Corredor ripario. Pastizal.

Abstract: The richness and composition of hunter ants associated with the leaf-litter of mature forest, secondary forest, riparian forest and grassland was examined in a 2500-ha rural ranching landscape located in the middle watershed of the Chambery River (Caldas, Colombia). A total of 23 ant species was collected, and a high sampling efficiency of 97.8% was obtained. Richness was higher in secondary forest (20 species), followed by mature forest (19), riparian forest (18), and grassland (10). Differences in species composition among all elements of the landscape were found. The greatest dissimilarity was found between mature forest and grassland (88.73%) and secondary forest and grassland (88.23%). *Pachycondyla becculata*, *P. aenescens*, *Hypoponera* sp. 1 and *Gnamptogenys bisulca* were the species that contributed most to establish differences between the elements. The species with the highest value as indicators were *Hypoponera* sp. 1 for mature forest, *Pachycondyla aenescens* for secondary forest, and *Hypoponera* sp. 3, *Heteroponera microps*, and *Odontomachus erythrocephalus* for grassland.

Key words: Andes. Biodiversity. Forest. Grassland. Riparian forest.

Introducción

Los bosques montanos y premontanos de los Andes tropicales son considerados a nivel mundial como centros de alta diversidad y endemismo (Dezzeo y Huber 1995; Myers *et al.* 2000). Sin embargo, esta región es una de las más transformadas puesto que su régimen de lluvias, clima templado y riqueza de fuentes hídricas han promovido los asentamientos humanos y el desarrollo de la agricultura y ganadería (Rudas *et al.* 2007). Debido a estas características económicamente ventajosas, los ecosistemas nativos andinos han sufrido procesos de transformación que implican reducción y fragmentación del hábitat, pérdida de conectividad, aumento en tasas de erosión, modificaciones en los suelos y contaminación, los cuales han traído consecuencias como la introducción y extinción de especies y el incremento en la heterogeneidad de los paisajes (Halffter y Ezcurra 1992). Tal es el caso de los Andes centrales de Colombia con un 61.8% de su área modificada (Cavalier *et al.* 2001; Arango *et al.* 2003), donde actualmente se cultivan las mayores extensiones de café (Cavalier y Etter 1995) pero la ganadería constituye la principal motivación económica de la región (Jiménez *et al.* 2008a; Mendoza *et al.* 2008).

El ritmo con el cual se vienen transformando los ecosistemas andinos en Colombia, es mucho mayor al de los estudios tendientes a medir o mitigar las consecuencias de los cambios y en muchos casos ni siquiera se cuenta con un conocimiento previo de lo que se tenía antes de los procesos de transformación (Rudas *et al.* 2007). Para generar conocimiento básico sobre cambios en la diversidad se han utilizado algunos taxones indicadores entre los cuales sobresale la familia Formicidae (Majer 1983; Andersen 1990; Brown 1991) y dentro de ésta, las hormigas cazadoras, un grupo con taxonomía relativamente bien conocida que ha sido propuesto como indicador de biodiversidad en bosques secos tropicales de Colombia (Arcila *et al.* 2008; Chacón de Ulloa *et al.* 2008).

Estudios sobre las hormigas cazadoras de los Andes colombianos concuerdan en que los hábitats con cobertura arbórea presentan mayor riqueza de especies (Bustos 1994; Estrada y Fernández 1998; Bustos y Ulloa-Chacón 1996; Chaves *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a). También se han analizado las hormigas cazadoras como indicadoras del efecto de la tecnificación en cultivos de café, siendo los de mayor riqueza los cultivos con sombra (García *et al.* 2008; Armbrecht *et al.* 2008).

En el valle interandino del río Cauca, Chacón de Ulloa *et al.* (2008) registraron 16 especies de hormigas cazadoras

¹ Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, <http://hormigas.univalle.edu.co>.

¹ Biólogo estudiante de maestría, jcabadalozano@gmail.com, christianax@gmail.com. Autor para correspondencia.

² Biólogo, Investigador Programa Biología de la Conservación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, fhlozano@humboldt.org.co.

³ Ph.D. Profesora titular, Universidad del Valle, pachacon@univalle.edu.co.

de las cuales el 94% se encontraron en bosques secundarios y solamente el 19% se hallaron en potreros. En un análisis a nivel del paisaje incluyendo fragmentos de bosque, guaduales, cañadas, cultivos de caña de azúcar y potreros, Arcila *et al.* (2008) registraron 22 especies de las cuales el 73% se encontró en bosque y solamente el 32% se halló en cultivos y potreros. Estos mismos autores encontraron que la hormiga cachona *Ectatomma ruidum* Roger, 1860 es indicadora del hábitat de potrero y la ponerina *Pachycondyla constricta* (Mayr, 1884) lo es para el guadual.

El presente trabajo cuantifica la riqueza y compara la composición de especies de hormigas cazadoras, en el mosaico de parches de vegetación natural y pastizales que conforman el paisaje rural de la cuenca media del río Chambery (Caldas). Además propone especies indicadoras de los tipos de hábitat estudiado (bosque maduro, bosque secundario, corredor ripario y pastizal).

Materiales y Métodos

Área de estudio. La cuenca media del río Chambery ($5^{\circ}18'N$, $75^{\circ}28'W$) se encuentra al norte del departamento de Caldas entre los municipios de Aranzazu y Salamina, abarca un rango altitudinal entre 1700 y 2100 msnm, precipitación de 2000 a 4000 mm/año con dos temporadas de lluvia y dos temporadas secas; temperatura media anual entre 12° y $20^{\circ}C$. La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB) (Jiménez *et al.* 2008a). El área de estudio se considera un paisaje ganadero (Jiménez *et al.* 2008a) y cubre una extensión de 2500 Ha (Fig. 1). Se eligieron cuatro tipos de elementos del paisaje para la caracterización de la diversidad de hormigas: bosque maduro (cuatro réplicas), bosque secundario (cinco réplicas), corredor ripario (cobertura vegetal que circunda ríos y riachuelos - siete réplicas) y pastizal (cinco réplicas).

Muestreo de hormigas. Se usó el protocolo recomendado para inventarios de hormigas de hojarasca (Agosti y Alonso 2000), el cual ha sido aplicado con algunas modificaciones en varias zonas montañosas de Colombia (Chaves *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a; Mendoza *et al.* 2008) y en el valle geográfico del río Cauca (Arcila *et al.* 2008). Para cada réplica de un elemento del paisaje se delimitó un transecto donde se marcaron doce estaciones de muestreo, separadas 10 m entre sí (ver figura en Arcila *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a). En cada estación se usaron dos técnicas de muestreo: una trampa de caída, la cual consistió en un vaso plástico de 16 onzas semi-lleno con una solución de agua jabón dejándose actuar por 24 horas y recolección de 1 m² de hojarasca que luego se procesó en sacos mini-Winkler por 48 horas. Cada estación se muestreó cuatro veces, dos en época seca (septiembre 2006 y enero 2007) y dos en época de lluvia (marzo y noviembre 2006) con el fin de obtener el inventario más completo de la diversidad de hormigas cazadoras. En total el esfuerzo de muestreo comprendió 21 transectos, 252 estaciones, 1008 trampas de caída y 1008 m² de hojarasca para sacos mini-Winkler.

Análisis de laboratorio. La determinación de las especies se realizó con ayuda de las claves de Kempf (1975), Brown (1977), Lattke (1990), Lacau y Delabie (2002), Baroni-Urbani y Andrade (2003), Longino (2008) y Mackay y Mackay (2008). Además se comparó con las colecciones del Institu-

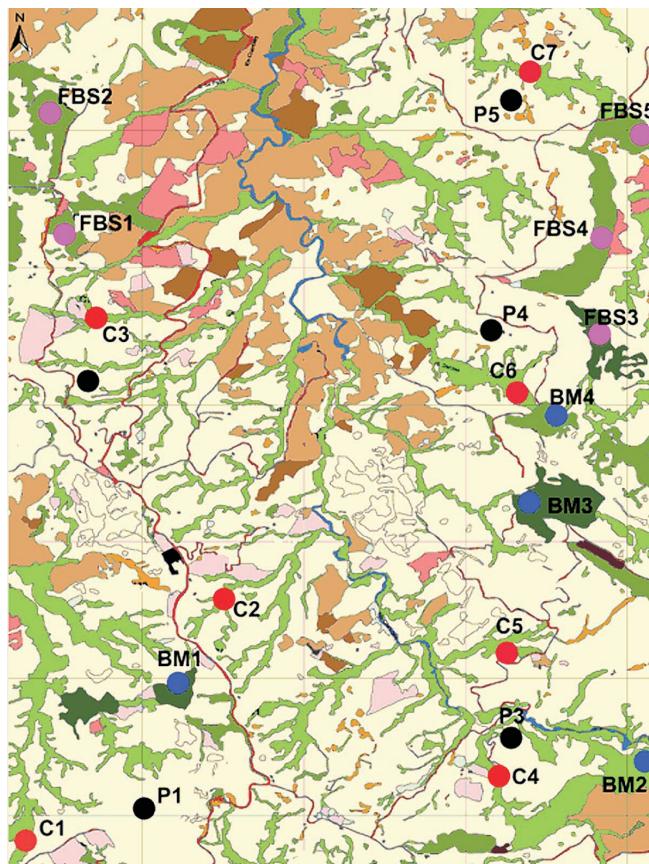


Figura 1. Interpretación de las coberturas vegetales del área de la cuenca media del río Chambery, Caldas-Colombia, mostrando 21 réplicas de cuatro elementos del paisaje. (BS: Bosque secundario, BM: Bosque maduro, C: Corredor ripario y P: Pastizal) (IAvH 2005).

to de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MEUV) y Museo del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN).

Ánalisis de datos. La eficiencia del muestreo fue evaluada empleando dos estimadores no paramétricos, Chao 2 y Jackknife 1 con el software EstimateS v. 8.0 (Colwell 2000). Debido a diferencias en el número de réplicas por elemento del paisaje, se aplicó un análisis de rarefacción (Colwell y Coddington 1994) para comparar la riqueza de especies entre elementos. Con el objetivo de examinar la relación entre la riqueza de hormigas cazadoras y las réplicas de cada elemento, se utilizó el escalamiento multidimensional no métrico (NMS) como técnica de ordenamiento a través del programa PC-ORD v. 4.34 (McCune y Grace 2002), empleando el índice de Bray-Curtis como medida de distancia. Además se usó la simulación de Monte Carlo (1000 iteraciones) para evaluar la significancia de los ejes de ordenación obtenidos (McCune y Grace 2002).

Para detectar diferencias en la composición de especies entre elementos del paisaje, se utilizaron los análisis ANOSIM (Analysis of Similarities) y MRPP (MultiResponse Permutation Procedure), los cuales ponen a prueba la hipótesis de no diferencia entre grupos (elementos) (Quinn y Keough 2002). Seguidamente se calcularon porcentajes de disimilitud (SIMPER) (Community Analysis Package (CAP v. 3.01)

(Searby *et al.* 2004) para establecer cuáles especies contribuyen a diferenciar los elementos del paisaje.

En la búsqueda de especies indicadoras se utilizó el método de Dufrene y Legendre (1997) que se basa en el grado de especificidad a un hábitat particular y en el grado de fidelidad, es decir la frecuencia de ocurrencia dentro del mismo hábitat, ambos medidos de manera independiente para cada especie y expresados como porcentaje. Así, el análisis de especies indicadoras produce valores (*IndVal*) que van desde 0 (no indicador) hasta 100 (indicador perfecto). Las especies con un valor alto se consideran mejores indicadoras porque tienen mayores probabilidades de ser detectadas en contraste con las especies raras (Dufrene y Legendre 1997). Seguidamente y mediante simulaciones de Monte Carlo (1000 iteraciones) se probó la hipótesis nula de que los valores de indicación obtenidos no son mayores que los esperados por el azar (PC-ORD v. 4.34) (Mc Cune y Grace 2002).

Resultados

Patrones generales del ensamblaje. En un total de 977 capturas se hallaron 23 especies de 13 géneros de hormigas ca-

zadoras (Tabla 1). Cuatro especies se registran por primera vez para el área de estudio: *Heteroponera monticola* Kempf & Brown, 1970, *Pachycondyla impressa* Roger, 1861, *Leptogenys ca. ritae* y *Simopelta minima* (Brandao, 1989). Esta última es un nuevo reporte para Colombia. La ectatomina *Gnamptogenys bisulca* Kempf y Brown, 1968 y las ponerinas *Pachycondyla becculata* Mackay & Mackay, 2010 e *Hypoponera* sp. 1 presentaron las mayores frecuencias de captura y sumaron el 49,1% de la recolección total; dichas especies fueron abundantes en corredor ripario y bosque maduro principalmente. Respecto a especies exclusivas, *L. ca. ritae* y *Belonopelta attenuata* Mayr, 1870 se hallaron en bosque maduro y *S. minima* en bosque secundario; el corredor ripario y el pastizal no presentaron ninguna especie exclusiva (Tabla 1). En cuanto a la época de muestreo, el 91,3% de las especies se colectaron tanto en época húmeda como seca aunque con mayor frecuencia en esta última (60,80% del total de capturas). *S. minima* y *Amblyopone orizabana* Brown, 1960 fueron recolectadas solo en época seca.

La curva de acumulación de la riqueza de todo el paisaje exhibe una tendencia asintótica y sugiere que el muestreo fue muy eficiente (97,8%). La mayor eficiencia de muestreo se

Tabla 1. Abundancia de las especies de hormigas cazadoras recolectadas en los elementos del paisaje de la cuenca media del río Chambery, Caldas, Colombia.

Subfamilia y Especie	Bosque maduro	Bosque secundario	Corredor ripario	Pastizal	Total	%
Amblyoponinae						
<i>Amblyopone orizabana</i> Brown, 1960	4	2	0	0	6	0,61
Ectatomminae						
<i>Gnamptogenys bisulca</i> Kempf y Brown, 1968	53	4	117	4	178	18,20
<i>Gnamptogenys nigritritrea</i> Lattke, 1995	12	2	3	4	21	2,15
<i>Gnamptogenys strigata</i> (Norton, 1871)	23	0	24	12	59	6,03
<i>Typhlomyrmex pusillus</i> Emery, 1894	3	1	2	6	12	1,23
Heteroponerinae						
<i>Heteroponera microps</i> Borgmeier, 1957	6	8	65	27	106	10,84
<i>Heteroponera monticola</i> Kempf & Brown, 1970	2	1	2	1	6	0,61
Ponerinae						
<i>Belonopelta attenuata</i> Mayr, 1870	2	0	0	0	2	0,20
<i>Hypoponera</i> sp. 1	55	28	65	1	149	15,24
<i>Hypoponera</i> sp. 2	4	15	15	8	42	4,29
<i>Hypoponera</i> sp. 3	0	1	0	22	23	2,35
<i>Leptogenys ca. ritae</i>	2	0	0	0	2	0,20
<i>Odontomachus erytrocephalus</i> Emery, 1890	0	1	5	11	17	1,74
<i>Pachycondyla aenescens</i> (Mayr, 1870)	25	50	9	0	84	8,59
<i>Pachycondyla becculata</i> Mackay & Mackay, 2010	52	39	62	0	153	15,64
<i>Pachycondyla ferruginea</i> (Smith F, 1858)	15	23	16	0	54	5,52
<i>Pachycondyla impressa</i> Roger, 1861	1	9	1	0	11	1,12
<i>Pachycondyla</i> sp. 1	6	6	3	0	15	1,53
<i>Simopelta minima</i> (Brandao, 1989)	0	1	0	0	1	0,10
<i>Thaumatomyrmex zeteki</i> Smith, 1944	2	5	6	0	13	1,33
Proceratiinae						
<i>Discothyrea horni</i> Menozzi, 1927	5	2	3	0	10	1,02
<i>Discothyrea testacea</i> Roger, 1863	3	6	1	0	10	1,02
<i>Proceratium brasiliense</i> Borgmeier, 1959	0	1	2	0	3	0,31
Total frecuencia de captura	275	205	401	96	977	100

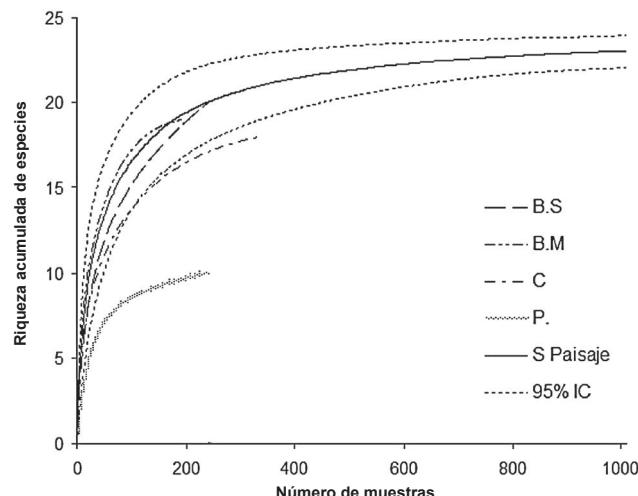


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de hormigas cazadoras en el paisaje de la cuenca media del río Chambery y Rarefacción. BS: Bosque secundario, BM: Bosque maduro, C: Corredor ripario y P: Pastizal.

obtuvo en bosque maduro (96%) y corredor ripario (94%); mientras que en bosque secundario y pastizal fue del orden del 80%. El análisis de rarefacción indicó que las diferencias en riqueza de especies se debieron a la diversidad contenida en cada elemento y no a la variación en el número de muestras (Fig. 2). Así, la riqueza fue mayor en bosque secundario (20 especies) seguida de bosque maduro (19), corredor ripario (18) y pastizal (10).

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) indicó que un ordenamiento en dos dimensiones es adecuado para representar los datos (Fig. 3). Los pastizales se separaron de los elementos con mayor cobertura vegetal, bosques y corredor ripario, y a su vez, éstos se agruparon a lo largo del eje 1 (Stress promedio = 42,306; Stress mínimo = 25,1; $P < 0.05$), sin encontrarse diferencias entre las réplicas (BM, BS, C), aunque éstas no se agruparon como elementos discretos.

Composición del ensamblaje. El análisis de similitud detectó diferencias significativas en la composición de especies de hormigas cazadoras entre todos los elementos del paisaje (ANOSIM R global = 0.1606, $P < 0.001$; MRPP, $T = -64.38$ A = 0.082 $\delta = 0.76$, $P < 0.001$). Los dos tipos de bosque comparados con el pastizal fueron los elementos con las mayores diferencias en composición (Tabla 2); así, la disimilitud promedio entre bosque maduro y pastizal (88,73%) fue semejante a la encontrada entre bosque secundario y pastizal (88,23%). Para la primera comparación, las especies *P. becculata*, *Hypoponera* sp. 1 y *G. bisulca* fueron las que más aportaron a la disimilitud (16,70%, 16,52% y 15,03% respectivamente), y para la segunda comparación, también *P. becculata* además de *Pachycondyla aenescens* (Mayr, 1870) (17,64% y 16,27% respectivamente) marcaron las diferencias. Por otro lado, el menor promedio de disimilitud (58,67%) se obtuvo entre bosque maduro y corredor ripario.

Especies indicadoras. Seis especies mostraron valor indicador altamente significativo ($P < 0.001$) para los cuatro elementos del paisaje (Tabla 3). *Hypoponera* sp. 1 resultó indicadora de bosque maduro, *P. aenescens* de bosque secundario, *G.*

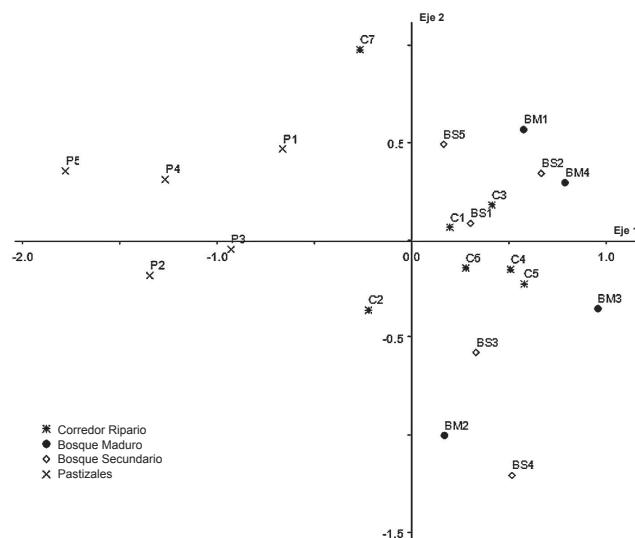


Figura 3. Ordenamiento de las réplicas de los elementos del paisaje de la cuenca media del río Chambery, utilizando Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMS) con el índice de Bray-Curtis.

bisulca de corredor ripario y tres especies *Hypoponera* sp. 3, *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957 y *Odontomachus erythrocephalus* (Emery, 1890) de pastizal.

Discusión

La riqueza y la composición de especies en un ensamblaje son dos características que pueden arrojarnos patrones diferentes en un área, debido a que el número de especies y la identidad pueden tener efectos diferentes sobre el ecosistema (O'Connor y Crowe 2005). En la cuenca media del río Chambery se recolectó el 86,95% de las 23 especies registradas por Jiménez *et al.* (2008b), obteniéndose en total 25 especies. La ausencia de *Amblyopone degenerata* Borgmeier, 1957 y de una especie perteneciente al género *Hypoponera* recolectadas por Jiménez *et al.* (2008b), puede obedecer a que estos autores muestrearon otros elementos del paisaje como cercas vivas, plantaciones de frijol, cafetales con sombra y cafetales asociados, los cuales no se tuvieron en cuenta en este trabajo.

En el pastizal que es la matriz que domina el paisaje del área de estudio (Fig. 1), el número de especies de hormigas cazadoras se redujo en un 47,2% en promedio frente a los elementos que conservan cobertura vegetal nativa. Este resultado es acorde con otros estudios realizados en regiones subandinas de los cuales se deduce una pérdida en riqueza de especies del 42,3% (Serna y Vergara-Navarro 2008), 52,9% (Jiménez *et al.* 2008b) y 67,1% (Chaves *et al.* 2008); y en el valle interandino del río Cauca, donde Arcila *et al.* (2008) calculan una reducción promedio del 53,1% al comparar la matriz de potrero y cañaduzal con bosques secundarios, riparios y guaduales.

Al examinar la composición de especies entre todos los elementos del paisaje se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, la gráfica de ordenamiento de NMS muestra que las réplicas se separan entre las que presentan cobertura vegetal nativa como los bosques y corredores riparios, y las que no la presentan como los pastizales. Esto coincide con otros estudios en los cuales se encontró que las hormigas

gas cazadoras dependen altamente de la cobertura boscosa (Chacón de Ulloa *et al.* 2008; Chaves *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a) donde anidan en raíces de epifitas, madera en descomposición, hojarasca del suelo y acumulada en rosetas de bromélidas (Lattke 2003; Chacón de Ulloa *et al.* 2008; Fernández y Arias-Penna 2008).

Las especies que se encontraron en los pastizales son un subconjunto de las especies que se recolectaron en los demás elementos; la diferencia radica en sus abundancias. *P. becculata* marcó la mayor diferencia entre elementos con cobertura vegetal y el pastizal ya que no se encontró en ninguna de las réplicas de este último elemento. Otras especies como *Hypoponera* sp. 1 y *G. bisulca*, también marcaron diferencias entre los elementos mencionados; a mayor cobertura vegetal su frecuencia de captura fue más alta. Lo contrario ocurrió con *Hypoponera* sp. 3 cuya frecuencia de captura fue máxima (96%) en el elemento con menor cobertura vegetal. Aunque se ha encontrado que las hormigas del género *Hypoponera* son de hábitos boscosos (Lattke 2003; Fernández 2008), diferentes autores las han recolectado en abundancia en áreas

abiertas (Arcila *et al.* 2008; Cháves *et al.* 2008; García *et al.* 2008; Jiménez *et al.* 2008a). En el presente estudio, las *Hypoponera* aportaron un número importante de individuos (214) lo cual es esperado ya que es considerado el tercer género más abundante en hojarasca (Lattke 2003).

A nivel del paisaje se encontró que las especies *A. orizabana*, *Thaumatomyrmex zeteki* Smith, 1944, *Discothyrea horni* Menozzi, 1927, *Discothyrea testacea* Roger, 1863, *Proceratium brasiliense* Borgmeier, 1959, *B. attenuata*, *L. ca. ritae* y *S. minima* junto con cinco especies del género *Pachycondyla*, solo se registraron en elementos con cobertura arbórea (Tabla 1). Cabe destacar que con excepción de las *Pachycondyla*, las ocho especies mencionadas junto con *H. monticola*, tuvieron una baja frecuencia de captura (< 1%, Tabla 1). Tales hormigas son de hábitos crípticos, depredadoras especialistas de artrópodos y generalmente no muy abundantes en muestreos por lo que han sido consideradas especies con prioridad de conservación (Jiménez *et al.* 2008b), revistiendo importancia la calidad del medio que habitan. Además *H. monticola* es una especie endémica de Colombia que se encuentra en re-

Tabla 2. Disimilitud entre cuatro elementos del paisaje de la cuenca media del río Chambery con base en la fauna de hormigas cazadoras.

Comparaciones	Especie	Contribución (%)	Disimilitud promedio (%)
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	16.38	
	<i>Hypoponera</i> sp. 1	16.11	
Bosque maduro vs Bosque secundario	<i>Pachycondyla becculata</i>	11.95	64.66
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	11.51	
	<i>Gnamptogenys strigata</i>	9.39	
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	18.53	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	13.82	
Bosque maduro vs Corredor ripario	<i>Hypoponera</i> sp. 1	13.46	58.67
	<i>Heteroponera microps</i>	10.74	
	<i>Gnamptogenys strigata</i>	8.81	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	16.70	
	<i>Hypoponera</i> sp. 1	16.52	
Bosque maduro vs Pastizal	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	15.03	88.73
	<i>Gnamptogenys strigata</i>	8.96	
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	7.00	
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	22.24	
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	12.87	
Bosque secundario vs Corredor ripario	<i>Hypoponera</i> sp. 1	12.24	69.237
	<i>Heteroponera microps</i>	11.37	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	9.51	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	17.64	
	<i>Pachycondyla aenescens</i>	16.27	
Bosque secundario vs Pastizal	<i>Hypoponera</i> sp. 3	8.25	88.23
	<i>Pachycondyla ferruginea</i>	7.97	
	<i>Hypoponera</i> sp. 1	7.95	
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	25.13	
	<i>Pachycondyla becculata</i>	14.52	
Corredor ripario vs Pastizal	<i>Hypoponera</i> sp. 1	13.86	78.79
	<i>Heteroponera microps</i>	10.00	
	<i>Hypoponera</i> sp. 3	8.12	

Tabla 3. Prueba de significancia de Monte Carlo para los máximos valores de indicación calculados en el análisis de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997).

Elemento	Especie	Valor Indicador		P
		Observado	Esperado	
Bosque maduro	<i>Hypoponera</i> sp. 1	20.1	8.5	0.001
Bosque secundario	<i>Pachycondyla aenescens</i>	15.4	5.4	0.001
Corredor ripario	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	24.5	9.7	0.001
Pastizal	<i>Hypoponera</i> sp. 3	28.8	2.2	0.001
	<i>Heteroponera microps</i>	17.5	6.4	0.001
	<i>Odontomachus erythrocephalus</i>	12.4	1.8	0.001

giones lluviosas y elevadas (Jiménez *et al.* 2008b), ha sido recolectada en bosque primario y secundario de los Farallones de Cali (Bustos y Ulloa-Chacón 1996) y en bosque maduro del Quindío (Chaves *et al.* 2008).

Seis especies de cinco géneros resultaron indicadoras de los diferentes elementos del paisaje. El mayor número de especies indicadoras ocurrió en el pastizal donde se hallaron tres especies, dos de las cuales (*Hypoponera* sp. 3 y *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957) han sido reconocidas como comunes en pastizales de los departamentos de Quindío (Chaves *et al.* 2008) y Caldas (Jiménez *et al.* 2008a); la tercera especie (*O. erythrocephalus*) se encuentra entre las hormigas más comunes y conspicuas del suelo, se ha registrado en zonas altamente intervenidas como jardines y terrenos baldíos (Lattke 2003), áreas urbanas (Chacón de Ulloa 2003) y pastizales (Chaves *et al.* 2008). *P. aenescens* y *G. bisulca* se proponen como indicadoras de bosque secundario y corredor ripario respectivamente. Ambas especies presentan alta prioridad de conservación (Jiménez *et al.* 2008b); han sido observadas desde el borde hasta el interior de bosque maduro en la reserva de Bremen (Quindío) sin llegar a recolectarse en áreas abiertas como el pastizal adyacente al bosque (Chaves *et al.* 2008); lo cual apoya los resultados del presente estudio.

Este trabajo es un importante avance en el conocimiento de la riqueza, composición y selección de hormigas cazadoras, como bioindicadores de un paisaje ganadero en los Andes colombianos, dando paso a la implementación de programas de monitoreo, para evaluar la recuperación o degradación del área estudiada.

Agradecimientos

Se agradece la participación y apoyo en el trabajo de campo de la comunidad local de Aranzazu, igualmente a la Fundación Pangea quienes aportaron en la fase preliminar del proyecto. El profesor Fernando Fernández (ICN – Universidad Nacional de Colombia) y la bióloga Elizabeth Jiménez (Instituto Humboldt) contribuyeron en la determinación de algunos especímenes. La Unidad de S.I.G. (Instituto Humboldt) facilitó los mapas y referencias geográficas. Se agradece a la Embajada Real de los Países Bajos, el GEF y el Banco Mundial por la financiación del proyecto “Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en los Andes Colombianos”, en el marco del cual se desarrolló el convenio de cooperación 05-01-24843-054CE entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” y la Universidad del Valle. A Philip Silverstone Sopkin, el editor y

dos revisores anónimos hicieron valiosas sugerencias para mejorar la calidad del manuscrito.

Literatura citada

- AGOSTI, D. J.; ALONSO, L. E. 2000. The All Protocol: A standard protocol for the collection of ground dwelling ants. p. 204-206. En Agosti, D. J.; Majer, D.; Alonso, L.; Schultz, T. R. (eds.). Ants: Estándar methods for measuring and monitoring Biodiversity, Smithsonian Institution press, Washington D.C. United States of America. 280 p.
- ANDERSEN, A. N. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and recipe. Proceedings of the ecological society of Australia 16: 347-357.
- ARANGO, N.; ARMENTERAS, D.; CASTRO, M.; GOTTMANN, T.; HERNÁNDEZ, O.; MATALLANA, C.; MORALES, M.; NARANJO, L.; RENJIFO, L.; TRUJILLO, A.; VILLAREAL, H. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF. Bogotá Colombia. 64 p.
- ARCILA, C. A.; OSORIO, A. M.; BERMÚDEZ, C.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2008. Diversidad de hormigas cazadoras asociadas a los elementos del paisaje del bosque seco. p. 531-552. En: Lózano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- ARMBRECHT, I.; CHACÓN DE ULLOA, P.; GALLEGOS, M. C.; RIVERA, L. 2008. Efecto de la tecnicificación del cultivo de café sobre las hormigas cazadoras de Risaralda. p. 479-495. En: Lózano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- BARONI-URBANI, C.; ANDRADE, M. L. 2003. The ant genus *Proceratium* in the extant and fossil record (Hymenoptera: Formicidae). Monografie XXXVI. Museo Regionale di Scienze Naturali-Torino. 492 p.
- BROWN, K. S. Jr. 1991. Conservation of neotropical environment, insects as indicators. p. 350-404. En: Collins, N. M.; Thomas, J.A. (eds.). Conservation of insects and their habitats. Academic Press, San Diego, U.S.A. 450 p.
- BROWN, W. L. Jr. 1977. A supplement to the world revision of *Odontomachus* (Hymenoptera: Formicidae). Psyche 83 (3-4): 281-285.
- BUSTOS, J. 1994. Contribución al conocimiento de la fauna de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del occidente del depar-

- tamento de Nariño (Colombia). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 2 (1,2): 19-30.
- BUSTOS, J.; ULLOA-CHACÓN, P. 1996. Mirmecofauna y perturbación en un bosque de niebla neotropical (Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia). Revista de Biología Tropical: 44(3)/45(1): 259-266.
- CAVALIER, J. A.; ETTER, A. 1995. Deforestation of montane forest in Colombia as a result of illegal plantations of opium (*Papaver somniferum*). p. 541-549. En: Churchill, P.; Baslev, H.; Forero, E.; Luteyn, J. L. (eds.). Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. New York Botanical Garden, Bronx, New York. 702 p.
- CAVALIER, J.; LIZCAÍNO, D.; PULIDO, M. T. 2001. Colombia. p. 443-496. En: Maarten, M. Y A. D. Brown (eds.). Bosque nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia. Costa Rica. 698 p.
- CHACÓN DE ULLOA, P. 2003. Hormigas urbanas. p. 351-359. En: Fernández, F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región neotropical. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 423 p.
- CHACÓN DE ULLOA, P.; ARMBRECHT, I.; LOZANO-ZAMBRANO, F. 2008. Aspectos de la ecología de hormigas cazadoras en bosques secos colombianos. p. 515-529. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- CHAVES, M. C.; CHACÓN DE ULLOA, P.; LOZANO-ZAMBRANO, F. 2008. Riqueza y rareza de hormigas cazadoras en el gradiente bosque-borde-pastizal de un fragmento de bosque subandino (Quindío, Colombia). p. 425-438. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society London B. 345: 101-118.
- COLWELL, R. K. 2000. Estimate-S. Version 7.5.0. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> [Fecha revisión: 25 noviembre 2008].
- DEZZEO, N.; HUBER, O. 1995. Tipos de bosque sobre el cerro Duida, Guayana venezolana. p. 149-158. En: Churchill, S. P.; Balslev, S., H.; Forero, E.; Luteyn, J. (eds.). *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. Proceedings*. Nueva York, The New York Botanical Garden. 702 p.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67 (3): 345-366.
- ESTRADA, C. M.; FERNÁNDEZ, F. 1998. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). Revista de Biología Tropical 47: 189-201.
- FERNÁNDEZ, F. 2008. Subfamilia Ponerinae. p. 123-218. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- FERNÁNDEZ, F.; ARIAS-PENNA, T. M. 2008. Las hormigas cazadoras en la región neotropical. p. 3- 39. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- gicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- GARCÍA, C. J.; ZABALA, G. A.; BOTERO, J. E. 2008. Hormigas cazadoras (Formicidae: grupos Poneroidae y Ecatomminoide) en paisajes cafeteros de Colombia, pp. 461-478. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- HALFFTER, G.; EZCURRA, E. 1992. “¿Qué es la biodiversidad?” G. Halffter (comp.), la diversidad biológica de Iberoamérica I. Acta Zoológica, Volumen Especial, CYTED-D, Instituto de Ecología, Secretaría de Desarrollo Social, México. 389 p.
- IAvH (INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT). 2005. Mapa de herramientas de manejo del paisaje complementarias, región cuenca media del río Chamberry. Unidad de Sistemas de Información geográfica – UNISIG, Bogotá, Colombia.
- JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F.; ALVARÉZ-SAA, G. 2008a. Diversidad alfa (α) y beta (β) de hormigas cazadoras de suelo en tres paisajes ganaderos de los andes centrales de Colombia. p. 439- 459. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F.; RODRIGUÉZ, J.; RAMIRÉZ, D. 2008b. Conservación de hormigas cazadoras: rareza y endemismo, pp. 407-421. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].
- KEMPF, W. W. 1975. A revision of the Neotropical ponerine ant genus *Thaumatomyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). Studia Entomologica 18: 95-126.
- LACAU, S.; DELABIE, J. H. C. 2002. Description de trois nouvelles espèces d'*Amblyopone* avec quelques notes biogéographiques sur le genre au Brésil (Formicidae, Ponerinae). Bulletin de la Société Entomologique de France 107 (1): 33-41.
- LATTKE, J. E. 1990. Revisión del género *Gnamptogenys* Mayr para Venezuela. Acta Terramaris 2: 1-47.
- LATTKE, J. E. 2003. Subfamilia Ponerinae. p. 261-276. En: Fernández, F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región neotropical. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 423 p.
- LONGINO, J. 2008. Hormigas de Costa Rica. Disponible en: http://academic.evergreen.edu/projects/ants/Genera_ [Fecha revisión 25 noviembre 2008].
- MACKAY, W.; MACKAY, E. 2008. Subfamilies of living ants in the new world. Disponible en: <http://www.utep.edu/LEB/antgenera.htm> [Fecha revisión 25 noviembre 2008].
- MAJER, J. D. 1983. Ants: Bio-indicators of Minesite rehabilitation, land use and land conservation. Environment Management 7: 375-383.
- McCUNE, B.; GRACE J. B. 2002. Analysis of Ecological communities. MJM Software design. Gleneden Beach, Oregon, USA. 300 p.
- MENDOZA, J. E.; JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F. H.; CAYCEDO ROSALES, P.; RENJIFO, L. M. 2008. Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales de los Andes Centrales de

- Colombia. En: Sáenz, J.; Harvey, C. A. Conservación de Biodiversidad en Paisajes Fragmentados y Agropaisajes. Editorial UNA. Heredia. Costa Rica. 620 p.
- MYERS, N.; MITTERMERER, R; MITTERMERER, C.; FONSECA, G.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 402: 853-858.
- O'CONNOR, N. E.; CROWE , T. P. 2005. Biodiversity loss and ecosystem functioning: distinguish between number and identity of species. *Ecology* 86 (7): 1783-1796.
- QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press, New York, U.S.A. 557 p.
- RUDAS, G.; MARCELO, M.; ARMENTERAS, D.; RODRÍGUEZ, N.; MORALES, M.; DELGADO, L.; SARMIENTO, A. 2007. Biodiversidad y actividad humana: Relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos - Alexander von Humboldt, Bogotá. 128 p.
- SEARBY, R. M. H.; HENDERSON, P. A.; PRENDERGAST, J. 2004. Community analysis package v 3.01. Pisces Conservation Ltd. Hampshire UK.
- SERNA, F. J.; VERGARA-NAVARRO, E.V. 2008. Hormigas cazadoras de Porce (Antioquia, Colombia). p. 553-569. En: Lozano-Zambrano, F.; Fernández, F.; Jiménez, E.; Arias, T. (eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 617 p. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00958.pdf> [Fecha revisión: 2 noviembre 2009].

Recibido: 5-abr-2009 • Aceptado: 24.dic-2009

Parandrinae (Coleoptera: Cerambycidae) de Colombia

Parandrinae (Coleoptera: Cerambycidae) from Colombia

JULIANA CARDONA-DUQUE¹, ANTONIO SANTOS-SILVA² y MARTA WOLFF³

Resumen: Parandrinae es una subfamilia de Cerambycidae con 63 especies descritas, de las cuales 45 están presentes en América. Se examinaron 266 especímenes recolectados en Colombia, depositados en 17 colecciones colombianas y otros museos en Brasil. Se registran 12 especies, diez de estas a partir de los especímenes examinados y dos a partir de los registros de literatura. Se excluyen *Acutandra degeeri* (Thomson, 1867), *Acutandra punctatissima* (Thomson, 1861) y *Parandra ubirajarai* (Santos-Silva, 2001) de la fauna colombiana. Se corrigen las instituciones depositarias de algunos tipos y se incluyen características que permiten identificar la hembra de *Acutandra ubitiara* (Santos-Silva & Martins, 2000). Se presentan claves de identificación para los géneros, subgéneros y especies de Parandrinae presentes en Colombia. Se incluyen mapas de distribución.

Palabras clave: *Acutandra*. *Birandra*. Escarabajos longicornios. *Hesperandra*. *Parandra*.

Abstract: The Parandrinae are a Cerambycidae subfamily with 63 described species, from which 45 occur in America. A total of 266 specimens collected in Colombia was examined, deposited in 17 Colombian collections and other museums in Brazil. Twelve species are reported, ten of them from the specimens examined and two from reports in the literature. *Acutandra degeeri* (Thomson, 1867), *Acutandra punctatissima* (Thomson, 1861) and *Parandra ubirajarai* (Santos-Silva, 2001) are excluded from the Colombian fauna. Depository institutions for some type specimens are corrected and characters that permit identifying the female of *Acutandra ubitiara* (Santos-Silva & Martins, 2000) are included. Identification keys are presented for the genera, subgenera and species of the Parandrinae present in Colombia. Distribution maps are included.

Keywords: *Acutandra*. *Birandra*. Longhorned beetles. *Hesperandra*. *Parandra*.

Introducción

Los coleópteros son el grupo de organismos más especioso y ampliamente distribuido en el planeta, representan cerca del 25% de todos los organismos. Una de las familias más diversas es Cerambycidae con aproximadamente 9.000 especies descritas para la región Neotropical y cerca de 750 registradas para Colombia (Linsley 1961; Martínez 2000). Junto con Chrysomelidae conforman la superfamilia Chrysomeloidea, que sumada a Curculionoidea conforma el clado Phytophaga (Farrell y Sequeira 2004; Marvaldi *et al.* 2009).

Parandrinae es un grupo morfológicamente atípico dentro de Cerambycidae. Presentan antenas cortas y segmentos tarsales bien definidos, por lo cual son considerados un grupo inusual dentro de Chrysomeloidea (Lawrence y Britton 1994). Este grupo tiene 63 especies descritas, 45 registradas para el nuevo mundo: 44 en la tribu Parandrini Blanchard, 1845 y una en la tribu monotípica Erichsoniini Thomson, 1861. Para Colombia la información proviene de algunos listados de especies (*e.g.* Blackwelder 1946; Monné y Giesbert 1994; Martínez 2000; Monné y Hovore 2006; Monné 2006), de las descripciones originales y de algunas revisiones de los grupos (*e.g.* Arigony 1978; Santos-Silva 2002, 2003a), sin que exista una revisión reciente del grupo en el país. Este trabajo tiene como objetivo actualizar el conocimiento taxonómico de los Parandrinae presentes en Colombia.

Posición Sistemática. Latreille (1802) al describir *Parandra* (*cf.* Santos-Silva y Shute 2009) lo colocó en “Trogossitiers” (Trogossitidae, Cleroidea) y allí fue mantenido por Olivier (1803). Posteriormente Latreille (1804) lo situó en Cucujidae, en Cerambycidae (1807), nuevamente en Cucujidae (1810) y finalmente los incluyó en “Platysomes” (1817). Así, la posición sistemática del género variaba e incluso fue considerado un género de “longicornios aberrantes” (*e.g.* Bates 1879). A partir de Schjödte (1865) la mayoría de los autores pasaron a considerar *Parandra* como un Prioninae dentro de Cerambycidae (*e.g.* Bates 1869, 1872, 1879; Gemminger y Harold 1872; Girard 1873; Lansberg 1884; Lameere 1885a, 1885b; Kolbe 1893; Gahan 1895). Sin embargo, algunos citaron *Parandra* en Cerambycidae sin especificar la relación con Prioninae (*e.g.* Horn 1875; Sharp 1878; Fairmaire 1881; Kirsch 1889; Blackburn 1895).

Lameere (1901) transfirió los géneros *Hystatus* Thomson, 1861 y *Erichsonia* Westwood, 1849 para “Parandrites” e incluyó el grupo en los “Prionides”. Consideró el género *Parandra* como el ancestro de los Cerambycidae y lo relacionó con los Trogossitidae (Lameere 1902). Posteriormente (1912, 1913, 1919) confirmó la posición del género en Prioninae, destacando la semejanza entre *Parandra* y el género *Passandra* Dalman, 1817 de Cucujidae. Aunque Gahan (1906) elevó el grupo a subfamilia, Craighead (1915) y Böving y Craighead (1931) mantuvieron *Parandra* en Prioninae. Finalmente Linsley (1961) consideró Parandrinae como subfamilia de Cerambycidae.

¹ Autor para correspondencia: Bióloga, Bs.C. Departamento de Biología, Call Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681, USA; Grupo de Entomología Universidad de Antioquia (GEUA), jcardonad@gmail.com.

² Biólogo, B.Sc. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 42594, 04299-970 São Paulo, SP, Brasil, toncriss@uol.com.br

³ Bióloga, Ph.D. Directora Grupo de Entomología Universidad de Antioquia (GEUA). Profesora, Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53-108. Bloque 7-311. Medellín-Colombia, mwolff@matematicas.udea.edu.co.

Por otro lado, Crowson (1955, 1960) se opuso a las teorías de Lameere sobre *Parandra* como la forma ancestral de Cerambycidae y su relación con los Trogossitidae. Argumentó que muchos caracteres de la larva y el imago en *Parandra* eran “avanzados” con relación a otros Cerambycidae y que probablemente la similitud con los trogosítidos era el resultado de evolución convergente debido a sus hábitos similares, pues viven como adultos bajo la corteza de árboles en descomposición. Sin embargo, resaltó la similitud con Cucujidae en características de las antenas, coxas, tarsos y la distribución geográfica. Para Crowson (1955) la posición sistemática de *Parandra* era dudosa y aunque había afirmado previamente que parecía ser un verdadero “Prionid”, también sostuvo que estaría bien incluido en Anoplodermatinae dadas sus afinidades con *Migdolus* (Crowson 1955). Sugirió entonces que *Parandra* es un Anoploderminae (= Anoplodermatinae) y que ese grupo se incluiría entre los Prioninae. Posteriormente propuso que Parandrinae, Prioninae y Anoplodermatinae forman un grupo natural y que *Erichsonia* y *Parandra* vienen de un ancestro “anoplodermatino” (Crowson 1960).

Parandrinae ha sido considerado un grupo de longicornios arcaicos (e.g. Saalas 1936; Linsley 1961, 1962; Chemsak 1996); incluso Linsley (1961) al proponer relaciones dentro de Cerambycidae, describió la morfología del posible ancestro del grupo, coincidente con la que describió para Parandrinae y Prioninae. Así mismo, se cree que el ancestro de los Cerambycidae vivió al interior de ramas, posiblemente alimentándose de madera en descomposición (Crowson 1960; Linsley 1961; Švácha *et al.* 1997), lo que coincide con la biología de los parandrinos y muchos prioninos.

Otros trabajos en sistemática han relacionado a Parandrinae con Prioninae, siendo Parandrinae el grupo más basal (Nakamura 1981). Igualmente el tipo de cordón nervioso y el canal alimentario de las larvas de *Parandra*, son los menos especializados de Cerambycidae, siendo más afines a Prioninae que a Anoplodermatinae (Penteado-Dias 1984; Fonseca-Gessner 1990).

Napp (1994) realizó un análisis cladístico de Cerambycidae con caracteres morfológicos de larvas y adultos, y propuso una clasificación en la que reconoce a Parandrinae como subfamilia. Concluyó que Parandrinae, Anoplodermatinae y Prioninae conforman un grupo monofilético basal al resto de los Cerambycidae, soportado por: reducción de la galea, labro cárneo y poco desarrollado, ausencia de lámina lateral del metendosternito y reducción de la vena ‘Sector’. Sin embargo, la restricción en el número de especies incluidas en su análisis (sólo una especie de Parandrinae, una de Anoplodermatinae y dos de Prioninae), la condujo a errores como establecer que la antena es glabra en *Parandra*, *Anoploderma* y Prioninae, y determinar que el desarrollo de puntuación y pilosidad en la antena era un carácter derivado del clado de cucujidos, crisomélidos y cerambícidos.

Más recientemente Švácha *et al.* (1997) y Farrell y Sequeira (2004) reconocieron a los Parandrinae como grupo hermano de Prioninae, incluidos en Cerambycidae. Además Švácha *et al.* (1997) excluyeron a los Anoplodermatinae, incluyéndolos en la familia Vesperidae. No obstante, la presencia de margen lateral en el pronoto, la ausencia de placa estri dulatoria en el mesonoto y la morfología tarsal, agruparían a Parandrinae, Prioninae y Anoplodermatinae. Adicionalmente Švácha *et al.* (1997) anotan que los Parandrinae son un grupo monofilético soportado por caracteres como los tarsos simples claramente pentámeros, y el pronoto y algunas regiones

proesternales en la larva cubiertas con asperitos esclerotizados o granos.

Además, Švácha *et al.* (1997) proponen que Parandrinae y Prioninae deberían ser agrupados en Prioninae pues no existirían características únicas para Prioninae, lo que resultaría en la parafilia de este grupo. Sin embargo, Švácha (1987) y Švácha *et al.* (1997) atribuyeron a Parandrini el estatus de tribu basándose exclusivamente en las larvas. Consideramos que proponer el estatus de grupo sólo con base en los caracteres larvales y sin considerar los caracteres imaginarios puede ser problemático.

Caracteres como la unión de la vena empusal al ápice de la 1^{ra} vena anal, sin unirse a la plical (Napp 1994) y la presencia de una segunda celda anal, son caracteres únicos a Prioninae. La venación alar en Parandrinae es más simplificada por la ausencia de la celda cerrada en el área anal (Saalas 1936; Linsley 1961; Arigony 1984; Napp 1994; Santos-Silva 2001b); incluso a veces puede presentarse una simplificación en las venas de esa área como en *Neandra brunnea* (Foster, 1771), o existir una celda vestigial como en algunos especímenes de *Erichsonia dentifrons* Westwood, 1849.

Adicionalmente, uno de los caracteres principales que distingue a los Parandrinae de Prioninae y las demás subfamilias de Cerambycidae, es la forma de los órganos genitales de las hembras. En el ovipositor de *Parandra* el paraprocto posee su esternito y tergitio separados y aunque son inusualmente rígidos, abrazan la vagina y sus placas con sus partes anteriores (Saito 1990). Los estilos son muy pequeños, de conformación única y están articulados a la parte dorsal de los lóbulos de los coxitos (Saito 1990). Adicionalmente el cordón nervioso de los Parandrinae es único entre los Cerambycidae (Dias 1981; Penteado-Dias 1984). Concordamos con Saito (1990) quien reconoció a Parandrinae como subfamilia en contraste con la clasificación propuesta por Švácha (1987: 14).

Por otro lado no hay registro fósil de Parandrinae. Aunque Crowson (1955: 87, 145) y Linsley (1961: 60) mencionaron que *Parandrexis parvula* Martynov, 1926 era fósil de Parandrinae, aparentemente fue un error de estos autores al interpretar a Martynov (1926), quien afirmó que *Parandrexis* “no posee descendientes actuales” (traducido de Martinov 1926). Vitali (2006) anotó que *Parandrexis* está actualmente colocado en Parandrexidae Kirejtshuk, 1994 y transfirió *Protospondylis florissantensis* (Wickham, 1920) para *Parandra* (*Parandra*). Posteriormente *Protospondylis* Linsley, 1942 fue revalidado y puesto como *incertae sedis* en Cerambycidae por Santos-Silva y Shute (2009), ya que no es posible determinar el género usando las claves disponibles (Vitali 2006).

Clasificación actual. El género *Parandra* Latreille, 1802 fue dividido por Lameere (1912) en los subgéneros *Archandra*, *Stenandra*, *Neandra* y *Parandra s. str.* Posteriormente Quentin y Villiers (1972) elevaron *Stenandra* a estatus genérico, Arigony (1977) dividió *Archandra* en los subgéneros *Archandra* y *Hesperandra* y este último fue elevado por Villiers (1980) a género. Más adelante Santos-Silva (2002) elevó *Archandra* y *Neandra* a género, dividió *Parandra* en los subgéneros *Parandra* y *Birandra* y creó el género *Acutandra*. El mismo autor (2003a) dividió *Hesperandra* en los subgéneros *Hesperandra*, *Tavandra* y *Zikandra*, y recientemente, con la resolución de la identidad taxonómica de *Parandra laevis* Latreille, 1804, Santos-Silva y Shute (2009) realizaron algunos cambios nomenclaturales en la tribu. Actualmente,

Parandrinae está compuesta por los géneros y subgéneros: *Acutandra*, *Archandra*, *Birandra* (*Birandra*), *Birandra* (*Yvesandra*), *Neandra*, *Parandra* (*Hesperandra*), *Parandra* (*Parandra*), *Parandra* (*Tavandra*) y *Stenandra*.

Características Biológicas y Distribución. Los Parandrinae son fitófagos polífagos, generalmente asociados a madera en descomposición (Linsley 1959). Habitán bajo la corteza de árboles muertos en zonas húmedas y grandes áreas boscosas (Arigony 1978; Triplehorn y Johnson 2005). Las larvas se alimentan exclusivamente de madera en descomposición y pueden encontrarse en el interior del bosque excavando galerías en troncos caídos semi-podridos (Lawrence 1991; Linsley 1961; Costa *et al.* 1988). Los adultos son nocturnos y con frecuencia son atraídos a la luz (Linsley 1961; White 1983; Tavakilian 2000). Las hembras ponen los huevos sobre troncos de árboles (White 1983) ovipositan sin la ayuda de las mandíbulas en la preparación del nicho, como si lo hacen otros cerambícidos (Linsley 1959).

Entre los depredadores de Cerambycidae y otros coleópteros barrenadores se encuentran los Cucujidae, Trogossitidae, Cleridae, Colydiidae, Elateridae (larvas), entre otros coleópteros. Además hemípteros, neurópteros y dípteros como Asilidae, Xylophagidae y Rhagionidae. Algunos hymenópteros, nemátodos y hongos pueden parasitarlos. Otros depredadores pueden ser lagartijas, murciélagos y aves de las familias Picidae, Furnariidae, Caprimulgidae, Vireonidae, Parulidae, Sittidae y Tyrannidae (Linsley 1959, 1961).

Por otro lado, las especies de Parandrinae están presentes en los continentes y la mayoría de islas oceánicas, siendo más abundantes en la región Neotropical (Linsley 1961; Villiers 1980). *Acutandra* Santos-Silva se encuentra en Suramérica, *Archandra* Lameere se distribuye en la región Paleártica, *Birandra* Santos-Silva es cosmopolita, *Erichsonia* Westwood se encuentra en México y Centroamérica, *Neandra* Lameere en la región Neártica, *Parandra* Latreille en América y *Stenandra* Lameere en la región Etiópica.

Morfología de Parandrini. Aunque este trabajo se enfoca en los adultos, la morfología de las larvas y las pupas de Parandrinae ha sido descrita por varios investigadores (e.g. Linsley 1961; Costa *et al.* 1988; Lawrence 1991; Chemsak 1996; Lingafelter y Micheli 2004). Se conocen las larvas de *Neandra brunnea* (Fabricius, 1798), *Birandra punctata* (White, 1853), *B. gabonica* (Thomson, 1858), *B. tavakiliani* (Santos-Silva, 2002), *Parandra glabra* (DeGeer, 1774), *P. expectata* Lameere, 1902 y *Archandra caspia* (Ménétriés, 1832).

Los adultos de Parandrinae (Fig. 1A) tienen las antenas relativamente cortas (no se extienden más allá de la base del pronoto), se insertan en frente de los ojos cerca a la base de las mandíbulas (Fig. 1B); los antenómeros presentan áreas sensoriales, pilosidad y puntuación variable (Fig. 1C). El labro es triangular con ápice variable, fusionado al clípeo (Figs. 1D y 1E). Las mandíbulas son agudas, grandes y a menudo dentadas (Figs. 1D y 1E). Las cavidades coxales anteriores pueden ser abiertas o cerradas en la parte posterior (Figs. 1F y 1G). El mesonoto no tiene placa estridulatoria (Fig. 1H). Las patas son cortas y las coxas anteriores son fuertemente transversas con trocantín visible (Figs. 1I y 1G). Los tarsos son delgados, sin cojines ventrales y claramente pentámeros, con el tercer segmento entero o débilmente emarginado y generalmente presentan paroniquio tarsal (Fig. 1I y 1J). Las alas posteriores no tienen celdas cerradas en el sector anal,

la celda radial es abierta y la vena 2A₂ es ausente o vestigial (Forbes 1922).

Aunque los Parandrinae no presentan dimorfismo sexual evidente como muchos cerambícidos, hay algunas características que pueden separar los machos de las hembras. En *Birandra* y *Parandra* las mandíbulas de las hembras normalmente son más triangulares y sin curvatura hacia la región apical (Fig. 1E); los machos pequeños, tienen mandíbulas falciformes más angostas en la base y un poco curvadas hacia el ápice (Fig. 1D). Además en *Birandra* el ápice del labro generalmente es truncado en los machos y agudo en las hembras (Figs. 1D y 1E). En los géneros presentes en América el último urosternito generalmente es similar en longitud al penúltimo en los machos y más largo en las hembras. Adicionalmente, el tamaño de la cabeza en relación al protórax normalmente es menor en la hembra, lo que sólo es evidente cuando se tiene una pareja.

Materiales y Métodos

Se revisaron especímenes en 17 colecciones colombianas, en el Museu Nacional de la Universidade Federal do Rio de Janeiro y en el Museu de Zoologia de la Universidade de São Paulo. Además se tomaron los registros de literatura para Co-

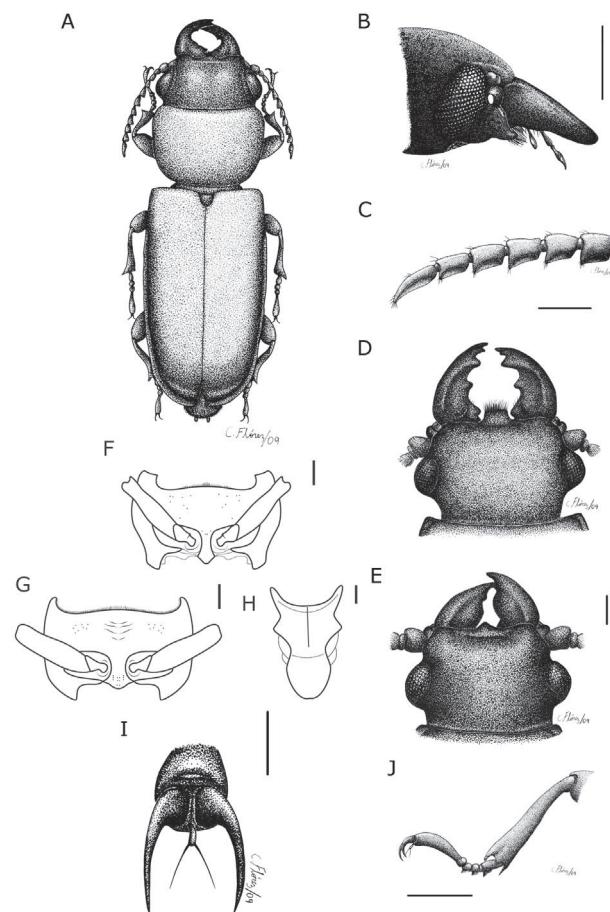


Figura 1. *Parandra (Parandra) glabra* (♂): A. Vista dorsal general; B. Cabeza en vista lateral; C. Antenómeros. *Birandra (Birandra) punctata*: D. Cabeza (♂). E. Cabeza (♀). F. Cavidad coxal anterior (♀). *Parandra (Tavandra) colombica* (♀): G. Cavidad coxal anterior. H. Mesonoto. *Parandra (Parandra) glabra* (♂): I. Uña y paroniquio tarsal. J. Tibia y tarsos. Barra de escala = 1 mm.

lombia en los cuales la identidad taxonómica de las especies no es dudosa.

La distribución de las especies se basa en material examinado. La información de geoposición de las localidades para los especímenes que carecían de ésta, provino del Diccionario Geográfico de Colombia (IGAC 1996) y del Atlas de Colombia (IGAC 2002). En los casos en que la localidad de colección era incierta, se registraron las coordenadas de la cabecera municipal. Los mapas se hicieron usando el programa ArcGis v. 9.3 (ESRI® 1999-2008). Las referencias citadas bajo cada taxón se refieren a las citaciones originales, al catálogo de Monné (2006) y a citaciones posteriores u omisiones del catálogo.

Los siguientes son los acrónimos de las instituciones visitadas: CEUA, Colección de Entomología de la Universidad de Antioquia, Medellín; CFPL, Colección personal de Luís Carlos Pardo Locarno, Palmira; CIBM, Colección de la Corporación de Investigaciones Biológicas, Medellín; CMUC, Centro de Museos de la Universidad de Caldas, Manizales; GMIC, Colección particular de Gilberto Mendoza, Bogotá; IAvH, Instituto Alexander von Humboldt, Villa de Leyva; ICN (algunos ejemplares citados aparecerán con el acrónimo de catálogo ICN-MHN-CO), Colección del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; LEUC, Colección de Laboratorio de Entomología, Universidad de Caldas, Manizales; MCSJ, Museo del Colegio de San José de La Salle, Medellín; MEPB, Museo Entomológico de Piedras Blancas, Comfenalco, Medellín; MEUV, Museo de Entomología de la Universidad del Valle, Cali; MFLG, Museo Francisco Luís Gallego de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín; MHNC, Museo de Historia Natural - Universidad del Cauca, Popayán; MHNS, Museo de Historia Natural, Universidad La Salle, Bogotá; MNRJ, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; MUAM, Museo Universidad de Antioquia, Medellín; MUJC, Museo de la Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá; MZSP, Museu de Zoologia, Universidad de São Paulo, São Paulo, São Paulo; UNAB, Museo Entomológico Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Y los acrónimos de otras instituciones mencionadas en el texto son: BMNH, The Natural History Museum, Londres, Reino Unido; FIOC, Fundação Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ISNB, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruselas, Bélgica; MNHN, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Francia; MVMA, Museum of Victoria, Melbourne, Australia; NHRS, Naturhistoriska Riksmuseet, Estocolmo, Suiza; USNM, National Museum of Natural History, Washington, D. C., EEUU; SMTD, Staatliches Museum für Tierkunde, Dresden, Alemania; ZSMC, Zoologische Staatsammlung des Bayerischen Staates, München, Alemania.

Resultados y Discusión

Se examinaron 288 especímenes adultos de Parandrinae, 266 provenientes de Colombia. Se registran especies de Parandrinae para 91 municipios del país, distribuidos en 19 departamentos, entre 0 y 3000 m. Se encontraron un total de 10 especies provenientes de Colombia, se incluyen los registros de tres especies más y se excluyen *Acutandra degeeri* (Thomson, 1867), *Acutandra punctatissima* (Thomson, 1861) y *Parandra ubirajarae* (Santos-Silva, 2001) de la fauna de Colombia.

PARANDRINAE Blanchard, 1845

Parandrites Blanchard, 1845: 134.

Parandrinae; LeConte y Horn, 1883: 265; Monné, 2006: 8.

PARANDRINI Blanchard, 1845

Parandrites Blanchard, 1845: 134.

Parandrini; Monné, 2006: 8.

Clave para los géneros y subgéneros de Parandrini presentes en Colombia

1. Cavidades procoxales cerradas en su parte posterior (Fig. 1G) (*Parandra* Latreille, 1802).....2
- Cavidades procoxales abiertas en su parte posterior (Fig. 1F).....3
- 2(1). Proyección del borde ocular posterior no sobresaliente (Figs. 1A y 3B). Submento no deprimido, glabro con pelos muy cortos y muy dispersos (si se presentan pelos largos, son muy pocos); puntuación generalmente fina. Carena del submento inconspicua o ancha y poco elevada
.....*Parandra* (*Parandra*) Latreille, 1802
- Proyección del borde ocular posterior sobresaliente o muy sobresaliente (Figs. 4A, 4B, 5A y 6A). Submento deprimido o no, con pelos largos y abundantes o cortos y dispersos; puntuación gruesa. Carena del submento delgada y elevada, ausente o apenas indicada.....*Parandra* (*Tavandra*) Santos-Silva, 2003
- 3(1). Mandíbulas poco desarrolladas, no falciformes, túmidas en la cara lateral-externa, y semejantes a las de las hembras en los machos de gran tamaño; ápice del labro agudo en los dos sexos (Figs. 1E y 7A); margen anterior del pronoto, en general, fuertemente sinuoso en los dos sexos.....
.....*Acutandra* Santos-Silva, 2002 [*Acutandra ubitari* (Santos-Silva & Martins, 2001)]
- Mandíbulas bien desarrolladas y falciformes en los machos de gran tamaño, con dimorfismo sexual y no túmidas en la cara lateral-externa; ápice del labro de los machos truncado (Fig. 1D); margen anterior del pronoto débilmente sinuoso o no sinuoso en los dos sexos (*Birandra* Santos-Silva, 2002)....
.....4
- 4(3). Área sensorial del antenómero XI dividida por carena*Birandra* (*Yvesandra*) Santos-Silva & Shute, 2009 [*Birandra* (*Yvesandra*) *antioquensis* (Cardona-Duque *et al.* 2007)]
- Área sensorial del antenómero XI no dividida por carena*Birandra* (*Birandra*) Santos-Silva, 2002

Parandra Latreille, 1802

Parandra Latreille, 1802: 160; Olivier, 1803: 100.

Parandra (*Hesperandra*) Arigony, 1977: 163.

Hesperandra; Chalumeau & Touroult, 2005: 41; Monné, 2006: 9 (cat.); Santos-Silva & Shute, 2009: 30 (syn.).

Especie-tipo. *Attelabus glaber* DeGeer, 1774 (monotipia).

Cabeza grande; borde ocular posterior muy sobresaliente (Figs. 4A, 4B, 5A y 6A) o apenas proyectado (Figs. 1A, 2A, 3B y 3C). Mandíbulas de machos y hembras sin diente apical en la cara externa; en los machos de gran tamaño, falciformes

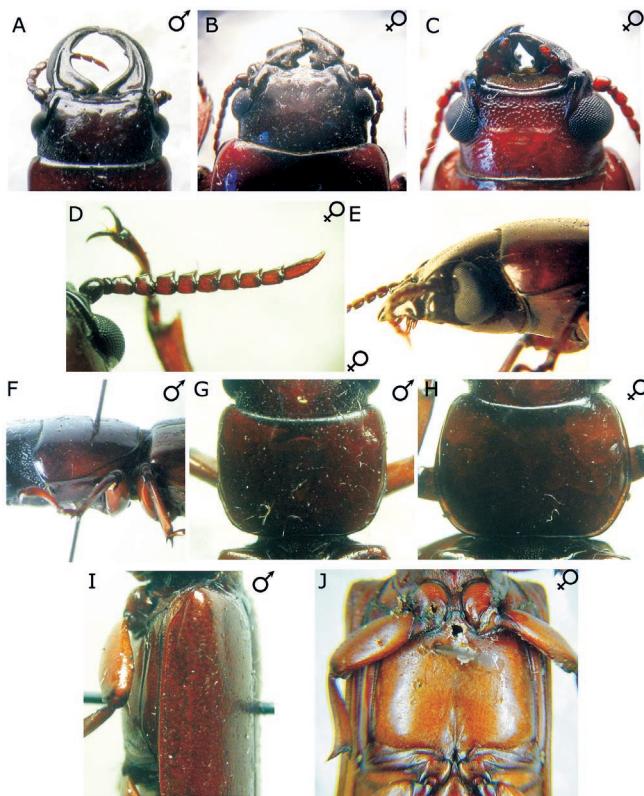


Figura 2. *Parandra (Parandra) glabra*: A y B. Cabeza dorsal (ICN-MHN-CO 2331 y UNAB). C. Cabeza ventral (UNAB). D. Antena (IAvH 3422). E. Cabeza lateral (UNAB). F. Protórax lateral (ICN-MHN-CO 2331). G y H. Pronoto (IAvH 01367 y 3422). I. Metepisterno (IAvH 01367). J. Metaesterno (CEUA 36716).

y frecuentemente un poco más largas que la cabeza (Figs. 2A, 3B y 5D); en los machos pequeños y las hembras, levemente curvas en la cara externa y más cortas que la cabeza (Figs. 2B, 3C, 4B y 5A). Antenómero XI sin área sensorial dorsal. Área sensorial de los antenómeros III-XI dividida por una carena longitudinal, en general bien marcada en todos los antenómeros, pero algunas veces ausente en los antenómeros basales, apenas indicada en los antenómeros intermedios y sólo nítida en el antenómero XI. Cavidades coxales anteriores cerradas en la parte posterior (algunas veces, con una pequeña abertura). Paroníquio con setas.

Todas las especies de este género se distribuyen en América.

Parandra (Parandra) Latreille, 1802

Parandra Latreille, 1802: 160; Santos-Silva & Shute, 2009: 30.

Hesperandra (Zikandra) Santos-Silva, 2003a: 120; Chalumeau & Touroult, 2005: 42; Monné & Hovore, 2006: (cat.); Monné, 2006: 12 (cat.); Santos-Silva, 2007: 5 (clave); Santos-Silva & Shute, 2009: 30 (syn.).

Gnathophorus Kirby, 1837: 166; White, 1853: 2 (syn.); Gemminger & Harold, 1872: 2751 (cat.; *en syn.*).

Isocerus; Germar, 1846: 19 (parte).

Especie-tipo. De *Parandra*, *Attelabus glaber* DeGeer, 1774, monotipia; de *Hesperandra (Zikandra)* y de *Gnathophorus*, *Attelabus glaber* DeGeer, 1774 (respectivamente designación original y monotipia).

Proyección del borde ocular posterior no sobresaliente. Submento no deprimido, glabro o con pelos muy cortos y dispersos (aunque pueden presentarse algunos pelos largos); margen anterior poco o moderadamente elevado, precedido o no por un surco. Carena ventral de las genas inconspicua o ancha y poco elevada.

Clave para las especies de *Parandra (Parandra)* presentes en Colombia

1. Metepisternos con pilosidad conspicua en toda su extensión (Fig. 3G).....*P. (Parandra) humboldti* (Santos-Silva, 2003)
 - Metepisternos glabros o con pilosidad restricta al tercio anterior (Fig. 2I).....*P. (Parandra) glabra* (DeGeer, 1774)

Parandra (Parandra) glabra (DeGeer, 1774)

Attelabus glaber DeGeer, 1774: 352. Localidad-tipo: Indias (?). (NHRS).

Scarites testaceus Fabricius, 1794: 437. Localidad-tipo: Senegal. (NHRS).

Parandra ferruginea Sturm, 1826: 181. Localidad-tipo: Brasil. (ZSMC).

Parandra lineola Gory in Guérin-Méneville, 1831: estampa 42, figs. 7-7a. Localidad-tipo: no indicada. (Depositario desconocido).

Parandra mandibularis Perty, 1832: 84. Localidad tipo: Amazonum Flumen. (ZSMC).

Parandra maxillosa Laporte, 1840: 387. Localidad-tipo: Brasil. (MNHN).

Parandra lineolata Gory in Guérin-Méneville, 1844: 207 (error).

Parandra grandis Thomson, 1861b: 79. Localidad-tipo: Colombia. (MNHN).

Parandra barbata Thomson, 1861c: 95. Localidad-tipo: Colombia. (MNHN).

Parandra occipitalis Thomson, 1867: 108. Localidad-tipo: Colombia. (MNHN).

Parandra obsoletes Casey, 1912: 217. Localidad-tipo: Panamá, Chiriquí. (USNM).

Parandra (Archandra) lucida Zikán, 1948: 36. Localidad-tipo: Brasil, Rio de Janeiro: Itatiaia. (FIOC).

Parandra (Archandra) glabra var. *translucida* Zikán, 1948: 37. Localidad-tipo: Brasil, Santa Catarina: Nova Teutonia. (FIOC).

Hesperandra (Zikandra) glabra; Monné, 2006: 13 (cat.).

Parandra (Parandra) glabra; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Diagnosis. Cabeza grande (un poco más corta que el pronoto en especímenes de tamaño promedio), sin puntuación aparente, un poco visible en la parte posterior de los ojos (Figs. 2A y 2B). Submento con puntuación generalmente muy fina y dispersa (algunos individuos pueden presentar una puntuación levemente gruesa e incluso un poco anastomosada) (Fig. 2C); margen anterior del submento elevado, precedido por surco que puede ser raso; labro no proyectado (no sobrepasando las esquinas anteriores de la cabeza). Mandíbulas de los machos con un diente pequeño un poco después del medio (los machos *minor* pueden tener las mandíbulas subtriangulares) (Fig. 2A); mandíbulas de las hembras subtriangulares (Fig. 2B). Antenómeros IV-VI más largos que anchos

(Fig. 2D), divididos por carena en la cara ventral; antenómero X al menos un tercio más corto que el XI. Ojos de las hembras anchos en vista lateral (Fig. 2E). Protórax de los machos con marginación lateral completa (Fig. 2F); pronoto apenas puntuado (puntos imperceptibles) (Figs. 2G y 2H). Metepisternos glabros o con muy pocos pelos hacia el tercio anterior (Fig. 2I). Proesterno y metaesterno lisos, glabros (algunos individuos pueden presentar algunos pelos dispersos) (Fig. 2J). Élitros lisos.

Distribución. Desde México, Centroamérica (incluyendo parte de las Antillas) y Suramérica (Fig. 10A).

Comentarios. *Parandra glabra* es una especie con una gran variación en tamaño y coloración, y aunque no se han encontrado patrones en esta variación que permitan separarla en especies diferentes, hacen falta estudios más detallados a lo largo de su ámbito (área de distribución) (Bates 1879; Aigony 1978; Villiers 1980; Tavakilian 2000). Esta variación relacionada a la distribución, podría corroborar que se trata de especies muy semejantes o variaciones poblacionales de la misma especie. Algunas de estas formas corresponden a especies descritas que hoy son sinónimos de *P. glabra*.

Dado que no existe un conjunto de características morfológicas externas que sean conservadas dentro de *P. glabra*, es necesario explorar otros caracteres que permitan separarla de las demás especies del subgénero. La mayoría de los caracteres que definen a *P. glabra* son variables, y las diferentes combinaciones de esta variación son permisibles dentro del concepto amplio que hoy tenemos de esta especie, lo que hace imposible concluir si la especie es extremadamente variable o si se trata de un complejo de especies muy próximas entre sí.

En general la forma proveniente de Colombia y Ecuador corresponde a *Parandra grandis* Thomson, 1861 (fotografía del lectotipo examinada). Los machos de esta región se diferencian de los del sur y sureste brasileño por el cuerpo más robusto, el tercio apical de las mandíbulas menos curvado, el borde ocular posterior más sobresaliente (esto se observa en vista dorsal, con relación al cuello), el área posterior a los ojos con puntuación muy gruesa y anastomosada, el submento con puntuación gruesa y abundante (a veces anastomosada), los ángulos posteriores del pronoto más redondeados, el margen del tercio latero-anterior del pronoto más visible en vista dorsal, y los metepisternos frecuentemente con puntos evidentes en toda su extensión (a veces acompañados de pelos cortos). Las hembras se diferencian de los machos por la puntuación más fina y dispersa en el submento; sin embargo, esta puntuación puede ser más gruesa y abundante que en las hembras del sur y sureste de Brasil; la puntuación y pilosidad de los metepisternos es como en los machos. Los machos del sur y sureste brasileño generalmente son más delgados, el tercio apical de las mandíbulas es más curvado, el borde ocular posterior no sobresale, el área posterior de los ojos presenta puntos finos o levemente gruesos y dispersos, la puntuación del submento es fina o muy fina y muy dispersa, los ángulos posteriores del pronoto son más angulados, el tercio latero-anterior del pronoto normalmente no es visible en vista dorsal, y los metepisternos poseen puntos finos y pelos cortos (apenas en el tercio o cuarto basal).

Por otro lado, *Parandra barbata* Thomson, 1861 y *P. occipitalis* Thomson, 1867 corresponden a la misma forma que difiere de *P. grandis* y se aproxima a los machos del sur y su-

reste brasileño, e incluso a los de Isla del Coco (Costa Rica). Se diferencian principalmente por el borde ocular posterior débilmente sobresaliente, el área posterior de los ojos con puntos más finos y dispersos (principalmente junto al ojo), las mandíbulas claramente más curvadas en el tercio apical y el tercio latero-anterior del pronoto no visible en vista dorsal. Sin embargo, el área posterior de los ojos de la forma de Isla del Coco es intermedia entre la de los especímenes del sur y sureste de Brasil y la de *P. grandis*: fina junto a los ojos y más rugosa y punteada en dirección al foramen. Igualmente, la puntuación del submento de *Parandra barbata* y *P. occipitalis* es muy similar a la encontrada en el centro-oeste brasileño: más fina que en los especímenes de Isla del Coco y la forma *P. grandis* y más abundante que los del sur y sureste brasileño. Los especímenes del noreste de Suramérica (Brasil - estados de Amazonas y Pará - Guyana Francesa y Venezuela) coinciden con la forma de *P. grandis* al igual que los del noroeste (Colombia y Ecuador) pero tienen las mandíbulas claramente más falciformes (curvatura del tercio apical más acentuada) y la puntuación del submento más fina y abundante.

Parandra maxillosa sensu Thomson (1867) corresponde a la forma del sur y sureste brasileños. Examinamos la fotografía de uno de los especímenes estudiados por Thomson que porta una etiqueta de tipo, como lo afirmó Tavakilian (2000): "...ainsi que l'exemplaire étiquete «*Parandra maxillosa* Thomson, Type»"; sin embargo, ese especímen no es el tipo de *P. maxillosa* Laporte, 1840 puesto que el holotipo está depositado en MVMA (Tavakilian 2000). Examinamos la fotografía de ese holotipo y aparentemente corresponde a la forma de la Guyana Francesa, Venezuela y norte de Brasil (Amazonas y Pará). Igualmente examinamos la fotografía del holotipo de *P. ferruginea* Sturm, 1826 que correspondería a la misma forma.

Por otro lado, Perty (1832) en la descripción de *P. mandibularis* registró como localidad típica: "Habitat in sylvis ad Amazonum flumen". Examinamos la fotografía del holotipo que está depositado en ZSMC, cuya etiqueta corresponde a aquella utilizada por Joseph Anton Maximilian Perty, presentada en Horn y Kahle (1937). Esta forma corresponde a la del sur y sureste brasileños y no a la de la Amazonía brasileña. Aunque la figura presentada por Perty (1832) se asemeja a los especímenes del norte de Brasil (Amazonas y Pará), es probable que el holotipo haya sido incorrectamente etiquetado en relación a la localidad de colecta.

Los especímenes del centro-oeste de Brasil tienen estados intermedios entre los del sur y sureste brasileño y aquellos de la Guyana Francesa, Venezuela y norte brasileño; igualmente entre los de Colombia y Ecuador y los del sur y sureste brasileños. Los pocos ejemplares estudiados de Paraguay y Argentina apparentemente corresponden a la misma forma del sur y sureste brasileño. Por otro lado, los machos de Costa Rica (excepto Isla del Coco) y Panamá, en general son muy semejantes a los de Colombia; sin embargo las hembras se asemejan más a las del sur y sureste brasileños, principalmente en la puntuación y pilosidad de los metepisternos. Esta forma corresponde a *P. obsoletes* Casey, 1912 (fotografía del holotipo examinada) y probablemente es igual a *P. lineola* Gory, 1831 proveniente de la isla de Guadalupe. Nuestra suposición se basa únicamente en la descripción de Gory (1844) [en Gory (1831) la especie fue sólo figurada], pues no examinamos especímenes procedentes de Guadalupe.

Por otro lado, *Parandra lineola* Gory en Guérin-Méneville, 1831 es un nombre válido pues hay una asociación de un nombre válido a una figura (ICZN 1999: artículo 12.2.7) y *Parandra lineolata* Gory en Guérin-Méneville, 1844 no tiene estatus nomenclatural pues es una ortografía subsecuente incorrecta (ICZN 1999: artículo 33.3) y no una enmienda para *P. lineola*. Cowan (1971) estudió las fechas de publicación de la “Iconographie du règne animal de G. Cuvier...” de Félix Édouard Guérin-Méneville y concluyó que la parte con la plancha número 42 (con las figuras de *P. lineola*), fue publicada el 21 de mayo de 1831 y el texto completo el 7 de septiembre de 1844. Aunque la localidad típica de *P. lineola* no fue mencionada, se infiere que es Guadalupe (aquella de la descripción de *P. lineolata* que no tiene localidad típica por ser un error de ortografía). La institución depositaria del(los) tipo(s) de *P. lineola* es desconocida (Tavakilian 2000; Monné 2006).

Thomson (1861b) al redescribir *Parandra colombica* White, 1853 escribió incorrectamente “*Parandra columbica*”. Sin embargo examinamos la fotografía de uno de los especímenes de la colección Thomson y conforme lo observó Lameere (1902), esa redescripción no corresponde a la especie de White (1853) sino a *Parandra glabra*. Tavakilian (2000) escribió al respecto: “*L'exemplaire mâle étiqueté comme columbica par Thomson (MNHN) [il signale en posséder 12 exemplaires] est bien identique à l'espèce de Degeer,...*”. La puntuación elítral <más fuerte> mencionada por Thomson (1861b), es mucho más fina que la de la verdadera *Parandra colombica* White, 1853. Curiosamente los especímenes incorrectamente interpretados como la especie de White por Thomson (1861b), han sido erróneamente considerados sintipos y la localidad como localidad típica (e.g. Monné 2006). *Parandra colombica sensu* Thomson (1861b) corresponde a la forma de *P. grandis*.

Por otro lado, Tavakilian (2000) registró en relación a *Scarites testaceus* Fabricius, 1794: “Au sujet de *Scarites testaceus*, d'après Zimsen (1964: 17), aucune espèce décrite par Fabricius de la collection Gustav von Paykull (aujourd'hui au NRS), n'est étiqueté comme type. Sa patrie «Senegal» doit être la conséquence d'une provenance mal interprétée”. Sin embargo, desconocemos a qué forma de *P. glabra* corresponde.

Examinamos fotografías del lectotipo hembra de *Attelabus glaber* DeGeer, 1774, concordando con Tavakilian (2000) quien dijo que el lectotipo es perfectamente idéntico a las hembras recolectadas en Guyana Francesa y que probablemente Surinam debe ser la verdadera localidad típica de *Attelabus glaber* y no “Indes” (traducido Indias Occidentales) como escribió DeGeer. La puntuación moderadamente gruesa y abundante en el submento a veces es mayor que en los especímenes procedentes de Colombia y corresponde a la forma encontrada en la Guyana Francesa, Venezuela y norte de Brasil (Amazonas y Pará). Así mismo, el macho presentado por DeGeer (1774) (especímen extraviado) parece corresponder a la forma de esa región.

Sin duda *P. glabra* es la especie más ampliamente distribuida y comúnmente encontrada en las colecciones, conforme lo observado por Tavakilian (2000). En las colecciones colombianas encontramos 123 especímenes y ha sido recolectada en las tres cordilleras, los valles interandinos, las costas Atlántica y Pacífica, y la región Amazónica, desde el nivel del mar hasta los 2600 m. En los especímenes colombianos la puntuación de los élitros y el submento puede variar, entre especímenes con puntos relativamente gruesos y concentrados

(principalmente en el submento) y otros sin puntuación aparente. Aunque en general las especies de *Parandra* poseen las cavidades coxales anteriores cerradas en la parte posterior, algunos individuos de *P. glabra* pueden presentarlas levemente abiertas.

Biología. Tavakilian (2000) y Monné (2002, 2004) listaron varias plantas hospederas para esta especie: *Spondias mombin* (Anacardiaceae), *Aspidosperma* sp. (Apocynaceae), *Araucaria angustifolia*, *Araucaria brasiliiana* (Araucariaceae), *Piptocarpha angustifolia* (Asteraceae), *Alnus acuminata* subsp. *acuminata* (= *Alnus jorulliensis*) (Betulaceae), *Ochroma pyramidale* (Malvaceae), *Cecropia* sp. (Urticaceae), *Phoebe* sp. (Lauraceae), *Acacia decurrens*, *Mimosa scabrella* (Fabaceae), *Morus alba* (Moraceae), *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) y *Salix humboldtiana* (Salicaceae). De estas encontramos en Colombia: *Spondias mombin* (0-1000 m), *Aspidosperma* spp., *Araucaria angustifolia* y *A. brasiliiana* (cultivadas), *Alnus acuminata* var. *acuminata* (1500-3000 m), *Ochroma pyramidale* (ampliamente cultivada, 0-1500 m), *Cecropia* spp., *Phoebe* spp. (distribuidas en el Neotrópico entre 800-2500 m), *Acacia decurrens* (1000-1500 m), *Morus alba* (1000-1500 m), *Eucalyptus globulus* y *Salix humboldtiana* (cultivadas).

Los adultos de *P. glabra* se encuentran debajo de corteza de sus hospederos a veces en pequeños grupos (cerca de una decena de individuos) (Villiers 1980). Han sido observados en la madera y corteza del balsó, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., durante la noche (Villiers 1980). En los machos de esta especie, las antenas parecen tener una gran sensibilidad a alguna feromonía de las hembras (Lingafelter 1998).

Material examinado. COLOMBIA. Amazonas. Río Tacaña, 1 ♀, en la selva, 30.X.1946, L. Richter (ICN-MHN-CO 2337, ICN); PNN Amacayacu, Caño Mata Mata, 100 m, 1 ♀, II.1989, F. Fernández (IAvH 01286); PNN Amacayacu, Mata Mata, 3°23'01"S; 70°06'01"W, 150 m, 1 ♀, Malaise, 2. III.2000-3.IV.2000, A. Parente (IAvH -3422). Antioquia. Santa Fe de Antioquia, 1 ♀, manual en hoja, IX.1994, C. Echeverri (CEUA - 36716); Río Claro, 1 ♂, manual en suelo, 3.I.1998, E. Muñoz, (MUA-IN 2931, MUA); Murrí, 1 ♂, manual en bosque, I.1982, G. Galeano (MUA-IN 00836, MUA); Ciudad Bolívar, 1 ♂, IV. 1953, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Yolombó, 1 ♂, en madera, V.1955, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Turbo, 1 ♂, en maleza, X.1947, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Villarteaga, 1 ♀, IV.1953, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Medellín, 1 ♀, en madera, IV.1959, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Sopetrán, 1 ♀, II.1947, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Urrao, 1 ♀, en pared, 27.VI.1989, J. Mario G. (No. 8771, MFLG); San Luis, 440 m, 1 ♂, 3.III.1994, L-S (MUJ - 5923); Maceo, Vereda Santa Bárbara, Hacienda Santa Bárbara, 6°32'38,8"N; 74°38'24,8"W, 450 m, 1 ♀, dentro de tronco, XII.2007, Campuzano, Cardona, Flórez y Sánchez (CEUA). Caldas. Manizales, 1 ♀, en rosas, VIII.1948, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Palestina, Vereda Santagueda, 1200 m, 1 ♀, en pasto, 7.V.2006, Hoyos y Vásquez (LEUC); Manizales, Gallinazo (Río Blanco), 2100 m, 1 ♂, bosque en árbol, 12.V.2006, Charry y González (LEUC); Manizales, Km 41, 1 ♀, en suelo, 28.VIII.1993, Cast. Osp. (CI-001-044-6, CMUC). Caquetá. San Vicente del Caguán, PNN Picachos, 2°47'51"N; 74°51'18"W, 1450 m, 1 ♀, fuente de luz, alrededores casa escuela, XI.1997, F. Escobar (IAvH - 01285). Casanare. Yo-

pal, 5°21'N; 72°24'W, 350 m, bmh-T, 1 ♀, maleza de hoja ancha, 3.V.1970, M. Camacho (FAUNIC 04, UNAB). **Cauca.** Morales, 2°45'27"N; 76°37'56"W, 1635 m, 1 ♂, 10.VI.1988, L. Mera (UNAB); PNN Munchique, 1750 m, 2 ♂, bosque, 2.II.1998, P. Rengifo (IAvH - 01372, 01363); El Tambo, Tambito, 1 ♂, XI.1990, A. J. Negret (EN 000233 R, MHN-UC); Popayán, Barrio Los Hoyos, 1 ♂, 5.IV.1982, H. Granados (EN 000234 R, MHN-UC). **Chocó.** Nuquí, Jurubidá, Comunidad Embera, 2 ♂, manual en bosque primario, 4.X.1995, B. Amagara (0102-951004-0020, 0102-951004-0019, CIB); Nuquí, Jurubidá, Morro-Mico, 1 ♀, manual intradomicilio, 23.VII.1995, G. Tabares, (0101-950723-0004, CIB); Nuquí, Antacorí, 1 ♂ y 1 ♀, jama en rastrojo, 15.I.1996, H. Jaramillo (0100-960115-0012, -0013, CIB); Nuquí, Tribugá, Río Tribugá arriba, 1 ♂, jama en rastrojo, 6.XII.1995, J. H. Murillo (0102-951206-0009, CIB); Nuquí, Estación El Amargal, 30 m, 2 ♀, 22.VIII.1996, C. C. Ramírez (ICN-MHN-CO 4657, 4654, ICN); Nuquí, El Amargal, 5 m, 1 ♀, Malaise, II.1994, A. Bonilla (IAvH - 01280); Lloró, Quebrada Boraudó, 1 ♂ y 1 ♀, trampa de luz, 17-20.III.2002, Neita J. C. (ICN-MHN-CO 7563, 7564, ICN); Rio Sucio, Caño Seco, 1 ♂, 26.III.1999, Carlos Sierra (ICN-MHN-CO 7557, ICN); B. San Juan, Togoromá, 1 ♀, Colecta diurna en follaje, 22.VII.1990, L. C. Pardo Locarno (CFPL). **Cundinamarca.** Santandercito, 1 ♀, 10.I.1965, S. Restrepo (MUJ - 5921); Santandercito, 1600 m, 1 ♂, III.1964, sin colector (MUJ - 5919); Santandercito, 1 ♂, II.1965, S. Restrepo (MUJ - 5918); San Juan de Río Seco, 4°50'54"N; 74°37'35"W, 1798 m, 1 ♂, manual, cultivo de café-guayaba, 19.V.2003, A Mendoza y J. Cárdenas (UNAB); Cáqueza, 4°24'30"N; 73°56'58"W, 1746 m, 1 ♂, 18.III.1995, Ivan P. (UNAB); Pacho, Pan de Azúcar, 5°07'57"N; 74°09'42"W, 1798 m, 1 ♀, sobre un tronco, 12.IV.2004, N. Robayo y J. Girón (UNAB); Guayabal de Síquima, 4°52'54"N; 74°28'59"W, 1200 m, 1 ♀, manual en café, 25.IV.2004, J. Escalante y M. Y. Romero (UNAB); Tena, Pedro-Palo, 1200-2400 m, 1 ♂, sin fecha de colección, grupo #1 (MUJ - 5926); Cachipay, Vereda Naranjal, Finca Microguaca, 1800 m, 1 ♂, jama en cítricos, 10.V.2003, C. Jerez (UNAB); Tudela, 1 ♂, 1.IV.1996, C. Díaz (FAUNIC 06, UNAB); El Trigo, 1 ♀, 12.IV.1997, Paola Serna (FAUNIC 05, UNAB); La Vega, 4°59'57"N; 74°20'23"W, 1230 m, 1 ♀, 18.VI.1996, A. Mejía (FAUNIC 08, UNAB); San Antonio, Vereda Chicaque, 4°29'06"N; 73°53'24"W, 1867 m, 1 ♀, 6.XII.1997, G. Sánchez (FAUNIC 02, UNAB); Cachipay, 1600 m, 1 ♂, bajo tronco, 5.XII.1996, C. Martínez (ICN-MHN-CO 7558, ICN); Albán, 2200 m, 2 ♂, Granjas del Padre Luna, 9.II.2000 y 24.II.2000, G. Amat (ICN-MHN-CO 7561, 7556, ICN). **Magdalena.** Santa Marta, Minca, 1 ♂, 9.IV.1977, grupo 2 (ICN-MHN-CO 2331, ICN); Santa Marta, Sierra Nevada de Santa Marta, 1 ♂, 15.II.1995, C. Sarmiento (ICN-MHN-CO 7553, ICN). **Meta.** Macarena, Caño Cabra, Río Guayabero, 1 ♀, 22.II.1969, P. Pinto (ICN-MHN-CO 2332, ICN); El Dorado, Vereda Santa Rosa, Caño Paujil, 550 m, 1 ♂, sin fecha de colecta ni colector (ICN-MHN-CO 4638, ICN); San Juan de Arama, PNN La Macarena, La Curia, Caño La Curia, 580 m, 1 ♂ y 1 ♀, manual, II.1989, F. Fernández (IAvH - 01279, 01287); Macarena, PNN Timigua, Pto. Chamuza, Río Duda, CIEM, 2°40'N; 74°10'W, 350 m, 1 ♂, 1994, M. Álvarez y A. Calixto (IAvH - 01367). **Nariño.** Barbacoas, Corregimiento Altaquer, Reserva Natural privada Río Ñambí, 1 ♀, VII.1995, sin colector (MUJ - 5922). **Norte de Santander.** Pamplona, 1 ♀, 1972, Hno. Ramón Guevara (MSL - 1854). **Quindío.** Filandia, Bremen C.R.Q., 1 ♂, reco-

lección directa, 21.IV.1998, V. Cruz *et.al.* (MUJ - 5838); Filandia, Estación Bremen C.R.Q., 1800-1900 m, 3 ♀ y 1 ♂, luz blanca en bosque de pino, en camino, manual, bosque nativo, 14-20.IV.1998, P. Maldonado, Martha Fonseca, Berrío *et al.* (MUJ CP 0159, 0158, 0328, 0162, MUJ); Circasia, 4°37'21"N; 75°38'14"W, 1805 m, 1 ♀, al vuelo, 29.V.1975, J. Carvajal (FAUNIC 01, UNAB). **Risaralda.** Pereira, 1 ♀, en suelo, 18.IX.1996, Escobar (LEUC); Ucumarí, La Suiza, 1900 m, 1 ♀, 13.V.1991, Germán Amat (MUJ - 5927); Ucumarí, La Suiza, 1995 m, 1 ♀, VIII.1992, G. Amat (MUJ - 5920). **Santander.** Charalá, Virolín, 1 ♀, 7.III.1981, sin colector (ICN-MHN-CO 5853, ICN); Virolín, carretera Duitama-Charalá, 1750 m, 1 ♀, 9.III.1981, sin colector (ICN-MHN-CO 2828, ICN); Vélez, Ciénaga. Oph., 1 ♂, L. Richter (ICN-MHN-CO 2893, ICN); S. Claver, 1 ♂, 25.X.1963, R. Cortés (MUJ - 5915); Enciso, Vereda Tierra Amarilla, 6°40'16"N; 72°42'08"W, 1580 m, 1 ♀, 22.III.1997, Gutiérrez (FAUNIC 09, UNAB); La Belleza, 2240 m, 1 ♀, alrededores del casco urbano, VI.2004, Estudiantes Colegio Juan Bosco (ICN-MHN-CO 7559, ICN); Tona, Sector el Brasil, Quebrada Brasil, 1600 m, 1 ♀, 20.VI.2004, G. Amat y Vélez (ICN-MHN-CO 7554, ICN). **Tolima.** Villahermosa, 1 ♂, XII.1941, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Villa Rica, 1 ♂, 22.IX.1997, Bustos-Mesa (UNAB). **Valle del Cauca.** Cali, 1 ♀, en arvenses, 13.II.1996, Villa (LEUC); Cali, Carretera al mar, 1 ♀, VI.1970, L. Ángel (ICN-MHN-CO 2333, ICN); Cali, Mares, Cordillera Occidental, 3 ♂ y 2 ♀, 3.VI.1968 y VII.1968, Humberto Salazar (MSL - 607, 608, 609, 1862, 1856); Palmira, Amaime, arenillo, 1100 m, 1 ♂, III.1990, J. Carana (MUSENUV - 6394); Cali, 1000 m, 1 ♀, IV.1980 (MUSENUV - 6399); PNN Farallones, El Topacio, 1800 m, 1 ♀, sin fecha de colección ni colector (MUSENUV - 6406); Alto Anchicayá, 500 m, 1 ♂, III.1983, R. Astaiza (MUSENUV - 6395); Cali, Peñas Blancas, 1500-1900 m, 1 ♂ y 2 ♀, III.1987 y 9.III.1990, J. Montealegre, L. F. Fory y H. Rubio (MUSENUV); Dagua, Queremal, 1 ♀, X.1985, Martha L. Baena (MUSENUV - 21973); Buenaventura, Central Hidroeléctrica Anchicayá, 400 m, 1 ♀, fuente de luz, 6.I.1989, Claudia A. Medina (MUSENUV); Cali, San Antonio, 2200 m, 1 ♀, Trampa de luz, 10.VI.1991, Ximena Cáceres (MUSENUV); Alto Anchicayá, 680 m, 1 ♀, vegetación, 17.IX.1997, Raúl Gallego (MUSENUV); Tuluá, Mateguadua, 1200 m, 1 ♀, trampa de luz, 22.X, M. P. Aguirre (MUSENUV); Central Hidroeléctrica Anchicayá, 300 m, 2 ♂, trampa de luz, 10.XI.1991, E. Reyes (MUSENUV); Chicoral, 1700-1800 m, 2 ♂, maleza y tronco en descomposición, 26.II.1992 y 17.XI.1992, G. Villegas y F. Lozano (MUSENUV); Bajo Anchicayá, 270 m, 1 ♂, trampa de luz, 3.IV.1992, Vicky Vélez (MUSENUV); San Antonio, 2600 m, 1 ♂, 2.X.1984, Nancy Carrejo (MUSENUV); San Antonio, Km 18, 1870 m, 1 ♂, tronco en descomposición, 1.VI.1995, A. Montoya, (MUSENUV); M. Calima, Cristalina c/Alegre, 1 ♂, luz, X.1990, C. Escobar y otros (CFPL); Málaga, B. Málaga, 1 ♂, 1991, H. A. Rodríguez (CFPL); B. Dagua, Escalarete, 1 ♂ y 3 ♀, luz, 25.XII.1990 a 15.III.1991, L. Rivas (CFPL); M. Calima, La Palmera, 2 ♂ y 1 ♀, Colecta diurna en follaje, 10-12.XI.1990, L. C. Reyes (CFPL); M. Calima, Lago Calima, 1 ♀, luz, 6.III.1987, L. C. Pardo Locarno (CFPL); M. Calima, Q. Cristalina Alta, 1 ♂, Colecta diurna en follaje, 21-28.VII.1992, varios colectores (CFPL); R. Bravo, La Palmera Var. Just, 1 ♂, 15.X.1990 a 7.XI.1990, A. Papamija (CFPL); Saladito, C. San Antonio, 1 ♂, Colecta diurna en follaje, VI.1985, L. C. Pardo Locarno leg. (CFPL). **Localidades inciertas.** sin datos

de localidad, 1 ♀, X.1947, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG); Rio Negrito, 2000 m, 1 ♂, VI.1951, F. L. Gallego (No. 8771, MFLG).

Parandra (Parandra) humboldti (Santos-Silva, 2003)

Hesperandra (Zikandra) humboldti Santos-Silva, 2003a: 123; Monné & Hovore 2006: 5 (cat.); Monné, 2006: 14 (cat.); Santos-Silva, 2007: 5, 9 (clave). Localidad-tipo: Colombia, Risaralda: Santuario Campamento (2200 m). (IAvH). *Parandra (Parandra) humboldti*; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Diagnosis. Aspecto brillante (Fig. 3A); puntuación imperceptible. Cabeza grande (tan larga como el pronoto en especímenes de tamaño promedio) (Figs. 3B y 3C). Submento con puntuación muy fina y dispersa (Fig. 3D); pilosidad escasa en la región centro-anterior, microscópica en las regiones laterales; borde anterior elevado, precedido por un surco poco profundo. Mandíbulas fuertemente falciformes y prominentes en los machos, subtriangulares en las hembras (Figs. 3B y 3C). Antenas alcanzando el borde posterior del protórax (Fig. 3E); antenómeros III-XI con el área sensorial dividida por una carena completa y alta. Pronoto liso (Fig. 3F). Metepisternos con puntuación inconspicua, cubiertos completamente de pelos evidentes, largos, y abundantes (Fig. 3G). Metaesterno liso en la región central; con puntos muy pequeños y pelos claramente visibles en las áreas adyacentes a las mesocoxas y a los metepisternos (Fig. 3H). Élitros lisos (Fig. 3I).

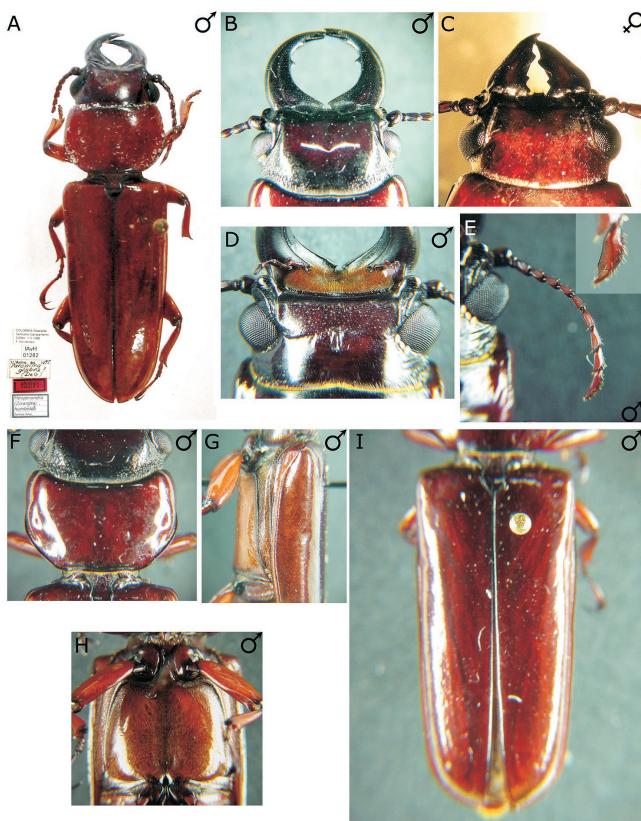


Figura 3. *Parandra (Parandra) humboldti*: A. Holotipo (IAvH 01282). B y C. Cabeza dorsal (CEUA 27114 y MUSENUV 6396). D. Cabeza ventral. E. Antena. F. Pronoto. G. Metepisternos. H. Metaesterno. I. Élitros (CEUA 27114).

Distribución. Colombia (Fig. 10B) y Ecuador.

Comentarios. Esta especie se diferencia de *P. glabra* porque los metepisternos están cubiertos de pelos largos y abundantes. En general las hembras no presentan ninguna puntuación en el submento, aunque sí algunos pelos dorados y largos. Se ha colectado en seis departamentos en Colombia, en las tres cordilleras a alturas por encima de los 500 m. Adicionalmente, Santos-Silva (2003a) registró un espécimen del Meta, depositado en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). Al igual que otras especies que poseen pilosidad abundante en los esternitos, habita principalmente regiones montañosas (Santos-Silva 2003b).

Material examinado. COLOMBIA. **Antioquia.** Andes, Corregimiento Santa Rita, Vereda La Soledad, Finca La Reina, 05°35'17,6"N; 075°55'46,0"W, 2010 m, 1 ♂, red de niebla, bosque, 2.X.2001, J. Cardona-D. (CEUA -27114); Caldas, 1750 m, 1 ♂, manual, en suelo, IX.1973, R. Vélez (No. 4508, MFLG); San Jerónimo, 1 ♂, manual en maleza, 30.IV.1986, Patricia Duque V. (No. 4508, MFLG); Caicedo, Vereda La Noque, 2200 m, 1 ♂, manual, V.2009, L. M. Urrea (CEUA - 44577); Medellín, Corregimiento de San Cristóbal, Vereda La Palma, 3 ♂, manual, III.2008, G. Marín (CEUA - 44564, 44565, 44566). **Boyacá.** Bravita, 2 ♂, 25.V.1972, Hno. Antonio Camilo (MSL - 1953, 1864). **Caldas:** Palestina, Vereda Santagueda, 1 ♂, en arveses, 18.XII.1978, Bolaños (LEUC). **Huila:** Gigante, 4 ♂ y 1 ♀, directa, 16.X.1993, Héctor Bonilla (CFPL). **Valle del Cauca.** Corregimiento La Horqueta, 2000 m, 1 ♀, suelo, 14.III.1994, F. López (MUSENUV - 6396); Km 18 al mar, 1800 m, 1 ♀, tronco de árbol, 24.I, J. Castillo (MUSENUV - 6397); Peñas Blancas, 1500 m, 1 ♂, III.1993, M. R. Manzano (MUSENUV - 6398); Antena TV, 2030 m, 1 ♀, IV.1978, Alberto Gómez (MUSENUV); La Cumbre, Dapa Chicoral Alto, 1970 m, 2 ♀, tronco en descomposición, 6.V.1989, Yolanda Gutiérrez (MUSENUV); San Antonio, Antena, 2100 m, 1 ♀, 27.III.1998, F. Molano (MUSENUV - 21971); Cali, Pance, El Topacio, 2000 m, 1 ♂, barrido con jama, IV.1990, F. Escobar I. (MUSENUV - 21969); La Cumbre, Dapa Chicoral Alto, 1970 m, 1 ♂, tronco en descomposición, 6.V.1989, A. M. Astudillo (MUSENUV - 21972); Ca Saladito, 1800 m, 1 ♂, V.1976, sin colector (MUSENUV); Ca Cali, PNN Farallones, 2200 m, 1 ♂, tronco en descomposición, 17.IV.1990, Pablo E. Ruiz (MUSENUV - 21970); San Antonio, Jamundí, 1 ♀, 7.III.1983, L. C. Pardo Locarno (CFPL); Ca Saladito, C. San Antonio, 3 ♂ y 1 ♀, Colecta diurna en follaje, 1990 y V.1985, L. C. Pardo Locarno (CFPL); M. Calima, La Palmera, 1 ♂ y 2 ♀, Colecta diurna en follaje, 10-12.XI.1990, L. C. Reyes (CFPL). **Risaralda.** Santuario, Campamento, 2200 m, HOLOTIPO 1 ♂, 1.III.1990, F. Fernández (IAvH - 01282).

Parandra (Tavandra) Santos-Silva, 2003

Hesperandra (Tavandra) Santos-Silva, 2003a: 125; Monné & Hovore, 2006: 4 (cat.); Monné, 2006: 10 (cat.).

Parandra (Tavandra); Santos-Silva & Shute, 2009: 31.

Especie-tipo. *Parandra longicollis* Thomson, 1861 (designación original).

Proyección del borde ocular posterior sobresaliente. Submento deprimido principalmente en los machos, con pelos

conspicuos que pueden ser abundantes, puntuación gruesa (puede estar anastomosada), margen anterior no elevado en los machos, delgado y elevado en las hembras. Carena ventral de las genas delgada y elevada, generalmente como consecuencia de la depresión del submento. Área sensorial de los antenómeros III-XI, dividida por una carena.

Clave para las especies de *Parandra (Tavandra)* presentes en Colombia

1. Metepisternos con pelos evidentes y concentrados (Fig. 5G) 2
- Metepisternos glabros o con pelos dispersos (Fig. 6D) 4
- 2(1). Metaesternos con pilosidad menos concentrada que en los metepisternos (pelos un poco más abundantes en la parte anterior, cerca a las mesocoxas y metepisternos). Ápice del labro agudo..... *P. (Tavandra) villei* Lameere, 1885
 - Metaesternos con pilosidad igual a los metepisternos. Ápice del labro redondeado..... 3
 - 3(2). Puntuación elítral gruesa (Fig. 4H). Diente del margen interno de las mandíbulas de los machos con el ápice redondeado, localizado en la mitad apical..... *P. (Tavandra) colombica* White, 1853
 - Puntuación elítral fina (Fig. 5I). Diente del margen interno de las mandíbulas de los machos con el ápice agudo, localizado en el medio..... *P. (Tavandra) scaritoides* Thomson, 1861
 - 4(1). Dientes del margen interno de las mandíbulas de los machos, localizados en el medio o un poco hacia la base (Fig. 6A); margen interno de las mandíbulas de las hembras cóncavo..... *P. (Tavandra) polita* Say, 1835
 - Dientes del margen interno de las mandíbulas de los machos, localizados en el tercio apical; margen interno de las mandíbulas de las hembras, con una concavidad en el centro *P. (Tavandra) longicollis* Thomson, 1861

Parandra (Tavandra) villei Lameere, 1885

Parandra villei Lameere, 1885a: xi. Localidad-tipo: Ecuador (ISNB, SMTD, BMNH).

Parandra (Tavandra) villei; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Hesperandra (Tavandra) villei; Monné, 2006: 12 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 4 (cat.).

Diagnosis. Color del tegumento castaño o castaño claro. Cabeza grande (tan larga como el pronoto en machos grandes, un poco más corta en machos pequeños y hembras). Submento con puntos gruesos y anastomosados; margen anterior no elevado. Mandíbulas claramente aguzadas hacia el ápice; diente del margen interno localizado en el medio. Protórax del macho levemente transversal, a veces suavemente subcuadrado; en la hembra más transversal. Metaesterno glabro y liso. Metepisternos con pelos dispersos. Élitros finamente punteados.

Distribución. Colombia (Fig. 10C), Ecuador, Perú y Venezuela.

Comentarios. De acuerdo con Arigony (1970) existen 18 síntipos: 13 ♂ y 5 ♀, y de esos, 11 machos y 5 hembras estarían depositados en el ISNB, un macho en el SMTD y un macho en el BMNH. Adicionalmente Arigony (1970) afirmó

que designó el lectotípico y paralectotípicos de la serie sintípica, de ejemplares rotulados con “Type” o “Ex-Typis”, algunos con etiquetas manuscritas de Lameere. Escogió como lectotípico el macho en mejor estado de preservación, con el rótulo manuscrito que lo designa como “Type” y los demás quedaron rotulados como paralectotípicos (Arigony 1970). Aunque Arigony (1970) no mencionó la institución depositaria del lectotípico, la designación es conforme a la segunda versión del ICBN (1964) válido en la época.

Sobre la institución todavía caben algunos comentarios: Lameere (1885a) escribió: “Typi in Mus. reg. Belg. atque nostro, ♂ ♀”. No sabemos cuántos ejemplares pertenecían originalmente a la colección Lameere, ni dónde están realmente depositados. Aunque Arigony (1970) señaló que había sintipos del SMTD y del BMNH, no mencionó que revisó material de éstas instituciones: “Este trabalho tem por objetivo ampliar a descrição original de *Parandra (Archandra) villei* Lameere, 1885, com base na série sintípica, recebida por referência de R. Damoiseau do Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique”. Damoiseau y Cools (1987) en su lista de tipos del ISNB escribieron: “Lectotype & 14 paralectotypes, (6), Equateur: E. de Ville, 1871; designes par T. Arigony, 1970, Rev. Bras. Ent. 14(8): 58”. Aunque especifican dónde está depositado el “lectotípico”, las cantidades de “paralectotípicos” no concuerdan: de acuerdo con Arigony (1970), el total depositado en el ISNB es 16 tipos, por lo tanto serían 15 “paralectotípicos”; adicionalmente The Natural History Museum de Londres, corrobora que hay un tipo depositado en dicha institución (Pitkin 2003).

Por otro lado, Rosales (1966) estudió dos machos que consideró erróneamente *Parandra (Archandra) villei*. A pesar de la descripción detallada y la fotografía que presentó, no es posible determinar la especie a la cual se refiere, que difiere de *P. (T.) villei* porque el diente del margen interno de la mandíbula es pequeño y los metepisternos son glabros [aunque Rosales (1966) no afirmó que eran glabros, inferimos que los son dado que sus descripciones eran muy detalladas y en este caso no especificó algo diferente]. En *Parandra villei* el diente del margen interno es bien desarrollado y los metepisternos tienen pilosidad dispersa y evidente.

Arigony (1970) escribió que el margen interno de las mandíbulas tenía pelos en la base hasta el primer diente, que es pequeño y se encuentra más allá del medio. Sin embargo, el macho que examinamos y las fotografías de uno de los sintipos machos presentadas por Arigony (1970), muestran claramente que el diente es bien desarrollado. Posteriormente, Arigony (1978) afirmó haber examinado un macho proveniente de Venezuela y dos machos de Colombia, citando: “COLÔMBIA, Antioquia: Medellín. 1 ♂ (MNHN). Caldas: Manizales. 1 ♂ (MNHN)”. Es probable que la especie realmente esté presente en Colombia.

Material examinado. ECUADOR. Napo. Baeza (2000m), 1 ♂, III.1979, M. Kaulbars col. (MZSP); Provincia (?): Santo Domingo [existen varias localidades con ese nombre en Ecuador (Falling Rain Genomics 1996-2006)], 1 ♀, II.1965, Peña col. (MZSP).

Parandra (Tavandra) colombica White, 1853

Parandra colombica White, 1853: 3. Localidad-tipo: Colombia. (BMNH).

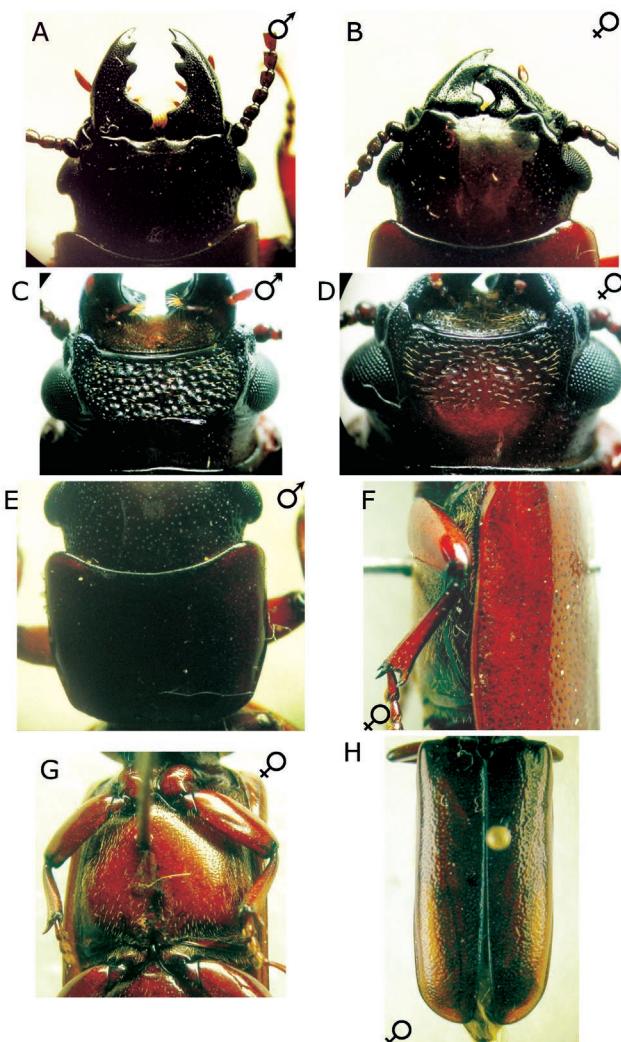


Figura 4. *Parandra (Tavandra) colombica*: A y B. Cabeza dorsal (IAvH 01365 y 01284). C y D. Cabeza ventral (IAvH 01365 y 01284). E. Pronoto (IAvH 01365). F y G. Metepisternos y metaesterno (IAvH 01284). H. Élitros (ICN-MHN-CO 6298).

Parandra (Tavandra) colombica; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Hesperandra (Tavandra) colombica; Martínez, 2000: 83 (distr.); Monné, 2006: 11 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 4 (cat.).

Parandra Gyllenhalii Thomson, 1867: 110. Localidad-tipo: Venezuela. (MNHN).

Diagnosis. Cabeza mediana (más corta que el pronoto en especímenes de tamaño promedio), con puntos relativamente finos y poco concentrados (Figs. 4A y 4B). Submento con puntos gruesos y anastomosados (en las hembras pueden ser un poco más dispersos), con pelos abundantes, más concentrados en dirección a las genas (Figs. 4C y 4D). Mandíbulas de los machos con diente del margen interno grande, de ápice redondeado y localizado en el tercio basal (aunque puede estar cerca de la región central) (Fig. 4A); en las hembras (Fig. 4B). Protórax subcuadrado (Fig. 4E) (en la parte anterior, puede ser un poco más ancho que el largo total, y un poco estrechado hacia la parte posterior, dando la apariencia de ser trapezoidal). Metepisternos con pilosidad abundante

y conspicua (Fig. 4F). Metaesterno con pilosidad similar al metepisterno en las regiones laterales, desprovisto de pelos en la región central (Fig. 4G). Élitros con puntuación muy gruesa (Fig. 4H).

Distribución. Colombia (Fig. 10B), Ecuador y Venezuela.

Comentarios. Esta especie se distingue de *Parandra scaritoides* Thomson, 1861 por la puntuación elital más gruesa, la forma de las mandíbulas que no se angostan abruptamente hacia el ápice, el diente medio de las mandíbulas redondeado y la forma del pronoto en los machos, subcuadrado en *P. colombica* (aproximadamente tan ancho como largo) y transversal en *P. scaritoides* (un poco más ancho que largo).

Aunque las hembras de *P. colombica* y *P. scaritoides* no son fácilmente distinguibles, la puntuación elital en las hembras de *P. colombica* es tan gruesa y abundante como en los machos, mientras que en *P. scaritoides* la puntuación es dispersa, más fina y rasa. Además en *P. scaritoides* los márgenes laterales del pronoto son paralelos en toda su extensión, mientras que en *P. colombica* son suavemente divergentes hacia la región anterior. Por otro lado, en *P. colombica* algunas hembras pueden presentar pelos cortos restringidos a la región lateral del submento (contiguos a la carena ventral de las genas).

Aunque existe un registro de esta especie para Nicaragua (Bates 1872), el estudio de una gran cantidad de parandrinos de Centroamérica por Santos-Silva, no ha revelado la presencia de esta especie en esa área. Aunque Arigony (1978) registró esta especie para los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca y Valle del Cauca en Colombia, en 1978 *P. scaritoides* estaba bajo sinonimia de *P. colombica*. En las colecciones colombianas sólo se encontraron especímenes de *P. colombica* recolectados en Boyacá y Huila.

Material examinado. COLOMBIA. Boyacá. Arcabuco, 2600 m, 1 ♀, 11.V.1996, J. C. Mendoza (ICN-MHN-CO 4655, ICN); Villa de Leyva, 5°38'19"N; 73°31'42"W, 2200 m, 1 ♀, manual en calle del pueblo, 11.II.1999, C. Martínez (IAvH - 01910); Villa de Leyva, 5°38'N; 73°31'W, 2200 m, 1 ♂, luz pueblo, 10.X.1996, F. Fernández (IAvH - 01365); Villa de Leyva, 2200 m, 1 ♀, XI.1996, M. Baena (IAvH - 01284); SFF Iguaque, vía Carrizal, 2550 m, 1 ♂, manual en robledal en camino, sin fecha de colecta, Trujillo D. (ICN-MHN-CO 7562, ICN). Huila. Algeciras, El Paraíso, Termópolis, 2200 m, 1 ♀, II.1999, D. Trujillo (ICN-MHN-CO 6298, ICN); Gigante, directa, 16.X.1993, Héctor Bonilla (CFPL).

Parandra (Tavandra) scaritoides Thomson, 1861

Parandra scaritoides Thomson, 1861b: 82. Localidad-tipo: Colombia, Cartagena. (MNHN).

Parandra (Tavandra) scaritoides; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Hesperandra (Tavandra) scaritoides; Monné, 2006: 12 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 4 (cat.).

Diagnosis. Cabeza grande (tan larga como el pronoto en especímenes de tamaño promedio) (Figs. 5A-5C). Frente con puntos muy pequeños y dispersos; vértex convexo con puntos pequeños, un poco mayores que los de la frente e igualmente dispersos. Submento con el margen anterior plano, glabro y sin puntuación, o suavemente elevado y con puntos pequeños

y dispersos (Fig. 5C). Mandíbulas de los machos con diente del margen interno grande, agudo y localizado aproximadamente en el medio (Fig. 5D); en las hembras con una fuerte invaginación en el margen interno (Fig. 5E). Área sensorial de los antenómeros con carena sobresaliente; antenómeros II-XI con pelos cortos en el área ventro-apical, y V-X con algunos pelos cortos dorsales. Protórax transversal (levemente más ancho que largo) (Fig. 5F). Pronoto con puntos pequeños y dispersos en el área central, más concentrados en las regiones laterales. Metepisternos con pilosidad abundante y conspicua (Fig. 5G). Metaesterno con puntos y pelos similares al metepisterno en las regiones laterales, desprovisto de pelos en la región central (Fig. 5H). Abdomen con tubérculos pequeños de los cuales emerge un pelo. Élitros con puntos pequeños, conspicuos y concentrados (Fig. 5I). Tibias dilatadas apicalmente.

Distribución. Colombia (Fig. 10B).

Comentarios. Esta especie fue colocada bajo sinonimia de *P. colombica* por Lameere (1902), quien se basó únicamente en la descripción sucinta de Thomson (1861b) y no revisó los tipos que actualmente se encuentran en el MNHN. Santos-Silva (2003b) revalidó la especie presentando una serie de caracteres que la diferencian de *P. colombica*: *Parandra scaritoides* posee puntuación elital más fina, el ápice del diente del margen interno de las mandíbulas agudo, la forma de las

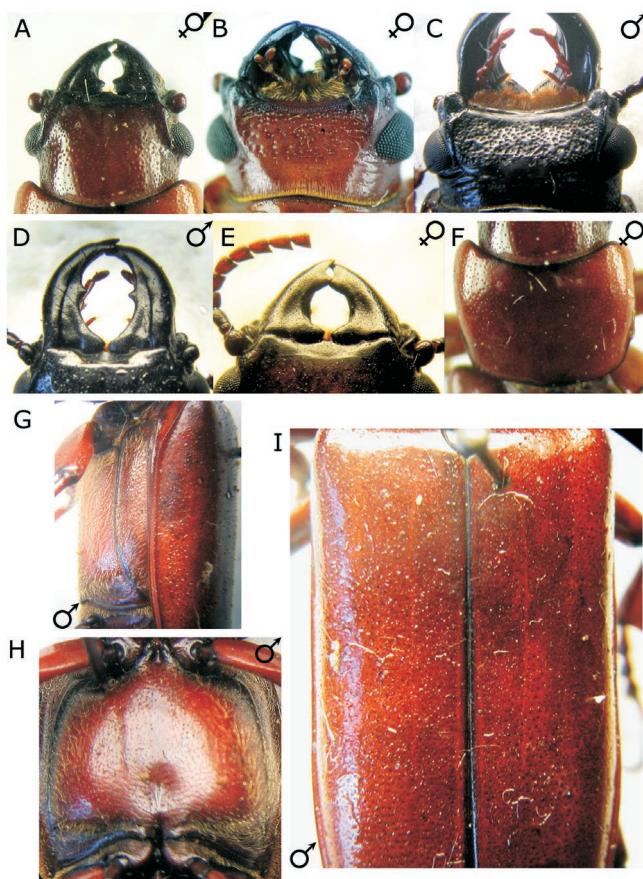


Figura 5. *Parandra (Tavandra) scaritoides*: A. Cabeza dorsal (ICN-MHNCO 2339); B y C. Cabeza ventral (ICN-MHN-CO 2339 y UNAB); D y E. Mandíbulas (UNAB); F. Pronoto (ICN-MHN-CO 2339); G. Metepisterno; H. Metaesterno; I. Élitros (UNAB).

tibias un poco dilatada apicalmente y el pronoto transversal con márgenes laterales paralelos. La puntuación del submanto varía y generalmente es más fina en las hembras. Igualmente el grado de protuberancia del borde ocular posterior puede variar.

Aunque Bates (1879) registró *P. scaritoides* para Nicaragua, Santos-Silva, a pesar de haber estudiado una gran cantidad de especímenes de Centroamérica, sólo ha revisado ejemplares provenientes de Colombia.

Biología. Mendoza (com. pers.) colectó uno de los especímenes examinados bajo la corteza de un sauce (*Salix* sp.), mientras se alimentaba de la madera en un árbol que aún se encontraba en pie (con algunas ramas y hojas verdes).

Material examinado. COLOMBIA. Boyacá. Paipa, La Pradera, 2650 m, 1 ♀, 2.XII.1978, Z. Arévalo G. S. (ICN-MHNCO 2986, ICN); Chiquinquirá, 1 ♀, 13.II.1969, J. Norato R. (ICN-MHN-CO 2339, ICN); Guacamayas, cerca de la cabecera municipal, 1 ♂, en un tronco de Sauce, de una galería, sin fecha de colección, G. Mendoza (GMIC); Otanche, 1 ♂, sin fecha de colecta ni colector (MSL - 1858); Chita, 1 ♂, 20.II.1993, L. Lizárazo (UNAB). Cundinamarca. Une, Vereda Combura, 2600 m, 1 ♀, manual en cultivo de hortalizas, 27.X.2002, sin colector (UNAB). Magdalena. Fundación, Finca "El Paraíso", 10°31'N; 74°11'W, 45 m, 1 ♀, jama en pastos, 14.I.2004, A. Osorio (UNAB). Norte de Santander. Pamplona, 4 ♂, Páramo, sin fecha de colecta ni colector (MSL - 1861, 1865, 1863, 1855); Pamplona, 5 ♂ y 2 ♀, sin fecha de colecta ni colector (MSL - 1848, 1849, 1857, 1859, 1867, 1850, 1852). Valle del Cauca. San Antonio, 2600 m, 1 ♂, fuente de luz, 7.IV.1997, T. Lozano (MUSENUV - 7951); Km 12, 1100 m, 1 ♀, 1975, sin colector (MUSENUV - 6405); San Antonio, 1800 m, 1 ♀, 10.VII.1988, B. Quesada (MUSENUV).

Parandra (Tavandra) polita Say, 1835

Parandra polita Say, 1835: 192; Yanega, 1996: 25; Jeniš, 2001: 19. Localidad-tipo: Estados Unidos, Indiana. (Institución depositaria desconocida).

Parandra (Tavandra) polita; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.)

Hesperandra (Tavandra) polita; Monné, 2006: 11 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 4 (cat.).

Parandra cylindrica Thomson, 1861b: 82. Localidad-tipo: México. (MNHN).

Diagnosis. Cuerpo subrectangular (con los lados fuertemente paralelos). Cabeza pequeña (más corta que el pronoto en especímenes de tamaño promedio), con puntuación débil (puntos pequeños y rasos) y homogénea dorsalmente (Fig. 6A). Submanto con puntuación gruesa (Fig. 6B). Mandíbulas en los machos con puntuación más fina y concentrada que en la cabeza (Fig. 6A); diente del margen interno de las mandíbulas conspicuo, localizado cerca al medio o un poco más hacia la base; margen interno de las mandíbulas de las hembras cóncavo. Protórax sin puntos, se estrecha gradualmente hacia la parte posterior (Fig. 6C). Metepisterno glabro, con puntos finos y dispersos (Fig. 6D). Metaesterno glabro y sin puntuación (Fig. 6E). Élitros con puntuación diminuta (Fig. 6F).

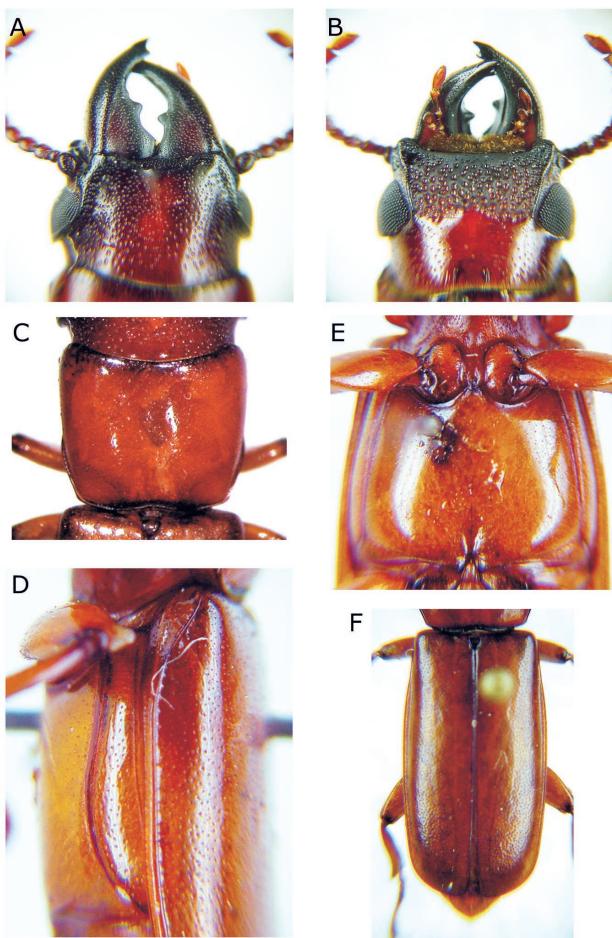


Figura 6. *Parandra (Tavandra) polita*, macho (CEUA 36694): A. Cabeza dorsal. B. Cabeza ventral. C. Pronoto. D. Metepisterno. E. Metaesterno. F. Élitros.

Distribución. Estados Unidos, México, Centroamérica, Guyana, Colombia (Fig. 10C), Ecuador, Perú, Bolivia, e Inglaterra (introducida) (Santos-Silva 2003a).

Comentarios. *Parandra polita* es una especie de amplia distribución, sin embargo en las colecciones del país sólo se halló un ejemplar colectado en la costa pacífica a una altura inferior a 100 m. Adicionalmente Arigony (1978) registró un ejemplar de Medellín (♀) que se encuentra depositado en el MNHN.

Material examinado. COLOMBIA. Chocó. Nuquí, Jurubidá, 1 ♂, manual intradomicilio, 6.VI.1994, J. Zuluaga (CEUA - 36694).

Acutandra Santos-Silva, 2002

Acutandra Santos-Silva, 2002: 49; Monné, 2006: 15 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 8 (cat.)

Especie-tipo - *Parandra punctatissima* Thomson, 1861 (designación original).

Cabeza mediana, transversal o suavemente longitudinal; borde ocular posterior generalmente sobresaliente. Mandíbulas poco desarrolladas, subtriangulares, túmidas en la cara externa, semejantes en los dos sexos. Ápice del labro delgado y acuminado, semejante en ambos sexos. Área sensorial

dorsal del antenómero XI clara o débilmente delimitada. Área sensorial ventral de los antenómeros III-XI entera o dividida por una carena. Pronoto moderada o fuertemente punteado; borde anterior del pronoto, en general, fuertemente sinuoso en ambos sexos. Élitros con puntuación fuerte y concentrada. Metaesterno y metepisternos glabros. Cavidades coxales anteriores abiertas en la parte posterior. Paroniquio desarrollado.

Todas las especies de este género se distribuyen en Suramérica.

Acutandra ubitiara (Santos-Silva y Martins, 2000)

Parandra (Parandra) ubitiara Santos-Silva y Martins, 2000: 167. Localidad-tipo: Colombia, Chocó, Bajo San Juan (CPFL).

Acutandra ubitiara; Monné, 2006: 9 (cat.).

Acutandra punctatissima; Santos-Silva, 2002: 51, fig. 52 (error).

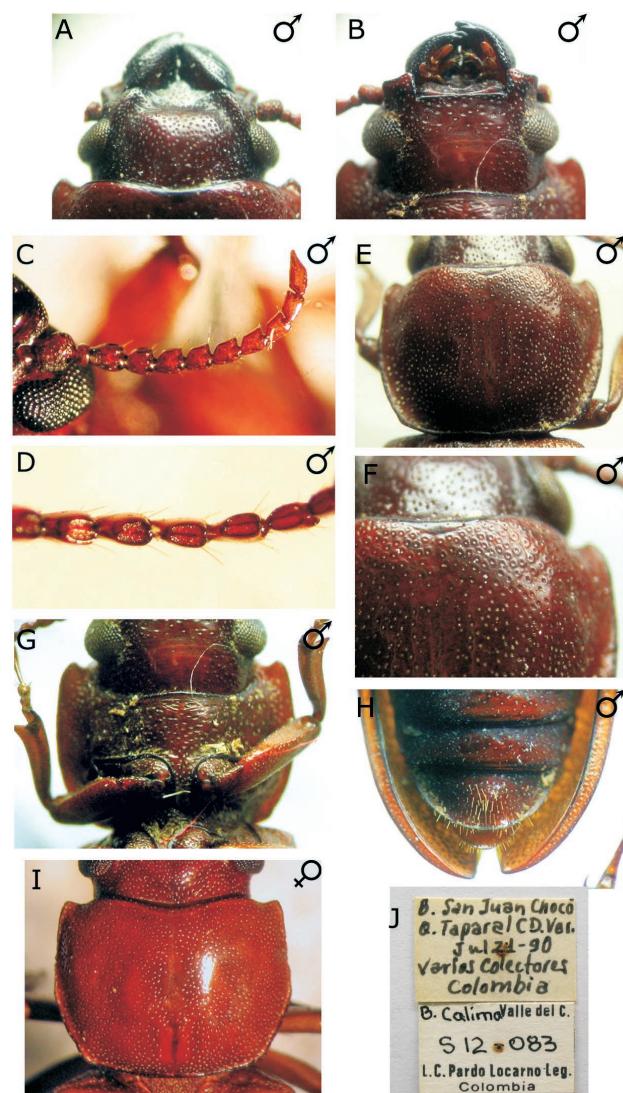


Figura 7. *Acutandra ubitiara*: A. Cabeza dorsal. B. Cabeza ventral (IAvH - 01364). C y D. Antena y área sensorial de los antenómeros (MUSENUV - 21966). E y F. Pronoto y escultura del pronoto (IAvH - 01364). G y H. Proesterno y urosternitos (IAvH - 01364). I. Pronoto (LCPL). J. Etiqueta de uno de los especímenes colectados junto con el holotipo de *A. ubitiara*.

Diagnosis. Macho: cabeza mediana (tan larga como la mitad de la longitud del pronoto en especímenes de tamaño promedio), borde anterior oscurecido (Fig. 7A); frente glabra con puntos gruesos. Submento con puntos dispersos, sin puntos en la región posterior (Fig. 7B). Ojos grandes. Antenas con el área sensorial de los antenómeros III a XI dividida por una carena longitudinal baja (Figs. 7C y 7D). Pronoto convexo, levemente transversal (Fig. 7E); borde anterior fuertemente sinuoso; región anterior con círculos irregulares en relieve, cada uno con una depresión central puntiforme (escultura más acentuada en la región latero-anterior), área centro-anterior sin círculos (Fig. 7F); ángulos posteriores obtusos. Proesterno glabro, con puntos mayores en la región lateral; área central cerca del borde anterior ligeramente arrugada (Fig. 7G). Urosternitos I a IV glabros, puntos gruesos más concentrados en las áreas laterales (Fig. 7H). Élitros con puntos gruesos irregularmente distribuidos. Hembra. Similar al macho pero sin la escultura de círculos en relieve en la parte anterior del pronoto (Fig. 7I).

Distribución. Colombia (Fig. 10C).

Comentarios. Aunque *Acutandra ubitiara* sólo se conoce para unas pocas localidades en la región Pacífica de Colombia, es probable que se encuentre en otras regiones del suroccidente del país. En la descripción Santos-Silva y Martins (2000) reportan que el holotipo está depositado en el Museo de Ciencias Naturales de Cali y que fue enviado en 1991 por Luis Carlos Pardo Locarno para su identificación. Sin embargo la institución depositaria del holotipo realmente es CFPL que se encuentra en Palmira, Valle.

Por otro lado la localidad típica registrada en la descripción es: “Colômbia, Valle del Cauca: Bajo Calima, L.C. Pardo Locarno col., ‘S12-083’”. Pardo Locarno (com. pers.) dice que todos los individuos de *Acutandra* que están en CFPL fueron colectados por él y sus compañeros durante un proyecto en la región de Calima (Valle del Cauca y Chocó). El código que aparecía en la etiqueta del holotipo (S12-083) también estaba en las etiquetas de los otros especímenes de *Acutandra*, los cuales además tenían dos etiquetas (Fig. 7J) (aunque el holotipo y el paratipo sólo tenían una etiqueta con los datos que constan en la descripción original). Los especímenes con este código se colectaron durante la “salida 12 del proyecto Coleópteros del Calima (COLCIENCIAS-IN-CIVA) realizada al Bajo San Juan, Chocó” (Pardo Locarno com. pers.). De acuerdo con Pardo Locarno el dato correcto de localidad y en consecuencia la localidad típica es: COLOMBIA, Chocó, Bajo San Juan, Julio de 1990, L.C. Pardo Locarno leg. (CPFL).

Por otro lado, sólo se conocían tres especímenes de *A. ubitiara*: el holotipo depositado en CFPL, un paratipo depositado en MZSP y un espécimen que Santos-Silva (2002) reportó depositado en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. Este último en realidad pertenece al IAvH y la localidad registrada en la etiqueta no es “**Valle del Cauca**” sino: ‘Cauca, I.[Isla] Gorgona, Sendero Yundigua, 40 m’, siendo el primer registro de un Parandrinae para esta isla del Pacífico colombiano.

La hembra registrada por Santos-Silva (2002: Fig. 52) como *A. punctatissima* realmente corresponde a la hembra de *A. ubitiara* y difiere de ésta principalmente por la forma de los ángulos posteriores del pronoto. Aunque todos los ejemplares conocidos de *A. ubitiara* eran machos, en CFPL revis-

samos tres hembras de *Acutandra* colectadas junto con los machos de *A. ubitiara* de esa colección; éstas corresponden a la hembra de esta especie y sólo difieren de los machos por la ausencia de la escultura pronotal característica de éstos. Por otro lado, la hembra listada abajo, procedente de Riosucio (Chocó), posee tegumento claramente más oscuro en comparación con las hembras de la Colección CFLP.

Material examinado. COLOMBIA. **Cauca.** Guapi, Isla de Gorgona, Sendero Yundigua, 40 m, 1 ♂, 17.XI.1990, M. Baeza (IAvH). **Chocó.** Riosucio, Caño Seco, 1 ♀, 26.III.1999, Carlos Sierra (ICN-MHN-CO 7555, ICN); B. San Juan (Togoromá), 1 ♂, colecta diurna en follaje, 22.VII.1990, L. C. Pardo Locarno (CFPL); B. San Juan (Q. Taparal Var.), 1 ♂ y 1 ♀, colecta diurna en follaje, 21.VII.1990, varios colectores (CFPL); (Taparal), 1 ♀, Colecta diurna en follaje, 23.VII.1990, L. C. Pardo Locarno (CFPL); Bajo San Juan (Docordó), 1 ♂ y 1 ♀, colecta diurna en follaje, 23.VII.1990, L. C. Pardo Locarno (CFPL); Bajo San Juan, HOLOTIPO 1 ♂ VII.1990, L. C. Pardo Locarno leg. (CFPL). **Valle del Cauca.** Bajo Anchicayá, 400 m, 1 ♂, II.1985, M. E. Burbano T. (MUSENUV).

Birandra Santos-Silva, 2002

Parandra (Birandra) Santos-Silva, 2002: 47; Monné, 2006: 5 (cat.).
Parandra; Monné, 2006: 15 (cat.); Bousquet, 2008: 620.

Espécie-tipo. *Parandra punctata* White, 1853, designación original.

Cuerpo corto, poco convexo. Cabeza grande (Figs. 1D y 1E). Cavidades coxales anteriores abiertas posteriormente (Fig. 1F). Mandíbulas grandes y falciformes en los machos *major* (Fig. 1D), cortas y no falciformes en los machos *minor* y en las hembras (Fig. 1E). Ápice del labro truncado en los machos (Fig. 1D), agudo en las hembras (Fig. 1E). Área sensorial dorsal del antenómero XI bien delimitada. Élitros puntuados. Paroniquio tarsal con una seta.

Birandra (Yvesandra) Santos-Silva & Shute, 2009

Parandra (Parandra); Monné, 2006: 16 (cat.).
Parandra (Yvesandra) Santos-Silva & Shute, 2009: 24, 31.

Área sensorial del antenómero III-XI dividida por una carena que va desde la base hasta el ápice [a excepción de *Birandra (Yvesandra) tavakilianii* (Santos-Silva, 2002), donde la carena está presente sólo en el antenómero XI, y es incompleta].

Birandra (Yvesandra) antioquensis (Cardona-Duque et al., 2007)

Parandra (Parandra) antioquensis Cardona-Duque et al., 2007: 40.

Birandra (Yvesandra) antioquensis; Santos-Silva & Shute, 2009: 32 (comb. nov.).

Diagnosis. Hembra (Fig. 8A): Cabeza pequeña (mas corta que el pronoto) con puntos gruesos y abundantes (Fig. 8B). Submento glabro, con puntos gruesos más concentrados

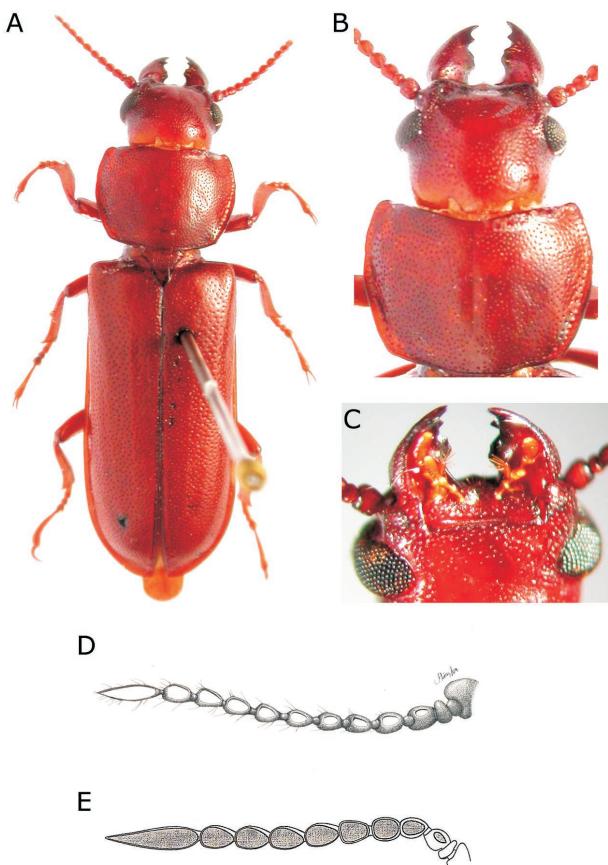


Figura 8. *Birandra (Yvesandra) antioquensis*, hembra, holotipo (CEUA 12428): A. Cuerpo. B. Cabeza y pronoto. C. Submenton; D. *Birandra (Birandra) punctata*, antena. E. *Birandra (Birandra) silvaini*, antena (Tavakilian 2000).

hacia la región anterior (Fig. 8C). Mandíbulas con dientes anchos en la margen interna. Ojos pequeños, un poco sobre-salientes. Antenas un poco más largas que la longitud del protórax. Protórax transversal, margen anterior suavemente sinuoso (Fig. 8B); ángulos anteriores agudos, ángulos posteriores obtusos; pronoto con puntos gruesos y abundantes; márgenes laterales del pronoto curvados hacia arriba. Metaesterno con puntos gruesos y dispersos en las áreas laterales, finos en la región central. Metepisterno con puntos gruesos y dispersos. Élitros con puntos gruesos, abundantes y concentrados.

Distribución. Colombia (Fig. 10C).

Comentarios. Es la primera especie del subgénero *Birandra* (*Yvesandra*) registrada para Suramérica, las demás se distribuye en Centroamérica y Las Antillas. Esta se asemeja principalmente a *Birandra pinchoni* (Villiers, 1979) pero difiere de ésta porque en *B. pinchoni* los ángulos posteriores del pronoto sobresalen en ángulo casi recto, y porque la carena del área sensorial de los antenómeros III-IV es ausente en *B. pinchoni*.

Material examinado. COLOMBIA. Antioquia. Granada, HOLOTIPO 1 ♀, III.1998, M. Londoño col. (CEUA 12428).

Birandra (Birandra) Santos-Silva, 2002

Parandra (Birandra) Santos-Silva, 2002: 47; Monné, 2006: 17 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 5 (cat.).

Birandra (Birandra); Santos-Silva & Shute, 2009: 24, 31.

Especie-tipo - *Parandra punctata* White, 1853 (designación original).

Área sensorial del antenómero XI completa (no dividida por carena) (Fig. 8D).

Con excepción de *Birandra (Birandra) mariahelenae* (Santos-Silva, 2002), todas las especies están presentes en Suramérica.

Clave para las especies de *Birandra (Birandra)* presentes en Colombia

1. Élitros con puntos finos en los dos sexos; ángulos anteriores del pronoto redondeados; margen anterior del pronoto recta o subrecta (Fig. 9A). Colombia y Venezuela.....

B. (Birandra) lucanoides (Thomson, 1861)

– Élitros con puntos gruesos en los dos sexos; ángulos anteriores del pronoto salientes y aguzados; margen anterior del pronoto suavemente cóncava en los machos, variable en las hembras

2

2(1). Protórax fuertemente transversal en los dos sexos (Fig. 9J); ápice de las mandíbulas de los machos bíido, no alargado; margen interna de la mandíbula de los machos con un diente grande entre la base y el medio y uno pequeño entre el medio y el ápice (Fig. 9I); margen interna de la mandíbula de las hembras con entrada acentuada cerca al ápice. Colombia, Trinidad y Tobago, Guyana Francesa, Brasil (Amapá), Perú y Bolivia.....*B. (Birandra) silvaini* (Tavakilian, 2000).

– Protórax transversal en los dos sexos (Figs. 9E y 9F); ápice de las mandíbulas de los machos trífido, alargado; margen interna de la mandíbula de los machos con un diente pequeño aproximadamente en el medio (Fig. 9C); margen interna de la mandíbula de las hembras sin entrada marcada cerca al ápice. Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú*B. (Birandra) punctata* (White, 1853).

Birandra (Birandra) lucanoides (Thomson, 1861)

Parandra lucanoides Thomson, 1861b: 85. Localidad-tipo: Colombia. (MNHN).

Parandra (Birandra) lucanoides; Monné, 2006: 17 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 5 (cat.).

Birandra (Birandra) lucanoides; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Diagnosis. Cabeza mediana (un poco más corta que el pronoto, castaño oscuro en el sintipo macho), puntos nítidos en el área próxima a los ojos, más dispersos en dirección al centro. Submentón con puntos gruesos. Protórax transversal, más estrecho en la base (Fig. 9A). Disco del pronoto con puntuación fina y dispersa; borde anterior recto o subrecto; ángulos anteriores redondeados. Metaesterno glabro, con puntuación fina y dispersa en los lados. Metepisternos glabros, con puntuación similar a aquella del metaesterno. Élitros con puntuación muy fina y dispersa.

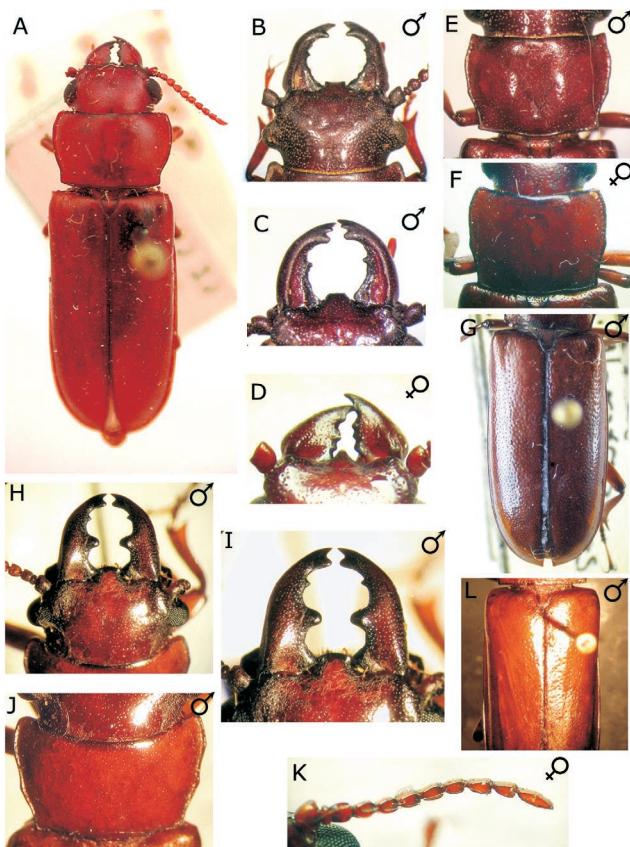


Figura 9. A. *Birandra (Birandra) lucanoides*, sintipo hembra (foto G. L. Tavakilian). *Birandra (Birandra) punctata*: B. Cabeza (CEUA 24986). C y D. Mandíbulas (CEUA 27302 y ICN-MHN-CO 2338). E y F. Pronoto (CEUA 27298 y ICN-MHN-CO 2338). G. Élitros (ICN-MHN-CO 6297). *Birandra (Birandra) silvaini*: H e I. Cabeza y mandíbulas (MUSENUV 21965). J. Pronoto (MUSENUV 21965). K. Antena (IAvH 01366). L. Élitros (MUSENUV 21965).

Distribución. Colombia y Venezuela.

Comentarios. No examinamos ejemplares de esa especie, entonces basamos la diagnosis en las fotografías de tres sintipos (dos machos y una hembra), la descripción original y las redescripciones.

Rosales (1966) afirmó erróneamente que la especie fue descrita de Venezuela y aunque Thomson (1861b) registró: "Nov. Granata", la única especie formalmente descrita de Venezuela, fue *Parandra gyllenhalii* Thomson, 1867, que actualmente está en sinonimia de *Parandra (Tavandra) colombica*. Hasta 1810 el territorio que hoy corresponde a Colombia comprendía Panamá, Ecuador, Venezuela, parte de Colombia, y la costa atlántica de Costa Rica, Honduras y Nicaragua. Entre 1810 y 1816 recibió el nombre de Nueva Granada y comprendía principalmente el occidente Colombiano, el norte (Sacre, Córdoba y Bolívar) y el oriente (Tolima, Huila, Santanderes, llano y Cundinamarca). Entre 1816 y 1819 se da la reconquista española y aparentemente a partir de 1819 comprendió siempre los territorios de Panamá y Colombia, recibiendo diferentes nombres: Colombia (entre 1819 y 1830), República de la Nueva Granada (entre 1830 y 1858), Confederación Granadina (entre 1858 y 1861), Estados Unidos de la Nueva Granada (entre 1861 y 1863), Estados Unidos de Colombia (entre 1863 y 1886), República

de Colombia (entre 1886 y 1903) y finalmente se independiza Panamá en 1903 (Montoya-Guzmán com. pers.). Palacios y Safford (2002) afirman que Venezuela se independizó en 1830, entonces Venezuela no hace parte del territorio como mínimo desde 1830. Dado que no se sabe en qué período se colectaron los sintipos, es imposible afirmar de qué país actual proceden.

Birandra (Birandra) punctata (White, 1853)

Parandra punctata White, 1853: 2. Localidad-tipo: Colombia. (BMNH).

Parandra (Birandra) punctata; Monné, 2006: 17 (cat.); Monné & Hovore, 2006: 5 (cat.).

Parandra luciana Thomson, 1861b: 86. Localidad-tipo: Colombia. (MNHN).

Parandra fabricii Thomson, 1867: 117. Localidad-tipo: Colombia ("Nov. Granata"). (MNHN).

Birandra (Birandra) punctata; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Diagnosis. Cabeza mediana (un poco más corta que el protorax) (Fig. 9B). Mandíbulas de los machos con el diente del margen interno de la mandíbula muy pequeño (generalmente más pequeño que el diente subapical), localizado aproximadamente en el medio (Fig. 9C); mandíbulas de las hembras con el margen externo redondeado (Fig. 9D). Protórax subcuadrado, más angosto que los élitros, más ancho que largo en la parte anterior (Figs. 9E y 9F); ángulos anteriores agudos y proyectados, ángulos posteriores con puntos gruesos. Élitros brillantes con puntos relativamente gruesos y rasos (Fig. 9G).

Distribución. Colombia (Fig. 10D), Venezuela, Ecuador y Perú.

Comentarios. En los machos *minor* el diente subapical de las mandíbulas generalmente está un poco desplazado hacia el centro del margen interno y el diente medio puede ser más grande en relación al tamaño del cuerpo. Por otro lado, las hembras de *B. punctata* y *B. silvaini* (Tavakilian, 2000) son muy semejantes, de difícil separación y aunque las hembras de *B. punctata* son proporcionalmente más delgadas, esa diferencia sólo puede ser bien interpretada cuando se examinan ejemplares de las dos especies. Con 66 especímenes en las colecciones colombianas, fue la segunda especie más abundante; se encuentra en las tres cordilleras a alturas superiores a los 1000 m.

Material examinado. COLOMBIA. Antioquia. Medellín, Corregimiento San Antonio de Prado, Vereda El Astillero, 2400 m, 6 ♂, manual en tronco en descomposición, 18.V.2002, M. Castaño (CEUA - 27297, 27298, 27299, 27300, 27301, 27302); Medellín, Corregimiento San Antonio de Prado, Vereda Yarumalito, 2 ♂, manual, 1-3.XI.2008, C. Bota y N. Uribe (CEUA - 44567, 44568); Medellín, San Antonio de Prado, 1 ♂, en suelo, I.1984, C. U. G. (No. 8773, MFLG); Caldas, Vereda La Clara, Alto de San Miguel, 1 ♂, manual, suelo, VI.1996, Grupo de Entomología (CEUA - 40585); Caldas, Vereda La Clara, Alto de San Miguel, 2100 m, 1 ♂, manual en vuelo, sin fecha de colección, William Ramírez (CEUA - 24985); Caldas, 1 ♂, en M.O., X.1984, Andrés García (No. 8772, MFLG); Caldas, 1 ♂, en tronco,

IX.1989, A. Zapata (No. 8772, MFLG); Caldas, Reposo, 1 ♂, 19.VIII.1989, Saldarriaga (No. 8772, MFLG); Caldas, 1 ♀, en piso, IX.1989, Carlos Henao (No. 8772, MFLG); Corná, 1 ♂, en tronco viejo, IX.1989, A. Zapata (No. 8772, MFLG); Gómez Plata, Hacienda Normandia, 1000 m, 1 ♂, bosque, interior de bosque, 16.X.2000, J. D. Guzmán (No. 8772, MFLG); Urrao, 1 ♂, en líquenes, 3.V.1972, G. Lozano (ICN-MHN-CO 4639, ICN); Amalfi, Vereda Guayabito, Finca Costa Rica, Finca Caracolí, Quebrada La Hueso, 1840 m, 1 ♂ y 7 ♀, manual debajo de tronco, 19.II.2008, Vélez, Díaz y Rivera (CEUA - 44569, 44570, 44571, 44572, 44573, 44574, 44575, 44576). **Boyacá.** Pajarito, Cosinto, 1600 m, 1 ♀, 27.X.1979, C. Hernández (ICN-MHN-CO 2338, ICN).

Caldas. Samaná, 1 ♂, manual en árbol, VIII.1994, R. García E. (CEUA - 24986); Manizales, 2200 m, 1 ♂, en suelo, 24.II.2006, Aguirre - Benítez (LEUC); Manizales, Reserva Rio Blanco, 2650 m, 1 ♂, 8.X.2005, C. Santamaría (MUSENUV); Manizales, Vereda Las Palomas, Reserva Río Blanco, 5°7'258"N; 75°43'758"W, 2592-2690 m, 1 ♂, Trampa de luz negra, 3.IV.2005, A. Vélez (CEUA - 38252). **Cauca.** Estación Termal, INDERENA, 2800 m, 1 ♂, 29.X.1980, I. de Arevalo (ICN-MHN-CO 4623, ICN); Inzá, Vereda Tierras Blancas, Km 28, 2630 m, 1 ♂, 25.III.1982, Coler. Gnipo (ICN-MHN-CO 2336, ICN); El Tambo, PNN Munchique, La Gallera, Km 75, 1800 m, 4 ♂ y 1 ♀, 10.VI.1990 y 15.IX.1990, A. J. Negret (EN 000231 R, 000232 R, 000230 R, 000228 R, 000229 R, MHN-UC). **Cundinamarca.** Quétame, 1 ♂, en maleza, XI.1946, F. L. Gallego (No. 8773, MFLG); La Mesa, Laguna Pedro-Palo, 4°38'05"N; 74°27'57"W, 1 ♀, 16.XI.1991, Barbosa y Garcés (FAUNIC 10, UNAB). **Huila.** Algeciras, El Paraíso, Termópilos, 2200 m, 3 ♂, IX.1998 y II.1999, D. Trujillo (ICN-MHN-CO 6297, 7560, 7565, ICN); Meremberg, 2400 m, 1 ♂, X.1981 y 2.X.1981, Jorge García e Inge Armbrecht (MUSENUV - 6407, 6403); Gigante, 1 ♂, directa, 25.XI.1993, Héctor Bonilla (CFPL). **Nariño.** Ricaute, La Planada, 1 ♂, bosque, VII.1994, F. J. Serna (No. 8772, MFLG); La Planada, 1850 m, 1 ♂, tronco, 20.III.1993, G. Celorio (MUSENUV - 21967). **Risaralda.** Santuario, Vereda Los Planes, Finca Las Delicias, 2200 m, 1 ♂, XI.1991, F. Fernández (ICN-MHN-CO - 4074, ICN); Pueblo Rico, 1200 m, 1 ♂, VII.1994, G. Andrade (ICN-MHN-CO 2340, ICN); Ucumari, La Suiza, 1900 m, 2 ♂ y 4 ♀, 19-21.VIII.1992, Germán Amat, Matuk-Ochoa y Lorma (MUJ - 5908, 5912, 5914, 5916, 5905, 5909); Ucumari, La Suiza, 1900 m, 1 ♂ y 1 ♀, 21-22.III.1992, Amat G. y Durán y Sierra (MUJ - 5910, 5911). **Tolima.** Espinal, 1 ♀, 16.IV.1986, D. N. Padilla (ICN-MHN-CO 2335, ICN). **Valle del Cauca.** Dagua, Queremal, Antena T.V., 2030 m, 1 ♂, 1978, sin colector (MUSENUV - 6404); Palmira, La Buitrera, 1500 m, 1 ♂, domicilio, 24.III.1994, F. Montealegre (MUSENUV - 6402); Peñas Blancas, 1500 m, 1 ♂ y 1 ♀, II.1986, G. Bermeo (MUSENUV - 21968); Corea, 2500 m, 1 ♂, II.1984, CCR (MUSENUV); M. Calima, Q. Cristalina Alta, 1 ♂, Colecta diurna en follaje, 21-28.VII.1992, varios colectores (CFPL).

Birandra (Birandra) silvaini (Tavakilian, 2000)

Parandra silvaini Tavakilian, 2000: 150. Localidad-tipo: Guyana Francesa, Matoury. (MNHN). *Parandra (Birandra) silvaini*; Monné, 2006: 18 (cat.). *Birandra (Birandra) silvaini*; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Diagnosis. Cabeza grande (tan larga como el pronoto en especímenes de tamaño promedio) (Fig. 9H), puntuación más fuerte que en los élitros e incluso que en el tórax. Mandíbulas de los machos con el diente interno grande (generalmente más grande que el diente subapical), localizado en el tercio basal (Fig. 9I). Antenómeros III-XI con una sola foseta sensorial (Fig. 9K). Protórax transversal, ligeramente emarginado en la parte posterior (Fig. 9J); ángulos anteriores agudos y proyectados; ángulos posteriores agudos, proyectados, moderadamente redondeados; margen anterior del pronoto cóncava. Élitros con puntos relativamente gruesos, concentrados y rasos (Fig. 9L).

Distribución. Bolivia, Brasil, Colombia (Fig. 10C), Guyana Francesa, Perú y Trinidad y Tobago.

Comentarios. De los ejemplares seleccionados por Tavakilian (2000) como paratipos, siete tenían etiquetas que indicaban que procedían de la colección de Thomson, de los cuales un macho portaba la siguiente etiqueta: “*Parandra punctata* White Vol. 2 Nouvelle-Grenade” (Tavakilian 2000). Sin embargo Tavakilian (2000) anotó: “Je ne connais que des spécimens de Guyane, mis à part l'exemplaire de la collection Thomson qui porte une étiquette bleue indiquant comme provenance la Nouvelle-Grenade (Colombie). Très certainement, cette indication fausse est due à une mauvaise interprétation de l'espèce de White et au fait que le matériel acquis par Thomson était dépourvu de mention de localité”; así, afirmó que los especímenes de *B. punctata* de la colección de Thomson correspondían a *B. silvaini* y dudó que hubiesen sido colectados en Colombia (Tavakilian 2000). En consecuencia Monné y Hovore (2006) y Monné (2006) registraron esta especie sólo en la Guyana Francesa, aún cuando Santos-Silva (2002a) ya había registrado *B. silvaini* para Colombia, Trinidad y Tobago, Guyana Francesa, Brasil, Perú y Bolivia. En las colecciones colombianas se encontraron dos especímenes: una hembra colectada en un Parque Nacional Natural de la Cordillera Oriental, probablemente en una zona boscosa y un macho colectado en una hidroeléctrica en el Valle del Cauca.

Por otro lado, Lameere (1902) sin consultar la colección de Thomson, sinonimizó a *Parandra punctata* White, 1853 sensu Thomson con *Parandra punctatissima* Thomson, 1861, sensu Lameere. Posteriormente Tavakilian (2000) sinonimizó ambos conceptos con *Birandra silvaini*.

Birandra silvaini difiere de *B. punctata* porque el diente del margen interno de la mandíbula de los machos es muy desarrollado, y porque la relación largo-ancho del cuerpo en ambos sexos es mayor en *B. silvaini*. Adicionalmente las fosetas antenales son más grandes en *B. silvaini* y las antenas son un poco más glabras (Tavakilian 2000) (Figs. 8D y 8E).

Material examinado. COLOMBIA. **Meta.** Macarena, PNN Tinigua, Pto. Chamuza, Rio Duda, 2°40'N; 74°10'W, 350 m, 1 ♀, 1994, M. Alvarez y A. Calixto (IAvH - 01366). **Valle del Cauca.** Central Hidroeléctrica Anchicayá, 400 m, 1 ♂, XI.1970, sin colector (MUSENUV - 21965).

Registro dudoso para la fauna de Colombia

Parandra (Tavandra) longicollis Thomson, 1861

Parandra longicollis Thomson, 1861b: 83. Localidad-tipo: Brasil. (MNHN).

Hesperandra (Tavandra) longicollis; Monné, 2006: 11 (cat.).

Parandra gracillima Bates, 1869: 38. Localidad-tipo: Brasil, Amazonas: Ega [Tefé]. (MNHN).

Parandra (Tavandra) longicollis; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Distribución. México hasta Argentina.

Comentarios. Arigony (1978) registró *Parandra longicollis* para los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca y Tolima. Además anotó que se distribuye desde la Mata Atlántica, pasando por las fajas de transición y el Cerrado y alcanzando la Hiléia (límite occidental del estado de Amazonas con los países andinos) hasta las regiones boscosas de las vertientes orientales de los Andes, los bosques pluviales del Pacífico y el Caribe, las zonas altas de los Andes y los valles secos interandinos. Además mencionó que se presentaba en México y Estados Unidos (Arigony 1978).

Chemsak (1996) excluyó esa especie de la fauna de Estados Unidos anotando que aunque Arigony (1978) la registró para Texas con base en dos especímenes del U.S. Museum of Natural History, *P. longicollis* no se ha encontrado en esta área a pesar de grandes esfuerzos de muestreo.

Es muy probable que *Parandra (Tavandra) longicollis* esté restringida al oriente brasileño y no esté en la mayoría de las regiones señaladas por Arigony (1978), principalmente en México y Centroamérica. El examen de algunos especímenes de regiones amazónicas sugiere que los ejemplares identificados para esta zona por Arigony (1978) como *P. longicollis*, corresponden a la forma de *Parandra gracillima* Bates, 1869. Esta forma concuerda con *Parandra lalannecassouorum* (Tavakilian, 2000), y por esta razón *P. gracillima* debería ser revalidada y *P. lalannecassouorum* sinonimizada bajo ésta. Sin embargo, es necesario examinar una gran cantidad de especímenes y los tipos para confirmarlo.

Especies excluidas de la fauna de Colombia

Acutandra punctatissima (Thomson, 1861)

Parandra punctatissima Thomson, 1861b: 84. Localidad-tipo: Guyana Francesa. (MNHN).

Distribución: Guyana Francesa

Acutandra punctatissima; Monné, 2006: 9 (cat.).

La distribución conocida de *A. punctatissima* (Thomson, 1861) es Guyana Francesa y Colombia. Santos-Silva (2000a) registró esta especie para Colombia citando como material examinado lo siguiente: “COLÔMBIA, Valle del Cauca: Bajo Calima, fêmea, sem data, L. C. Pardo Locardo col. (MZSP)”. El ejemplar fue donado al MZSP por Luis Carlos Pardo y procedía de su colección. Al examinar todos los ejemplares de Parandrinae depositados en CFPL, encontramos varios machos de *Acutandra ubitaria* y varias hembras que se identificaron como *A. ubitaria*, que corresponden a la hembra fotografiada por Santos-Silva (2002: fig. 52). Adicionalmente se examinó otra hembra en ICN del norte del departamento de

Chocó, que tampoco corresponde a *A. punctatissima*. Todos estos especímenes presentan los ángulos posteriores del protoronto obtusos, como no ocurre en *A. punctatissima*. Thomson (1861b) en su descripción de *A. punctatissima* indicó: "...angulis lateralibus anticis et positicis productis,..."; igualmente, Tavakilian (2000) al redescribir la especie señaló en relación a estos ángulos: “il est rétréci vers l’arrière, avec les angles postérieurs vifs”. Con base en esto excluimos formalmente a *Acutandra punctatissima* de la fauna de Colombia.

Parandra (Parandra) ubirajarai (Santos-Silva, 2001) / *Acutandra degeerii* (Thomson, 1867)

Hesperandra ubirajarai Santos-Silva, 2001b: 216.

Hesperandra (Zikandra) ubirajarai; Monné, 2006: 15 (cat.); Santos-Silva, 2007: 8, 9 (clave).

Parandra (Parandra) ubirajarai; Santos-Silva & Shute, 2009: 31 (comb. nov.).

Parandra degeerii Thomson, 1867: 111.

Acutandra degeeri; Monné, 2006: 8 (cat.).

Parandra (Parandra) ubirajarai (Santos-Silva, 2001) fue registrada en Colombia por Arigony (1978) y Martínez (2000) como «*Parandra (Hesperandra) degeerii* Thomson, 1867». Igualmente fue citada en la lista de chequeo de Monné y Giesbert (1994). Adicionalmente Monné y Hovore (2006) mencionaron que *Acutandra degeerii* (Thomson, 1867) se distribuía en “Mexico?, Panama-c SAmer”. Sin embargo, los registros fuera de Brasil son exclusivamente de Arigony (1978) que en realidad estaba hablando de *P. (P.) ubirajarai*, confundida por ella y autores anteriores con *A. degeerii* (= *Parandra degeerii*). La descripción de *A. degeerii* sólo señala como localidad Brasil; de esta especie solamente se conocen los sintipos (un macho y una hembra), depositados en el MNHN cuya etiqueta únicamente decía “Brasil” (Gérard Tavakilian com. pers.).

Arigony (1978) registró *Acutandra degeeri* en Colombia (Manizales, departamento de Caldas), a partir del examen de dos machos provenientes del MNHN, afirmando: “*P. degeeri* é simpática com *P. glabra* na região da mata atlântica e na costa do Pacífico desde Loja, Equador, até Medellín, Colômbia, na zona equatorial dos Andes rumo ao interior do continente até Tiquié, Amazonas, Brasil.”. También afirmó que la marginación lateral del pronoto es completa en *P. (P.) ubirajarai* [mencionada como *Parandra (Hesperandra) degeeri*], lo que es un error. Los especímenes identificados por Arigony como ‘*Parandra degeerii*’ pertenecientes al MZSP, exhiben la marginación lateral del protórax incompleta. Además las figuras y la descripción presentadas por Arigony (1978), y la inclusión en el entonces subgénero *P. (Hesperandra)*, no dejan dudas de que la autora se estaba refiriendo a *P. ubirajarai* y no a *Acutandra degeerii*.

Consecuentemente la citación de Monné y Hovore (2006) de *Acutandra degeerii* para México, Centro América y áreas de Sur América es errónea. La distribución conocida de *A. degeerii* es Brasil (sin localidad específica) y *P. ubirajarai* se distribuye en el oriente de Brasil (Monné 2006). De esta forma excluimos formalmente las dos especies de la fauna de Colombia.

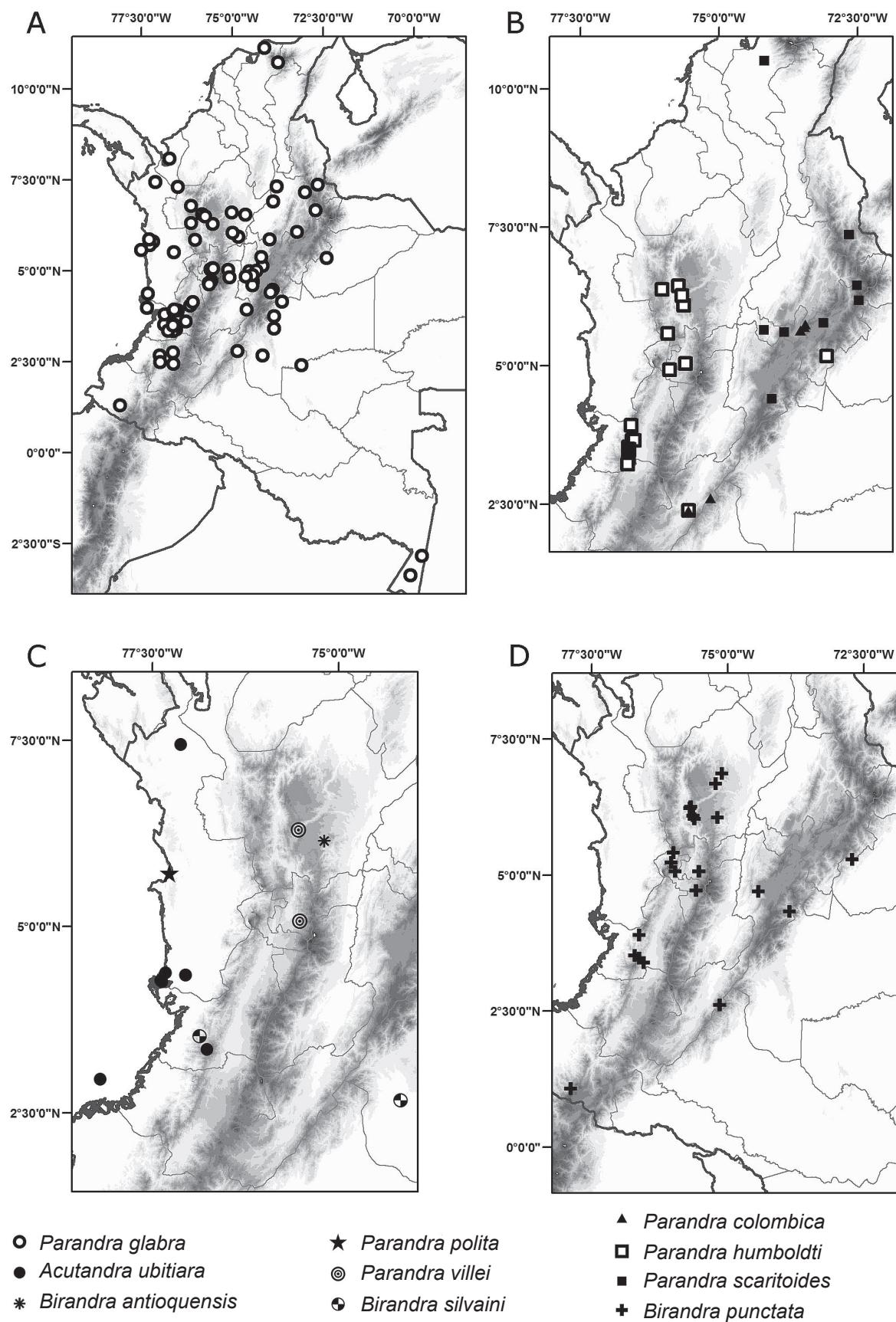


Figura 10. Mapas de distribución: **A.** *Parandra (Parandra) glabra*. **B.** *Parandra (Parandra) humboldti*, *Parandra (Tavandra) colombica* y *Parandra (Tavandra) scaritoides*. **C.** *Parandra (Parandra) villei*, *Parandra (Tavandra) polita*, *Acutandra ubitiara*, *Birandra (Yvesandra) antioquensis* y *Birandra (Birandra) silvaini*. **D.** *Birandra (Birandra) punctata*.

Consideraciones Finales

Varias de las especies de Parandrinae presentan una variación relativamente grande a lo largo de su ámbito y los caracteres que delimitan estas especies muchas veces no consiguen abarcar la variación. Por esto se requiere explorar otros caracteres que permitan separar las especies de Parandrinae y aunque algunos autores han propuesto que los órganos genitales son una fuente confiable de caracteres para la separación de especies (e.g. Arnqvist 1998; Córdoba-Aguilar 2000), en los Parandrinae no han sido arduamente explorados como recurso taxonómico. Los pocos trabajos que han considerado estos caracteres, no han realizado análisis suficientemente exhaustivos como para llegar a conclusiones definitivas. Así por ejemplo, Arigony (1977, 1978) afirmó que no existían características muy divergentes en los órganos genitales de los Parandrinae; sin embargo, en sus ilustraciones publicadas se evidencia una variación interespecífica que tal vez permitiría separar las especies.

Por otro lado, algunos autores indicaron que la ausencia de pelos o puntos en las antenas es una característica de Parandrinae (e.g. Linsley 1962; Villiers 1980; Napp 1994; Chemsak 1996). Sin embargo, algunas especies de parandrinos poseen puntuación en las antenas (que puede ser gruesa en el escapo) y la mayoría presentan pilosidad en los antenómeros, la cual es variable pero siempre visible; ésta ha sido utilizada como una herramienta taxonómica que puede ser útil en la separación de especies similares (e.g. Tavakilian 2000).

Finalmente, las especies de Parandrinae son raramente colectadas, por lo que los datos de historia natural son extremadamente pobres y se desconocen los estadios inmaduros de la gran mayoría de las especies. En Colombia la escasez de registros en regiones como la Orinoquía y Amazonía, son el reflejo de la falta de muestreo. Al igual que para otros grupos, las localidades con algún registro están concentradas principalmente en las regiones cercanas a los grandes centros urbanos, donde existen universidades y centros de investigación.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Dr. Ricardo Callejas, Dr. Frank T. Hovore (QEPD), Andrés H. Vélez, Carolina Rivera y María C. Vélez, por su apoyo durante el desarrollo del proyecto de Parandrinae de Colombia. A Natalia Carrillo, Javier Martínez, Dr. Julio Betancur, Dr. Eurípedes Menezes, Claudia Hussak y Gustavo Mesa (QEPD), por su hospitalidad durante el tiempo de visita a las colecciones. A Sandra Enriques por compartir su literatura. A la Dra. Dilma Solange Napp, al Dr. Miguel A. Monné y al Dr. Steven Lingafelter por facilitarme sus trabajos en Parandrinae. A Camilo Flórez por sus ilustraciones y a Juan David Montoya Guzmán por la información sobre la historia de Colombia. A los directores y curadores de todas las colecciones visitadas, por facilitarnos la revisión de las mismas. A Álvaro Idárraga por su ayuda con la información de los hospederos y a Carmen Elisa Posso por su ayuda con algunas localidades del Valle del Cauca. A Claudia Martínez por el préstamo de parte del material de ICN. Al Dr. Daniel R. Miranda-Esquível y María C. Vélez por aclarar algunas dudas con algunos de los trabajos en sistemática de Cerambycidae. A Cornelio A. Bota-Sierra y Jennifer C. Girón por revisar el manuscrito. Finalmente a GEUA por la financiación parcial del proyecto.

Literatura citada

- ARIGONY, T. H. A. 1970. Notas sobre Parandrinae (Col., Cerambycidae) II. Redescrição de *Parandra villei* Lameere, 1885. Revista Brasileira de Entomologia 14 (8): 57-62.
- ARIGONY, T. H. A. 1977. Notas sobre Parandrinae (Coleoptera, Cerambycidae) V. Redescrição de *Parandra (Archandra) caspia* Ménétriès, 1832. Revista Brasileira de Entomologia 20 (3/4): 159-164.
- ARIGONY, T. H. A. 1978. Revisão do gênero *Parandra* (Coleoptera, Cerambycidae). I. O Subgênero *Hesperandra* Arigony, 1977. Revista Brasileira de Entomologia 22 (3/4): 119-159.
- ARIGONY, T. H. A. 1984. O subgênero *Parandra* Latreille, 1804 (Coleoptera, Cerambycidae, Parandrinae): Estudo fenético e cladístico de 12 espécies. Iheringia, Série Zoologia 64: 87-125.
- ARNQVIST, G. 1998. Comparative evidence for the evolution of genitalia by sexual selection. Nature 393: 784-786.
- BATES, H. W. 1869. IX. Contributions to an Insect Fauna of the Amazon Valley (Coleoptera, Prionides). The Transactions of the Entomological Society of London 1869: 37-58.
- BATES, H. W. 1872. On the longicorn Coleoptera of Chontales, Nicaragua. The Transactions of the Entomological Society of London 1872: 163-238.
- BATES, H. W. 1879. Coleoptera. pp 1-16. En: Goldman, F. D. C.; Salvin, O. (eds.). Biologia Centrali-Americana, Insecta. London, British Museum (Natural History) Vol V: 526p + 26 planchas.
- BLACKBURN, B. A. 1895. Further notes on Australian Coleoptera, with descriptions of new genera and species. Transactions of the Royal Society of South Australia 19: 27-60.
- BLACKWELDER, R. E. 1946. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies and South America. Part 4. Bulletin of the United States National Museum 185: 551-763.
- BLANCHARD, C. E. 1845. Histoire des Insectes, traitant de leurs moeurs et de leurs métamorphoses en général, et comprenant une nouvelle classification fondée sur leurs rapports naturels. Paris, Didot 2: 1-524.
- BOUSQUET, Y. 2008. Nomenclatural and bibliographic notes on Cerambycidae (Coleoptera). The Coleopterists Bulletin 61 (4): 616-631.
- BÖVING, A. G.; CRAIGHEAD, F. C. 1931. An illustrated synopsis of the principal larval forms of the order Coleoptera. Entomologica Americana 9: 1-35.
- CARDONA-DUQUE, J.; SANTOS-SILVA, A.; WOLFF, M. 2007. A new species of Parandrinae from the Central Andes of Colombia (Coleoptera: Cerambycidae). Zootaxa 1661: 39-45.
- CASEY, T. L. 1912. III - Studies in the Longicornia of North America. Memoirs on the Coleoptera 3: 215-376.
- CHALUMEAU, F.; TOUROULT, J. 2005. Les longicornes des petites Antilles (Coleoptera, Cerambycidae) Taxonomie, éthologie, biogéographie. Sofia, Pensoft. 241 p.
- CHEMSAK, J. A. 1996. Illustrated revision of the Cerambycidae of North America. I. Parandrinae, Spondylidinae, Aseminae, Priolinae. Burbank, Wolfsgarden. x + 149 p.
- CÓRDOBA-AGUILAR, A. 2000. Evolución y diversidad de la morfología de los genitales masculinos en insectos. Folia Entomológica Mexicana 110: 95-111.
- COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASAI-CHEN, S. A. 1988. Larvas de Coleoptera do Brasil. São Paulo, Museu de Zoologia. 282 p. + 165 est.
- COWAN, C. F. 1971. On Guérin's Iconographie: particularly the insects. Journal of the Society for the bibliography of Natural History 6 (1): 18-29.
- CRAIGHEAD, F. C. 1915. Contributions toward a classification and biology of the north american Cerambycidæ. Larvæ of the Priolinae. USDA Official Secretary Report 107: 1-24.
- CROWSON, R. A. 1955. The natural classification of the families of Coleoptera. London, Nathaniel Lloyd. 187 p.

- CROWSON, R. A. 1960. The phylogeny of Coleoptera. Annual Review of Entomology 5: 111-134.
- DAMOISEAU R.; COOLS, J. 1987. Liste du matériel typique dans les collections entomologiques de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Coleoptera Cerambycoidea Cerambycidae: Aseminae, Cerambycinae, Disteniinae, Lepturinae, Parandrinae, Prioninae et Spondylinae. Documents de Travail 42: 1-39.
- DEGEER, C. 1774. Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. Stockholm, Imp. Pierre Hesselberg. 4: xii + 456 p.
- DIAS, M. M. 1981. Análise cladística e classificação de Anoplodermatinae (Coleoptera, Cerambycidae). Tese de doutoramento, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. v + 144 p.
- FABRICIUS, J. C. 1794. Entomologia systematica emendata et aucta. Secundum Classes, Ordines, Genera, Species adjectis synonymis, locis, observationibus, descriptionibus. Hafniae. C. G. Proft & fils 4: 1-472.
- FAIRMAIRE, L. 1881. Essai sur les Coléoptères des îles Viti (Fidji). Annales de la Société Entomologique de France (6) 1: 461-492.
- FALLING RAIN GENOMICS, INC. 1996-2006. Global gazetteer version 2.1. CALLE.COM. Disponible en: <http://www.fallingrain.com/world/> [fecha de revisión: abril 2007]
- FARRELL, B. D.; SEQUEIRA, A. S. 2004. Evolutionary rates in the adaptive radiation of beetles on plants. Evolution 58 (9): 1984-2001.
- FONSECA-GESSNER, A. A. 1990. Revisão taxonômica do gênero *Paramallocera* Aurivillius, 1912 (Coleoptera, Cerambycidae, Cerambycinae, Sphaerionini). Revista Brasileira de Entomologia 34 (4): 817-856.
- FORBES, W. T. M. 1922. The wing-venation of the Coleoptera. Annals of the Entomological Society of America 15 (4): 327-352.
- GAHAN, C. J. 1895. On the Longicorn Coleoptera of the West Indian Islands. The Transactions of the Entomological Society of London 1895: 79-140.
- GAHAN, C. J. 1906. The Fauna of British India including Ceylon and Burma. Vol. I (Cerambycidae). Londres, C. T. Bingham xviii + 329 p.
- GEMMINGER, M.; HAROLD, E. 1872. Catalogus Coleopterorum hucusque descriptorum synonymicus et systematicus. Monachii 9: 2669-2988.
- GERMAR, E. F. 1846. En: Herausgeber, J. S. Ersch & J. G. Gruber. Allgemeine Encyclopädie der Wissenschaften und Künste in alphabetischer Folge von genannten Schriftstellern bearbeitet und herausgegeben. Vol. 25: 513 p.
- GIRARD, M. J. A. 1873. Traité élémentaire d'Entomologie. Paris, J. Baillière & fils. viii + 840 p.
- GORY, H. L. 1831. Iconographie du Règne Animal de Georges Cuvier ou représentation d'après nature de l'une des espèces le plus remarquables et souvent non figurées de chaque genre d'animaux. En: F. E. Guérin-Méneville. Insectes. Cerambycidae. Paris 7: pls 42-44.
- GORY, H. L. 1844. Iconographie du Règne Animal de Georges Cuvier ou représentation d'après nature de l'une des espèces le plus remarquables et souvent non figurées de chaque genre d'animaux. En: Guérin-Méneville, F. E. Insectes. Cerambycidae. Paris. 7: iv + 5-576, 110 pls.
- HORN, G. H. 1875. Synonymical notes and descriptions of new species of North American Coleoptera. Transactions of the American Entomological Society, Philadelphia 5: 126-156, 8 figs.
- HORN, W.; KAHLE, I. 1935-1937. Über entomologische Sammlungen, Entomologen & Entomo-Musologie. Entomologische Beihefte aus Berlin-Dahlem 2/4: I + 536 p.
- IGAC. 1996. Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Multimedia.
- IGAC. 2002. Atlas de Colombia. Quinta Edición. Bogotá, Imprenta Nacional de Colombia, 342 p.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON ZOOLOGICAL NOMENCLATURE (ICZN). 1964. International Code of Zoological Nomenclature adopted by the XV Congress of Zoology. The International Trust for Zoological Nomenclature, London, United Kingdom. 176 p.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON ZOOLOGICAL NOMENCLATURE (ICZN). 1999. International Code of Zoological Nomenclature adopted by the International Union of Biological Sciences. The International Trust for Zoological Nomenclature, London, United Kingdom. 306 p.
- JENIŠ, I. 2001. Tesaříci / Long-horned beetles. Disteniidae, Oxypeltidae, Vesperidae, Anoplodermatidae & Cerambycidae I. Vesperidae & Cerambycidae Evropy / of Europe I. Zlín, Atelier Regulus, 333 p.
- KIRBY, W. 1837. The Insects. Coleoptera. En: Richardson J. Fauna Boreali Americana; or the zoology of the northern parts of British America. Norwich, Josiah Fletcher, 4: xxxix + 335 p.
- KIRSCH, T. 1889. Coleoptera gesammelt in den Jahren 1868-1877 auf einer Reise durch Süd Amerika von Alphons Stübel. Abhandlungen und Berichte des königlichen zoologischen und anthropologisch-ethnographischen Museums zu Dresden 1888/1889 (4): 1-58.
- KOLBE, H. J. 1893. Beiträge zur Kenntnis der Longicornier (Coleoptera). Stettiner Entomologische Zeitung 54: 241-290.
- LAMEERE, A. A. 1885a. Notes sur quelques Prionidae. Comptes-Rendus des Séances de la Société Entomologique de Belgique 29: ix-xiii.
- LAMEERE, A. A. 1885b. Contribution à l'histoire des métamorphoses des longicornes de la famille des Prionidae. Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liège (2)11 (11): 1-13.
- LAMEERE, A. A. 1901. Étude sur la Phylogénie des Longicornes. Première communication préliminaire. Annales de la Société Entomologique de Belgique 45: 314-323.
- LAMEERE, A. A. 1902. Révision des prionides (Premier mémoire - Parandrides). Annales de la Société Entomologique de Belgique 46: 59-111.
- LAMEERE, A. A. 1912. Revision des Prionides. Addenda et corrigenda. Mémoires de la Société Entomologique de Belgique 21: 113-188.
- LAMEERE, A. A. 1913. Coleopterorum Catalogus, pars 52, Cerambycidae. Prioninae. Berlin, W. Junk. 108 p.
- LAMEERE, A. A. 1919. Genera Insectorum. Coleoptera, Fam. Cerambycidae, subfam. Prioninae. Bruxelles, P. Wytsman. v. 172, 189 p.
- LANSBERG, J. W. 1884. Catalogue des Prionides de l'Archipel Indo-Néerlandais, avec descriptions des espèces nouvelles. Notes from the Leyden Museum 6: 135-160.
- LAPORTE, F. L. N. 1840. Histoire Naturelle des Insectes Coléoptères. Paris, P. Duménil 2: 1-563.
- LATREILLE, P. A. 1802. Histoire Naturelle, générale et particulière des Crustacés et des Insectes. Imprimerie F. Dufart, Paris, 3: i-xii, 1-468.
- LATREILLE, P. A. 1804. Histoire naturelle, générale et particulière des Crustacés et des Insectes. Paris, F. Dufart, 11: iv + 1-424.
- LATREILLE, P. A. 1807. Genera Crustaceorum et Insectorum secundum ordinem naturalem in familias disposita, iconibus exemplisque plurimis explicata. Paris & Argentorat, Armand Koenig, 3: 1-258.
- LATREILLE, P. A. 1810. Considérations générales sur l'ordre naturel des animaux composant les classes des crustacés, des arachnides, et des insectes ; avec un tableau méthodique de leurs genres, disposés en familles. Paris. 444 p.
- LATREILLE. 1817. En : Cuvier. Le Règne Animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'Histoire Naturelle des animaux, et d'introduction à l'Anatomie comparée. Crustacés, Arachnides et Insectes. Paris. Déterville. Vol. 3. 653 p. + 2 est.
- LAWRENCE, J. F. 1991. Cerambycidae (Chrysomeloidea) (Including Disteniidae, Hypocephalidae, Oxypeltidae, Parandridae, Spondylidae, Vespertidae). p. 556-561. En: Stehr, F. W. 1991. Immature Insects. Volume 2. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa. 975 p.

- LAWRENCE, J. F.; BRITTON E. B. 1994. Australian Beetles. Carlton, Melburne University Press. 192 p.
- LECONTE, J. L.; HORN, G. H. 1883. Classification of the Coleoptera of North America. Prepared for the Smithsonian Institution. Smithsonian Miscellaneous Collections 26 (507): i-xxvii + 1-567.
- LINGAFELTER, S. W. 1998. Observations of interactive behavior in *Parandra glabra* (Coleoptera: Cerambycidae). Entomological News 109 (1): 75-80.
- LINGAFELTER, S. W.; MICHELI, C. J. 2004. New species of Cerambycidae (Coleoptera) from Puerto Rico with records and notes for other species. Journal of New York Entomological Society 112 (1): 37-55.
- LINSLEY, E. G. 1942. A review of the fossil Cerambycidae of North America. Proceedings of the New England Zoological Club 21: 17-42.
- LINSLEY, E. G. 1959. Ecology of Cerambycidae. Annual Review of Entomology 4: 99-138.
- LINSLEY, E. G. 1961. The Cerambycidae of North America. Part I. Introduction. University of California Publications in Entomology 18: 1-97.
- LINSLEY, E. G. 1962. The Cerambycidae of North America. Part II. Taxonomy and classification of the Parandrinae, Prioninae, Spondylinae, and Aseminae. University of California Publications in Entomology 19:1-103.
- MARTÍNEZ, C. 2000. Escarabajos Longicornios (Coleoptera: Cerambycidae) de Colombia. Biota Colombiana 1 (1): 76-105.
- MARTYNOV, A. V. 1926. On the identification of fossil insects from the Jurassic shales of Turkestan. 5. Some forms of beetles. Yearbook of the Russian Palaeontological Society 5: 1-38.
- MARVALDI, A. E.; DUCKETT, C. N.; KJER, K. M.; GILLESPIE, J. J. 2009. Structural alignment of 18S and 28S rDNA sequences provides insights into phylogeny of Phytophaga (Coleoptera: Curculionoidea and Chrysomeloidea). Zoologica Scripta 38 (1): 63-77.
- MONNÉ, M. A. 2002. Catalogue of the Neotropical Cerambycidae (Coleoptera) with known host plant - Part V: Subfamilies Prioninae, Parandrinae, Oxypeltinae, Anoplodermatinae, Aseminae and Lepturinae. Publicações Avulsas do Museu Nacional 96: 1-72.
- MONNÉ, M. A. 2004. Catalogue of the Neotropical Cerambycidae (Coleoptera) with known host plant - Part VI: host plant index. Publicações Avulsas do Museu Nacional 100: 1-95.
- MONNÉ, M. A. 2006. Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part III. Subfamilies Parandrinae, Prioninae, Anoplodermatinae, Aseminae, Spondylidinae, Lepturinae, Oxypeltinae, and addenda to the Cerambycinae and Lamiinae. Zootaxa 1212: 1-244.
- MONNÉ, M. A.; GIESBERT, E. F. 1994. Checklist of the Cerambycidae and Disteniidae (Coleoptera) of the Western Hemisphere. Burbank, Wolfsgarden Books. 410 p.
- MONNÉ, M. A.; HOVORE, F. T. 2006. Checklist of the Cerambycidae, or longhorned wood-boring beetles, of the Western Hemisphere. Rancho Dominguez, Bio Quip Publications. 394 p.
- NAKAMURA, S. 1981. Morphological and taxonomic studies of the Cerambycid pupae of Japan (Coleoptera: Cerambycidae). Miscellaneous Reports of the Hiwa Museum for Natural History 20: 1-159.
- NAPP, D. S. 1994. Phylogenetic relationships among the subfamilies of Cerambycidae (Coleoptera - Chrysomeloidea). Revista Brasileira de Entomologia 38 (2): 265-419.
- OLIVIER, A. G. 1803. Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle, appliquée aux arts, principalement à l'agriculture et à l'économie rurale et domestique: par une société de naturalistes et d'agriculteurs: avec des figures tirées des trois règnes de la nature. Tome XVII. Deterville, Paris. 574 p.
- PALACIOS, M.; SAFFORD, F. 2002. Colombia: país fragmentado, sociedad dividida. Editorial Norma, Bogotá. 740 p.
- PENTEADO-DIAS, A. M. 1984. Estudo comparativo do cordão nervoso nos Cerambycidae (Coleoptera). Revista Brasileira de Entomologia 28 (3): 223-243.
- PERTY, J. A. M. 1832. De insectorum in America meridionali habitantium vitae genere, moribus ac distributione geographica observationes nonnullae. En: Delectus animalium articulatorum quae in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII-MDCCCXX jussu et auspicii Maximiliani Joseph I, Bavariae regis augustissimi peracto collegent Dr. J. B. de Spix et Dr. C. F. Ph. de Martius, Monachii. 61-124.
- PITKIN, B. (editor). 2003. The Coleoptera Collection and Card Index. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/coleoptera/> [fecha de revisión: 14 noviembre 2008].
- QUENTIN, R. M.; VILLIERS, A. 1972. Un nouveau Parandrinae de Madagascar [Col. Cerambycidae]. Bulletin de la Société Entomologique de France 77: 208-209.
- ROSALES, C. J. 1966. Contribución al conocimiento de los Priorninae (Coleoptera: Cerambycidae) de Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela 11: 1-237.
- SAALAS, U. 1936. Über das Flügelgeäder und die phylogenetische Entwicklung der Cerambyciden. Annales zoologici Societatis zoologicae-botanicae fenniae Vanamo 4 (1): 1-198.
- SAITO, A. 1990. Female reproductive organs of cerambycid beetles from Japan and the neighbouring areas. I. Philini through Atimini. Elytra 18 (2): 231-260.
- SANTOS-SILVA, A. 2001a. Parandrinae Neotropicais (Coleoptera, Cerambycidae) II: espécies de *Hesperandra* Arigony, 1977 com subamento elevado e marginação lateral do protórax dos machos incompleta. Revista Brasileira de Entomologia 45 (3): 221-241.
- SANTOS-SILVA, A. 2001b. Parandrinae Neotropicais (Coleoptera, Cerambycidae) I: redescrição de *Parandra degeeri* Thomson, 1867 e descrição de uma nova espécie. Revista Brasileira de Entomologia 45 (3): 215-219.
- SANTOS-SILVA, A. 2002. Notas e descrições em Parandrini (Coleoptera, Cerambycidae, Parandrinae). Iheringia, Série Zoologia 92 (2): 29-52.
- SANTOS-SILVA, A. 2003a. Notas, descrições, sinonímias e reválidação em *Hesperandra* Arigony, 1977 (Coleoptera, Cerambycidae, Parandrinae). Revista Brasileira de Entomologia 47 (1): 119-131.
- SANTOS-SILVA, A. 2003b. Espécies de *Hesperandra* (Tavandra) Santos-Silva, com pilosidade abundante no metásterno (Coleoptera, Cerambycidae, Parandrinae). Revista Brasileira de Zoologia 20 (3): 389-395.
- SANTOS-SILVA, A. 2007. Nova espécie de *Hesperandra* (Zikandra) Santos-Silva e chave para o subgênero (Coleoptera, Cerambycidae, Parandrinae). Les Cahiers Magellanes 66: 11p.
- SANTOS-SILVA, A.; MARTIS, U. R. 2000. Nova espécie de Parandrinae (Coleoptera, Cerambycidae) da Região Neotropical. Revista Brasileira de Entomologia 44 (3/4): 167-170.
- SANTOS-SILVA, A.; SHUTE, S. 2009. The identity of *Parandra laevis* Latreille, 1804 and nomenclatural changes in the Parandrinae (Coleoptera, Cerambycidae). Zookeys 25: 19-35.
- SAY, T. 1835. Descriptions of new North American coleopterous insects, and Observations on some already described. Boston Journal of Natural History 1 (2): 151-203.
- SCHJÖDTE, J. C. 1865. On the classification of cerambyces, with particular regard to the Danish Fauna. The Annals and Magazine of Natural History 15 (Serie 3): 182-209.
- SHARP, D. 1878. On some longicorn Coleoptera from the Hawaiian Islands. The Transactions of the Entomological Society of London 1878: 201-210.
- STURM, J. 1826. Catalog meiner Insecten-Sammlung, Erster Theil, Käfer. Nürnberg 1826: 1-207.
- ŠVÁCHA, P. 1987. En: Švácha, P., y M. L. Danilevsky. 1987. Cerambycoid larvae of Europe and Soviet Union (Coleoptera, Ce-

- rambycoidea). Part. I. Acta Universitatis Carolinae- Biologia 30: 1-176.
- ŠVÁCHA, P.; WANG, J.; CHEN, S. 1997. Larval morphology and biology of *Philus antennatus* and *Heterophilus punctulatus*, and systematic position of the Philinae (Coleoptera: Cerambycidae and Vesperidae). Annales de la Société Entomologique de France (N.S.) 33 (3): 323-369.
- TAVAKILIAN, G. L. 2000. Les Parandrinae de Guyane (Coleoptera, Cerambycoidea). Coléoptères 6 (11): 147-174.
- THOMSON, J. 1860-1861a. Essai d'une classification de la famille des cérambycidés et matériaux pour servir à une monographie de cette famille. Paris. 404 p.
- THOMSON, J. 1861b. Monographie de la famille des parandrides. Musée Scientifique ou Recueil d'Histoire Naturelle 2: 73-87.
- THOMSON, J. 1861c. Note rectificative et corrections. Musée Scientifique ou Recueil d'Histoire Naturelle 2: 95-96.
- THOMSON, J. 1867. Révision des parandrides (Insectes coléoptères). Physis Recueil d'Histoire Naturelle 1 (2): 106-118.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. 7th Edition. Belmont, Brooks/Cole. 864 p.
- VILLIERS, A. 1980. Coléoptères Cerambycidae des Antilles Françaises I. Parandrinae, Prioninae, Lepturinae. Annales de la Société Entomologique de France (n.s.) 16 (1): 133-157.
- VITALI, F. 2006. The real taxonomic position of *Spondylis florissantensis* Wickham, 1920 (Coleoptera, Cerambycidae). Entomapeiron (P.S.) 1 (2): 13-28.
- WHITE, A. 1853. Catalogue of the coleopterous insects in the collection of the British Museum, pt. VII. Longicornia I. 7:1-174.
- WHITE, R. E. 1983. A Field Guide to the Beetles of North America. Peterson Field guides Series. Boston, Houghton Mifflin. 368 p.
- YANEGA, D. 1996. Field Guide to Northeastern Longhorned Beetles (Coleoptera: Cerambycidae). Champaign, Illinois Natural History Survey Manual 6: 1-174.
- ZIKÁN, J. F. 1948. O gênero *Parandra* Latr., 1804, com a descrição de 14 espécies novas (Col. Cerambycidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 14: 22-50.

Recibido: 18-jul-2009 • Aceptado: 2-abr-2010

Desarrollo, longevidad y oviposición de *Heliconius charithonia* (Lepidoptera: Nymphalidae) en dos especies de *Passiflora*

Development, longevity, and oviposition of *Heliconius charithonia* (Lepidoptera: Nymphalidae) on two species of *Passiflora*

CAROLINA MILLÁN J.¹, PATRICIA CHACÓN C.² y GERMÁN CORREDOR³

Resumen: El desarrollo de *Heliconius charithonia* en dos especies de plantas hospederas se estudió en el mariposario del Zoológico de Cali (Colombia) entre diciembre de 2007 y octubre de 2008. Se siguió el desarrollo de larvas provenientes de 90 y 83 huevos puestos en *Passiflora adenopoda* y *P. rubra* respectivamente. Se midió la duración de los cinco instares larval, así como el peso y longitud pupal. Los adultos emergidos se marcaron, midieron, sexaron y se liberaron en el área de exhibición del mariposario y se hicieron censos semanales para estimar la longevidad. La sobrevivencia larval fue mayor en *P. adenopoda* (76,4%) con respecto a *P. rubra* (33,9%). La mortalidad pupal alcanzó un 3% en *P. rubra* mientras en *P. adenopoda* todas las pupas fueron viables. Los resultados indican que *P. adenopoda* es el hospedero de oviposición más propicio para la cría masiva de *H. charithonia*, ya que en dicho hospedero se observó un mejor desarrollo larval, pupas más grandes y más pesadas, y los adultos mostraron mayor longitud alar y mayor longevidad (140 días vs 70 días). La preferencia de oviposición mostraron que del total de huevos (N = 357) el 71% fué depositado sobre *P. adenopoda*, aun en aquellos casos en que las hembras se desarrollaron sobre *P. rubra*.

Palabras clave: Tablas de vida. Mariposa cebra. *Passiflora rubra*. *Passiflora adenopoda*. Colombia.

Abstract: The development of *Heliconius charithonia* on two host plant species was studied at the butterfly house of the Cali Zoo (Colombia) between December 2007 and October 2008. The development of larvae from 90 and 83 eggs laid on *Passiflora adenopoda* and *P. rubra*, respectively, was followed. The duration of the five larval instars was measured, as well as pupal weight and length. The emerged adults were marked, measured, sexed and released in the exhibition area of the butterfly house and weekly censuses were conducted to estimate longevity. Larval survival was higher in *P. adenopoda* (76.4%) than in *P. rubra* (33.9%). Pupal mortality reached 3% in *P. rubra* while in *P. adenopoda* all pupae were viable. The results indicate that *P. adenopoda* is the host plant most suitable for mass rearing of *H. charithonia*, since on this host species we observed better larval development, larger and heavier pupae, and adults showed greater wing length and greater longevity (140 days vs 70 days). Oviposition preferences showed that among all eggs (N = 357), 71% were laid on *P. adenopoda* even in those cases where females developed on *P. rubra*.

Key words: Life tables. Zebra butterfly. *Passiflora rubra*. *Passiflora adenopoda*. Colombia.

Introducción

En la búsqueda de alternativas de explotación sostenible de la biodiversidad, el desarrollo de trabajos de investigación es prioritario, de manera que se consiga adoptar estrategias que estimulen la comercialización y el uso de los recursos naturales en planes de educación para la preservación de la fauna (Andrade 2001). Una de las alternativas para la conservación de bosques tropicales es la cría comercial de mariposas ornamentales, un recurso forestal promisorio que reduce la pérdida de diversidad ejercida por la captura indiscriminada de poblaciones naturales de lepidópteros en Colombia (Gómez-S 2006).

La cría masiva de mariposas promueve un fuerte lazo entre la conservación y el desarrollo porque disminuye la presión sobre poblaciones naturales y provee individuos de mejor calidad y en mayor cantidad a los mercados locales e internacionales (Fagua *et al.* 2002). En Colombia, donde se conocen aproximadamente 3.019 especies de mariposas que representan el 61,9% de las especies conocidas para el Neotrópico (Andrade 2002), varias instituciones educativas como la Fundación Zoológica de Cali crían 25 especies de maripo-

sas, el Jardín Botánico del Quindío cuenta con 36 especies (Gómez *et al.* 2008) y empresas dedicadas al biocomercio, como Alas de Colombia, producen unas 40 especies (Restrepo y Wilches 2008) ya sea para exhibiciones en vivo o para la comercialización de adultos y artesanías.

Un factor clave a evaluar cuando se quiere mejorar y conocer la productividad de mariposas, es la calidad alimenticia que presentan las plantas hospederas a los estados inmaduros (Catta-Preta y Zucolto 2003). En el caso de la subfamilia Heliconiinae (Lepidoptera: Nymphalidae), ampliamente distribuida en Colombia desde el nivel del mar hasta los 2600 msnm (García *et al.* 2002), los adultos depositan sus huevos únicamente sobre pasionarias como resultado de una estrecha relación coevolutiva entre ellas (Gilbert 1998). Ejemplos del nivel de especialización de las mariposas del género *Heliconius* en plantas de la familia Passifloraceae son las especies *H. hewitsoni* (Hewitson, 1875) y *H. cydno* (Doubleday, 1847); la primera sólo oviposita en individuos de *Passiflora pittieri* Masters mientras que la segunda puede depositar huevos sobre dos especies de pasifloras (*P. rubra* Linnaeus y *P. maliformis* Linnaeus) (Gilbert 1998). Por su parte, *H. erato* (Linnaeus, 1758) es una especie oligofaga que puede ali-

¹ Bióloga con énfasis en Entomología. Departamento de Biología, Universidad del Valle. A.A 25360 Cali. lepidoptera.azul@gmail.com. Autora para correspondencia.

² Bióloga, Ph. D., Departamento de Biología, Universidad del Valle. A.A 25360 Cali. pachacon@univalle.edu.co.

³ Biólogo, M. Sc. Fundación Zoológica de Cali. Carrera 2 Oeste Calle 14 Santa Teresita, Cali. gcorredor@zoologicodecali.com.co.

mentarse de *P. misera* Kunth, *P. capsularis* Linnaeus, *P. alata* Curtis, *P. edulis* Sims, *P. suberosa* Linnaeus, *P. caerulea* Linnaeus y *P. elegans* Sims (Menna-Barreto y Araujo 1985). En ese mismo sentido, Bianchi y Moreira (2005) encontraron que larvas de *Dione juno* (Cramer, 1779) pueden sobrevivir diferencialmente sobre cinco de diez especies de *Passiflora*. Por su parte, las larvas de la mariposa cebra *H. charithonia* (Linnaeus, 1767) son capaces de desarrollarse en especies como *P. adenopoda* en la que otras especies de *Heliconius* no pueden sobrevivir (Espinoza 2003), debido a la eficiente defensa mecánica que proveen los tricomas en forma de gancho del subgénero *Decaloba* De Candolle (Género *Passiflora*) (McDougal 1994; McDougal y Torsten 2004), que perforan el integumento y ocasionan la muerte de las larvas por pérdida de hemolinfa (Gilbert 1971). Para especies de *Passiflora* con tricomas en forma de gancho se registran dos casos de herbivoría: *H. charithonia* y *Dione moneta* [Huber, 1825] (Benson *et al.* 1975; MacDougal 1994). Cardoso (2008) demostró que larvas de *H. charithonia* son capaces de evitar el daño ocasionado por los tricomas usando fuerza física y a su vez va diseminando hilos de seda sobre los mismos, retirando las puntas con las mandíbulas. Este fenómeno se corroboró al encontrar puntas de tricomas en las heces de los inmaduros de esta especie.

H. charithonia también se alimenta de *Passiflora lobata* (Killip) Hutch, *P. biflora* Lamarck y *P. bicornis* Houston ex. Miller, (Espinoza 2003; Cardoso 2008), y se han registrado visitas usuales de hembras silvestres en *P. rubra* (Millán *et al.* 2009), todas especies del subgénero *Decaloba*. Teniendo en cuenta que *H. charithonia* es una de las especies de *Heliconius* más ampliamente distribuidas en Colombia (0 a 1600 msnm) (García *et al.* 2002) y su producción es de primordial interés para el mariposario del Zoológico de Cali, se propuso comparar su desarrollo, longevidad y oviposición en dos plantas hospederas comúnmente usadas para la cría masiva de esta especie.

Materiales y Métodos

Plantas hospederas y obtención de huevos. En el vivero de la Fundación Zoológico de Cali (970 msnm, 3°26'56,08"N, 76°37'27,15"W), sembramos dos especies de pasionaria (*Passiflora adenopoda* y *P. rubra*) en semilleros individuales y se cultivaron sin adición de abonos ni insecticidas comerciales. La escogencia de estas dos especies se hizo con base en su amplia distribución en la geografía colombiana (McDougal 1994) y su fácil manejo en condiciones de invernadero, además de registrarse como hospederas usuales de *Heliconius charithonia* (Beccaloni *et al.* 2008).

Posteriormente, las plantas se trasplantaron a materas plásticas y se mantuvieron en invernadero durante dos o tres meses hasta alcanzar robustez foliar suficiente para el desarrollo exitoso de las larvas de *H. charithonia* durante los experimentos de oviposición. Durante cinco semanas, plantas de ambas especies se llevaron diariamente al recinto de las mariposas parentales y una vez obtenidas las posturas, las plantas se trasladaron al laboratorio para continuar con el seguimiento del desarrollo larval. De esta manera no se manipularon los huevos evitando así alterar su viabilidad.

Desarrollo de estados inmaduros. Se realizó en el laboratorio del mariposario del Zoológico de Cali a una temperatura de 26 a 31°C y 41 a 54% de humedad relativa. Cada planta

albergó entre 10 a 12 larvas asegurando su permanencia mediante adición de vaselina comercial en la parte basal de sus ramas para evitar el acceso a hormigas o chinches depredadores. El seguimiento del desarrollo larval se hizo a diario. Para cada estadio larval se tomaron medidas de duración (días). Todas las pupas se midieron y se pesaron (balanza analítica Ohaus ± 0,03 mg) y se registró la duración del estado pupal. Los pedúnculos de las pupas se pegaron a alfileres con silicona líquida, luego se fijaron en pizarras y se depositaron en una cámara de vidrio donde constantemente se humedecieron hasta la emergencia de los adultos.

Longevidad. Todos los individuos se marcaron con números en el lado ventral de las dos alas posteriores, utilizando marcador indeleble no tóxico de punta fina de color negro (Sharpie®) para reconocer las mariposas criadas sobre *P. adenopoda* y rojo para aquellas provenientes de *P. rubra*. Para cada individuo se registró el día de emergencia, el sexo y la longitud del ala anterior. Los adultos se alimentaron *ad libitum* de plantas nectaríferas y productoras de polen (*Impatiens balsamina* Linnaeus, *Lantana camara* Linnaeus, *Stachytarpheta cayennensis* Linnaeus, *Ixora coccinea* Linnaeus, *Hibiscus rosasinensis* Linnaeus, *Pentas lanceolata* Forssk., *Senecio confusus* Britten, *Asclepias curassavica* Linnaeus, *Hamelia patens* Jacquin), adicionalmente se dispuso de comederos con preparaciones de polen artificial y cebos de fruta en descomposición (banana, borojó, guayaba, guanábana, mango y uchuva). Una vez por semana se hicieron lecturas de sobrevivencia por conteo de individuos marcados, aprovechando el comportamiento gregario de las mariposas *Heliconius* a la hora habitual de perchá (17:00 – 18:00 horas aprox.) (Chacón y Montero 2007), en sitios específicos dentro del mariposario.

Preferencia de oviposición. Para conocer si la selección de la planta de oviposición depende de la alimentación recibida durante el estado larval, se separaron por un período de tres semanas, cinco hembras provenientes de larvas alimentadas con *P. rubra* y cinco hembras nacidas en *P. adenopoda*. Se mantuvieron en dos mariposarios auxiliares (3 x 2 x 2m) bajo condiciones ambientales controladas de 22 a 31°C y 58 a 82 % de H.R. Durante la primera semana se dispusieron equidistantes en este lugar dos plantas de cada especie de *Passiflora* y se cuantificó el número de eventos de postura y el número de huevos depositados en cada hospedero. El mismo protocolo se realizó durante la segunda semana pero se dispusieron cuatro plantas del mismo hospedero (*P. rubra*), y así mismo durante la tercera semana, cuando la oferta correspondió exclusivamente a *P. adenopoda*.

Análisis de datos. Para el ciclo de vida de *H. charithonia* en cada hospedero, se elaboraron tablas de supervivencia de cohortes (Begon *et al.* 1999) que incluyen las siguientes variables: a_x : Número de individuos al inicio de cada fase. l_x : Proporción de la cohorte original que sobrevive al inicio de la fase. d_x : Proporción de la cohorte original que muere durante cada fase. q_x : Tasa de mortalidad. k_x : Fuerza de mortalidad. Se compararon las medias de las variables de respuesta (longitud, peso y duración pupal, longitud alar y duración total del ciclo), entre individuos criados sobre las dos plantas hospederas, mediante prueba de t, previo análisis de normalidad por la prueba de Kolmogorov – Smirnov. Para las variables no normales se aplicó la prueba no para-

Tabla 1. Tabla de vida de *Heliconius charithonia* en *Passiflora rubra* y *P. adenopoda*.

Insertar	A_x		I_x		d_x		q_x		k_x	
	<i>P. rubra</i>	<i>P. adenopoda</i>								
Huevo	83	90	1,00	1,00	0,25	0,39	0,25	0,39	0,1267	0,2139
Larva 1	62	55	0,75	0,61	0,16	0,04	0,21	0,07	0,1022	0,0328
Larva 2	49	51	0,59	0,57	0,10	0,00	0,16	0,00	0,0774	0,0000
Larva 3	41	51	0,49	0,57	0,13	0,07	0,27	0,12	0,1357	0,0544
Larva 4	30	45	0,36	0,50	0,11	0,03	0,30	0,07	0,1549	0,0300
Larva 5	21	42	0,25	0,47	0,01	0,03	0,05	0,07	0,0212	0,0217
Pupa	20	39	0,24	0,43	0,01	0,00	0,05	0,00	0,0223	0,0000
Adulto	19	39	0,23	0,43						
Total									0,6403	0,3527

métrica de Mann-Whitney. Se aplicó un análisis de varianza factorial para comparar la duración de los cinco estadios larvales, en las dos plantas hospederas, seguido de una prueba múltiple de Tukey (Statistica versión 7.0) (StatSoft Inc. 2004).

Resultados

Tablas de vida. El seguimiento de *H. charithonia* en *P. rubra* y en *P. adenopoda* se realizó a partir de 83 y 90 huevos respectivamente (Tabla 1), encontrándose que la mortalidad total (K_x) fue mayor en *P. rubra* (0,64) comparada con *P. adenopoda* (0,35). La supervivencia de cada estado en las dos plantas hospederas muestra que en *P. adenopoda* la mortalidad durante la emergencia del huevo fue mayor que en *P. rubra*, pero en esta última la mortalidad aumentó a partir del primer ínstar (Fig. 1). Las larvas alimentadas con *P. rubra* murieron principalmente en el paso de tercero a cuarto ínstar ($q_x = 0,30$), mientras que en *P. adenopoda* no se pudo comprobar la muerte de ningún individuo y se atribuyó a larvas desaparecidas del hospedero ($q_x = 0,12$) (Tabla 1). La mortalidad en *P. rubra* se debió a larvas atrapadas en la exuvia, pupas deformes, precipitación del contenido pupal y fallas en la emergencia de la crisálida (Tabla 2). Del total de 19 adultos

emergidos en *P. rubra*, 65,5 % fueron machos y de los 39 correspondientes a *P. adenopoda*, 63 % fueron machos.

Peso corporal. Las pupas desarrolladas sobre *P. adenopoda* resultaron significativamente más grandes ($U = 1156$, $N = 39$, $P << 0,01$) (Fig. 2A) y más pesadas ($t = 8,06$, $g.l. = 164$, $P << 0,01$) (Fig. 2B) que aquellas observadas en *P. rubra*. En concordancia con lo observado para los estados juveniles, los adultos emergidos de *P. adenopoda* mostraron una longitud alar mayor ($U = 834$, $N = 58,108$; $P << 0,01$) (Fig. 2C).

Duración del ciclo de vida. Se encontraron diferencias significativas en la duración de los cinco estadios larvales entre hospederos ($F = 20,013$, $P << 0,01$), así como se halló interacción entre los factores hospedero y estadio larval ($F = 21,368$, $P << 0,01$). Las diferencias fueron mayores en larvas jóvenes (L_2 y L_3) ya que se retrasó el desarrollo cuando se alimentaron de *P. rubra* mientras que el último estadio (L_5) tuvo mayor duración en *P. adenopoda* y así mismo el estado de pupa fue significativamente más largo sobre este hospedero (Tabla 3).

Longevidad. Durante los 4,7 meses de lecturas de longevidad, se identificaron dos sitios de percha: El primero sobre enredaderas situadas en las márgenes de la fuente de agua artificial del mariposario y el segundo en el envés de hojas de asteráceas; en ambos casos, se encontraron agregaciones de ocho a 32 individuos. La Figura 3 describe la emergencia y sobrevivencia de adultos obtenidos de larvas criadas sobre

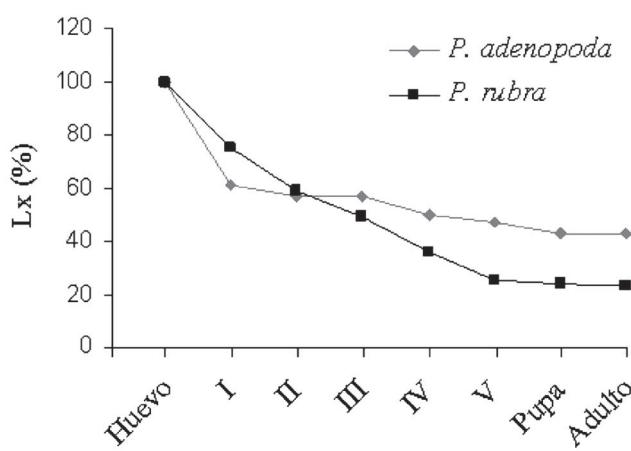


Figura 1. Supervivencia de *H. charithonia* en dos especies de *Passiflora*. Los números romanos se refieren a los instares larvales.

Tabla 2. Cuantificación de las causas de reducción del número de individuos de *H. charithonia* durante el estado larval y pupal.

Causa	% reducción	
	<i>P. rubra</i>	<i>P. adenopoda</i>
Larvas atrapadas en la exuvia o flácidas (3-4 instar)	21,6	0
Pupa deformes	8,9	0
* Desaparición de larvas en el hospedero	0	13
Precipitación del contenido pupal	18,8	0
Falla alemerger de la crisálida	10,8	0
Total	60,1%	13%

* Larvas a las que no se comprobó causa de muerte.

P. adenopoda y *P. rubra*. El extremo izquierdo ilustra la etapa inicial donde los individuos eran liberados a medida que emergían de la pupa; el punto más alto corresponde al máximo de individuos obtenidos y el extremo derecho equivale a la desaparición de los imágnes con el tiempo. Se obtuvo un máximo de longevidad de 140 días para individuos emergidos de *P. adenopoda* y de 70 días para mariposas sobrevivientes de la cría sobre *P. rubra*. Adicionalmente, la muerte de las mariposas obtenidas con *P. rubra* fue más abrupta, mientras que las mariposas asociadas a *P. adenopoda* murieron paulatinamente.

Preferencia de oviposición. Hubo menos eventos de oviposición de hembras obtenidas de larvas criadas sobre *P. rubra*, estas hembras no ovipositaron de manera continua a lo largo de las tres semanas del experimento (Tabla 4). Las mismas hembras produjeron 104 huevos en total y prefirieron depositarlos sobre *P. adenopoda* (60) que sobre *P. rubra* (44). Por su parte, las hembras obtenidas de larvas criadas sobre *P. adenopoda* pusieron continuamente a lo largo de las dos primeras semanas y no lo hicieron en la tercera semana; estas hembras produjeron más del doble de huevos (253) y los depositaron exclusivamente sobre *P. adenopoda*. El porcentaje de eclosión fue un poco mayor en huevos provenientes de hembras criadas sobre *P. adenopoda*.

Discusión

En la cría de la mariposa cebra, la productividad fue 2,3 veces mayor sobre el hospedero *P. adenopoda* ya que la supervivencia, desde el primer ínstar hasta la emergencia de los adultos, alcanzó un valor del 70,9% en comparación con *P. rubra* (30,6%). La baja mortalidad de larvas alimentadas con *P. adenopoda* en contraste con *P. rubra*, sugieren que *P. adenopoda* es un recurso más apropiado y que la mariposa cebra se ha especializado sobre este hospedero, mientras que con *P. rubra* se afecta el desarrollo larval con la consecuente producción de pupas no viables.

Las larvas que sobrevivieron sobre *P. rubra* invirtieron más tiempo en completar su desarrollo y produjeron pupas de menor tamaño y peso; en consecuencia, los adultos fueron menos longevos y fecundos. En cambio, sobre *P. adenopoda* el estado larval transcurrió más rápido aunque el período de pupa fue significativamente más largo, lo cual podría atribuirse a que crisálidas más grandes y más pesadas requieren

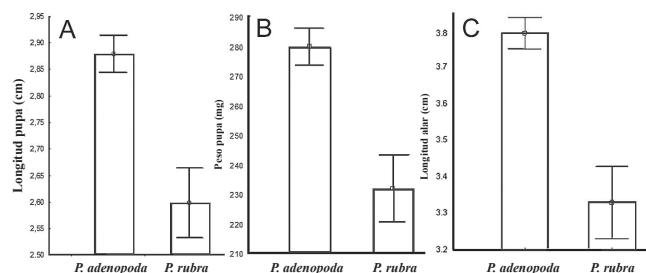


Figura 2. Comparación de la longitud pupal (A), peso pupal (B) y longitud alar (C) alcanzada por *H. charithonia* en dos plantas hospederas. Las barras indican los valores promedio ± desviación estándar.

más tiempo para completar su desarrollo y producir adultos de mayor tamaño. Los imágnes resultantes de la alimentación con *P. adenopoda* fueron más longevos que los imágnes emergidos de *P. rubra*; lo cual es ventajoso para la cría masiva de *H. charithonia* cuando se quiere usar para exhibición en insectarios. La proporción de machos fue similar entre plantas hospederas (63% y 65,5%) y se aproxima a los estudios de Fleming *et al.* (2005) quienes notaron que ese sexo conformó un 68% de las capturas en poblaciones naturales de la mariposa cebra, en Miami, Florida, EEUU.

Larvas bien nutridas pueden originar adultos con mayor capacidad de reproducción (Rodrigues y Moreira 2002, 2004). La oviposición diaria promedio de *H. charithonia* es directamente proporcional al tamaño del adulto, reflejada en la longitud de las alas anteriores (Dunlap-Pianka *et al.* 1979); en el presente estudio la oviposición de hembras de *H. charithonia* criadas con *P. adenopoda* fue 2,4 veces mayor a la observada en las hembras emergidas de *P. rubra*. Patrones similares han sido reportados por autores como Rodrigues y Moreira (2002, 2004), quienes atribuyeron una mayor calidad nutricional a *P. misera* en la cría de la mariposa *H. erato*, basados en que las hembras obtenidas presentaron mayor tamaño y capacidad reproductiva con respecto a las hembras desarrolladas en otras especies de *Passiflora*.

La selección de la planta para oviposición es una de las actividades más importantes para las mariposas, ya que afecta la viabilidad de la progenie determinando la probabilidad de éxito de la oruga al estado adulto (Singer y Ehrlich 1991). Diversas especies de mariposas pueden discriminar colores y formas cuando forrajean néctar o cuando buscan una planta

Tabla 3. Duración del estado larval y pupal de *H. charithonia* en dos especies de *Passiflora*.

Estadio	Duración (días)		Probabilidad de Tukey
	<i>P. rubra</i>	<i>P. adenopoda</i>	
Larva			
L₁ (n = 62, 55)	3,5 ± 1,0 (2-5)*	3,0 ± 0,67 (2-4)	
L₂ (n = 49, 51)	4,0 ± 1,38 (2-6)	2,0 ± 0,76 (1-3)	P = 0.0003
L₃ (n = 41, 45)	3,5 ± 1,06 (2-5)	2,5 ± 0,93 (1-4)	P = 0,00001
L₄ (n = 30, 45)	2,5 ± 1,05 (1-4)	3,5 ± 1,01 (2-5)	
L₅ (n = 30, 42)	2,0 ± 0,41 (1-4)	3,1 ± 0,8 (1-4)	P = 0,0001
Total	12,6 ± 2,47 (8-17)	11,9 ± 3,10 (7-18)	
Pupa			
	8,4 ± 1,06 (6-12)	11,0 ± 1,64 (7-15)	P = 0,0001

n = número de individuos observados en cada estado de desarrollo para cada planta hospedera. * Promedio ± D.E. (mínimo - máximo).

Tabla 4. Escogencia de hospedero para oviposición por hembras de *Heliconius charithonia* durante tres semanas de experimentación. Entre paréntesis se incluye el número de huevos eclosionados.

Semana No. (planta ofrecida)	Número de huevos ovipositados			
	♀ Desarrolladas en <i>P. rubra</i>		♀ Desarrolladas en <i>P. adenopoda</i>	
	<i>P. adenopoda</i>	<i>P. rubra</i>	<i>P. adenopoda</i>	<i>P. rubra</i>
1 <i>P. adenopoda y P. rubra</i>	11 (8)	3 (3)	18 (11)	0
	9 (7)	2 (0)	19 (17)	0
	7 (7)	2 (2)	19 (10)	0
		2 (2)	17 (12)	0
		5 (4)	18 (16)	0
			15 (9)	0
			14 (12)	0
			16 (6)	0
			22 (16)	0
			15 (15)	0
2 <i>P. adenopoda</i>			5 (5)	0
			18 (8)	0
			11 (10)	0
	6 (2)		5 (5)	
	11 (6)		11 (9)	
3 <i>P. rubra</i>	16 (11)		5 (5)	
			10 (10)	
			8 (6)	
			14 (12)	
		11 (8)		
Total	60 (41)	44 (32)	253 (194)	0
% de eclosión	68,3%	72,7%	76,7%	

hospedera para oviposición (Crane 1955; Rausher 1978; Traynier 1986; Weiss 1995; Kelber 1999). Además, algunos estudios muestran la asociación entre la forma de las hojas con el número de huevos depositados (Rausher 1978; Traynier 1986; Roessingh y Stadler 1990), auxiliando el encuentro de las plantas hospederas que las mariposas consideran más adecuadas para el desarrollo de su prole. En los experimentos de preferencia de oviposición, se observó que las hembras de *H. charithonia* depositaron el 71% de sus huevos sobre plantas de *P. adenopoda* y que incluso prefieren ovipositar sobre esta especie aunque hayan pasado todo su estado larval sobre *P. rubra*. Resultados similares fueron obtenidos por Menna-Barreto y Araujo (1985) quienes cuantificaron la oviposición de *H. erato* sobre nueve especies de *Passiflora*, encontrando preferencia por *P. misera* con una tasa de postura de 2,5 y *P. suberosa* (1,7), hospederos con los cuales las larvas se desarrollaron normalmente y generaron alta productividad de adultos. Además, observaciones ocasionales *P. misera* fue la única especie que presentó en campo huevos de la mariposa, pese a que las ocho pasionarias restantes también mostraron una amplia distribución en la zona de estudio.

Con relación al porcentaje de eclosión de huevos según la hembra de origen, se obtuvo un valor un poco más bajo en posturas de hembras alimentadas con *P. rubra* (70,2%) que en

posturas de hembras alimentadas con *P. adenopoda* (76,7%), sugiriendo que este último hospedero podría estar presentando mejores cualidades para las hembras reproductivas, lo cual se

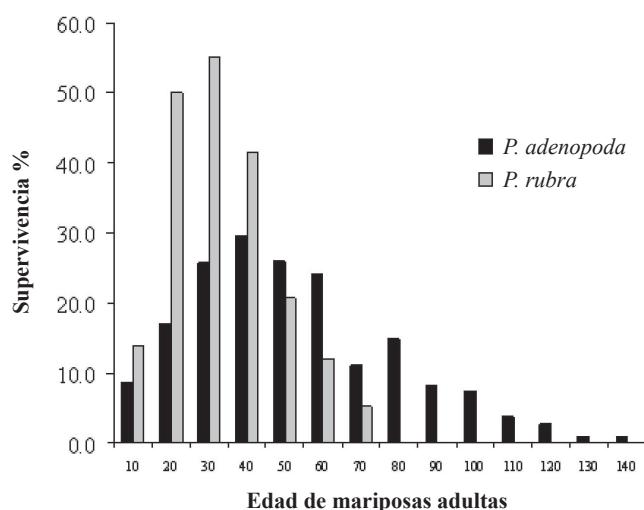


Figura 3. Longevidad de adultos de *H. charithonia* alimentados con *P. rubra* y *P. adenopoda* en condiciones del mariposario.

vislumbra desde el proceso de escogencia preferencial de la hembra de *H. charithonia* por *P. adenopoda*.

La mariposa cebra puede criarse sobre las dos especies de *Passiflora*, pero *P. adenopoda* es un recurso de mayor calidad ya que se observa un mejor desarrollo larval, se obtienen pupas sanas y adultos más grandes y longevos; los cuales, en condiciones experimentales, prefieren ovipositar sobre este mismo hospedero pareciendo ignorar la disponibilidad de *P. rubra*, la cual parece ser un hospedero alternativo para la mariposa. A futuro se hace necesario realizar estudios que contemplen la distribución y abundancia de ambas especies de *Passiflora* en zonas verdes de la ciudad de Cali, para estimar la disponibilidad de una especie con respecto a la otra; y determinar cuál de ellas es más utilizada y si realmente *P. rubra* es un hospedero alternativo ante la escasez de *P. adenopoda* en la naturaleza.

Agradecimientos

A la Fundación Zoológico de Cali por su apoyo económico. A los técnicos del mariposario José Alejandro Perdomo, Diego Villaquirán y Juan David Ayala por su acompañamiento permanente y su colaboración en el cuidado de las mariposas. Al profesor Gilson Moreira por su valiosa ayuda en la consecución de literatura. A Carmen Elisa Posso y el laboratorio de Entomología de la Universidad del Valle por el apoyo logístico. A Jimmy Cabra por su ayuda en el análisis estadístico. A Mauricio Ramírez, a los revisores y al editor por sus sugerencias y acertados aportes al manuscrito.

Literatura citada

- ANDRADE, M. G. 2001. Biodiversidad y conservación de la fauna colombiana, pp. 35-47. En: Muñoz, P. (Ed.). Memorias. Primer Congreso Colombiano de Zoología. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D. C. 340 p.
- ANDRADE-C, M. G. 2002. Biodiversidad de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) de Colombia, pp. 153-172. En: Costa, C., Vanin, S.A. y Lobo, J. M. (Eds.). Proyecto de Red. Iberoamericana de biogeografía y entomología sistemática PRIBES. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza. 328 p.
- BECCALONI, G.; VILORIA, A. L.; HALL, S. K.; ROBINSON, G. S. 2008. Catalogue of host plants of the Neotropical butterflies. Monografías tercer milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza (8): 430 p.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, S.R. 1999. Ecología: Individuos, Poblaciones y comunidades. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 1068 p.
- BENSON, W.W.; BROWN, K.S.; GILBERT, L.E. 1975. Coevolution of plants and herbivores: Passion flower butterflies. Evolution 29: 659-680.
- BIANCHI, V.; MOREIRA, G. R. P. 2005. Preferência alimentar, efeito da planta hospedeira e da densidade larval na sobrevivência e desenvolvimento de *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera, Nymphalidae). Revista Brasileira de Zoologia 22 (1): 43-50.
- CARDOSO, M. 2008. Herbivore Handling of a Plant's Trichome: The Case of *Heliconius charithonia* (L.) (Lepidoptera: Nymphalidae) and *Passiflora lobata* (Killip) Hutch. (Passifloraceae). Neotropical Entomology 37 (3): 247-252.
- CATTA-PRETA, P. D.; ZUCOLTO, F. S. 2003. Oviposition behavior and performance aspects of *Ascia monuste* (Godart, 1919) (Lepidoptera, Pieridae) on kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Revista Brasileira de Entomologia 47 (2): 169-174.
- CHACÓN, I.; MONTERO, J. 2007. Butterflies and Moths of Costa Rica. INBio. Instituto Nacional de Biodiversidad. Banco Mundial. MINAE. 366 p.
- CRANE, J. 1955. Imaginal behavior of a Trinidad Butterfly, *Heliconius erato hydara* Hewitson, with especial reference to the social use color. Zoologica 40: 167-196.
- DUNLAP-PIANKA, H.; BOGGS, C. L.; GILBERT, L. E. 1979. Ovarian Dynamics In Heliconiine Butterflies: Programmed Senescence Versus Eternal Youth. Science 197: 487-490.
- ESPINOZA, B. 2003. Available species. *Heliconius charithonia*, Disponible en: <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=5059&-Find>. Fecha última revisión: 30 Agosto 2009.
- FAGUA, G.; GÓMEZ, R.; GÓMEZ-MEJÍA, A. 2002. Estudio de viabilidad para la cría de mariposas y coleópteros como alternativa productiva para la regeneración del bosque en territorios dedicados a la siembra de cultivos ilícitos en San José del Guaviare (Colombia). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa (30): 223-224.
- FLEMING, T.; SERRANO, D.; NASSAR, J. 2005. Dynamics of a subtropical population of the cebra longwing butterfly *Heliconius charithonia* (Nymphalidae). Florida Entomologist 88 (2): 169 – 179.
- GARCÍA-ROBLEDO, C.; CONSTANTINO, L.M.; HEREDIA, M.D.; KATTAN, G. 2002. Mariposas comunes de la Cordillera Central de Colombia. Wildlife Conservation Society y los Autores. 41- 43.
- GILBERT, L.E. 1971. Butterfly-plant coevolution: Has *Passiflora adenopoda* won the selectional race with heliconiine butterflies? Science 172: 585-586.
- GILBERT, L. 1998. Coevolución de mariposas y enredaderas. Revista Investigación y Ciencia (73): 64-72.
- GÓMEZ, A.; LONDONO, J.; ORTEGA, A. 2008. Mariposario del jardín Botánico del Quindío, una muestra de lepidópteros de Colombia para el mundo. Cali. Universidad Autónoma de Occidente. Resúmenes XXXV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología: 206.
- GÓMEZ-S, R. 2006. Plan de manejo propuesto para la cría de mariposas promisorias como alternativa productiva para comunidades indígenas de la Amazonia colombiana. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 38: 451-460.
- KELBER, A. 1999. Ovipositing butterfly use a red receptor to see green. Journal of Experimental Biology 202: 2619-2630.
- MACDOUGAL, J. M. 1994. Revision of *Passiflora* subgenus *Decaloba* section *Pseudodysosmia* (Passifloraceae). Systematic Botany Monographs 41: 1-146.
- MACDOUGAL, J.M.; TORSTEN, U. 2004. *Passiflora*: Passionflowers of the world. Timber press Inc. Printed in China. 424 p.
- MENNA-BARRETO, V.; ARAUJO, A. 1985. Evidence for host plant preferences in *Heliconius erato Phyllis* from Southern Brazil (Nymphalidae). Journal of Research on the Lepidoptera 24 (1): 41-46.
- MILLÁN, C.; CHACÓN, P.; GIRALDO, A. 2009. Estudio de la comunidad de lepidópteros diurnos en zonas naturales y sistemas productivos del municipio de Caloto (Cauca, Colombia). Boletín científico. Centro de museos. Museo de historia natural, Caldas 13 (1): 185 - 195.
- RAUSHER, M. 1978. Search image for leaf shape in a butterfly. Science 200: 1071-1073.
- RESTREPO, P.; WILCHES, V. 2008. Biocomercio de Lepidoptera Rhopalocera en Colombia: Realidad demostrada por ÁLAS DE COLOMBIA, mariposas nativas Ltda. Cali. Universidad Autónoma de Occidente. Resúmenes XXXV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, pp. 206.
- RODRIGUES, D.; MOREIRA, G. R. P. 2002. Geographical variation in larval – host plant use by *Heliconius erato* (Lepidoptera: Nymphalidae) and consequences for adult life history. Brazilian Journal of Biology, São Carlos (62): 321-332.
- RODRIGUES, D.; MOREIRA, G. R. P. 2004. Seasonal variation in larval – host plant and consequences for *Heliconius erato* (Lepidoptera: Nymphalidae) adult body size. Austral Ecology Carlton (29): 437-445.

- ROESSINGH, P.; STADLER, E. 1990. Foliar form, colour and surface characteristics influence oviposition behavior in the cabbage root fly *Delia radicum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 57: 93-100.
- SINGER, M.; P. R. EHRLICH. 1991. Host specialization of Satyriinae butterflies, and their responses to habitat fragmentation in Trinidad. *Journal of Research on the Lepidoptera* 30 (3-4): 248-256.
- TRAYNIER, R. M. M. 1986. Visual learning in assays of sinigrin as an oviposition releaser for the cabbage butterfly, *Pieris rapae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 40: 25-33.
- WEISS, W. 1995. Associative colour learning in nymphalid butterfly. *Ecological Entomology* 20: 298-301.

Recibido: 29-oct-2009 • Aceptado: 1-may-2010

Nota científica

Registro de *Mechanitis polynnia* (Lepidoptera: Ithomiinae) en *Solanum jamaicense* y ciclo de vida en laboratorio

Record of *Mechanitis polynnia* (Lepidoptera: Ithomiinae) on *Solanum jamaicense* and life cycle in the laboratory

CARLOS EDUARDO GIRALDO S.¹ y SANDRA I URIBE S.²

Resumen: Estados inmaduros de la mariposa *Mechanitis polynnia* (Lepidoptera: Ithomiinae) fueron recolectados sobre *Solanum jamaicense* en seis localidades de las cordilleras central y occidental de los Andes colombianos de los departamentos de Antioquia y Caldas. Observaciones de los hábitos de postura de las hembras fueron realizadas en campo. Se hacen anotaciones sobre morfología, desarrollo, comportamiento de los estados inmaduros y se describe el ciclo de vida bajo condiciones de laboratorio.

Palabras clave: Solanaceae. Planta hospedante.

Abstract: Immature stages of the butterfly *Mechanitis polynnia* (Lepidoptera: Ithomiinae) were collected on *Solanum jamaicense* in six localities of the western and central ranges of the Colombian Andes, from the departments of Antioquia and Caldas. Observations on the oviposition habits of the females were made in the field. Notes were made on the morphology, development and behavior of the immatures stages, and the life cycle under laboratory conditions is described.

Key words: Solanaceae. Host plant.

Introducción

Las mariposas Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) agrupan alrededor de 370 especies (Lamas *et al.* 2004), que pueden ser encontradas en el Neotrópico desde el norte de Argentina hasta México (Willmott y Freitas 2006). Los Ithomiinae se encuentran asociados normalmente a bosques húmedos, sin embargo Brown y Freitas (2003) mencionan que algunas especies pueden permanecer en pequeños fragmentos de bosque y en sistemas urbanos y suburbanos. Las especies del género *Mechanitis* prosperan en un amplio rango de hábitats agrícolas y bosques secundarios, donde crecen las plantas hospedantes de sus larvas (Young y Moffett 1979; García *et al.* 2002). La relación de la subfamilia Ithomiinae con las plantas de la familia Solanaceae ha sido bien documentada (Drummond y Brown 1987, 1999; Willmott y Mallet 2004), pero aún existe desconocimiento en cuanto a las plantas hospedantes específicas para las diferentes especies de Ithomiinae (Willmott 2008).

Las larvas del género *Mechanitis*, objeto del presente estudio, han sido registradas en diferentes países alimentándose de varias especies del género *Solanum* (Vasconcellos-Neto 1980, 1986; Acevedo 1992; Constantino 1997; Haber 2001), sin embargo no hay documentación precisa sobre la relación entre especies de *Mechanitis* y las especies de *Solanum* (Willmott Com. Personal). Al respecto, Willmott y Mallet (2004) en su recopilación sobre plantas hospedantes de Ithomiinae, registraron 23 plantas hospedantes para *M. polynnia* (Linnaeus, 1758) en Ecuador, Costa Rica y Brasil. Vale anotar que Beccaloni *et al.* (2008) realizaron el trabajo recopilatorio más

actualizado sobre plantas hospedantes de mariposas neotropicales y señalan a *Passiflora edulis* Sims. como planta hospedante de *M. polynnia* para Colombia con base en la referencia de Castellar y Figueroa (1969); sin embargo, al revisar en detalle el trabajo de Castellar y Figueroa se evidencia que los estados inmaduros descritos corresponden a un individuo de la subfamilia Heliconiinae, posiblemente de la especie *Eueides isabella* Cramer, 1781 cuyo adulto es un comímético de las especies del género *Mechanitis*. En Colombia, otros registros señalan a *Solanum torvum* (Sw., 1788) y *Solanum quitoense* (Lam., 1794), como plantas hospedantes de *M. polynnia* (Constantino 1997). En el presente trabajo se registra por primera vez para Colombia a *S. jamaicense* como planta hospedante de *Mechanitis polynnia* y se realizan anotaciones sobre particularidades de la morfología, el comportamiento de las larvas y el ciclo de vida sobre dicha especie.

Materiales y Métodos

El material biológico fue obtenido a partir de cinco localidades del departamento de Antioquia, Amagá (1480 msnm, 6°01'29,94"N, 75°42'14,41"W), Hispania (1022 msnm, 5°45'16,84"N, 75°55'04,89"W), Sopetrán (850 msnm, 6°29'58,76"N, 75°44'03,89"W), Valparaíso (1000 msnm, 5°41'34"N, 75°38'21"W), Venecia (1493 msnm, 5°57'40,66"N, 75°44'19,18"W) y Anserma en el departamento de Caldas (840 msnm, 5°10'31,64"N, 71°40'54,16"W). Los muestreros se realizaron entre los meses de Octubre de 2006 y Octubre de 2008. Las masas de huevos o larvas visualizadas fueron recolectadas directamente de las hojas de la

¹ Ingeniero Agrónomo. Grupo de Investigación en Sistemática molecular Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
Estudiante Maestría en Biología convenio Universidad de Antioquia-Universidad Nacional. Correspondencia: Calle 59A No 63 - 20. Bloque 18-102 Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. cegiral0@unalmed.edu.co. Autor para correspondencia.

² Ingeniera Agrónoma, M. Sc., Ph. D., Profesora asociada Facultad de Ciencias, Posgrado de Entomología Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Calle 59A No 63-20. Bloque 18-102 Medellín, Colombia.

planta hospedante, las cuales se tomaron con sus respectivos esquejes. Se tomaron muestras vegetales para la identificación taxonómica a nivel de especie en el herbario MEDEL – Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y material vegetativo para la reproducción y obtención de alimento. La cría de las larvas se realizó en el insectario de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, bajo las siguientes condiciones 1.538 msnm, 27°C de temperatura media y 45% de humedad relativa.

Se realizaron observaciones detalladas de cada estadio larval con un estereomicroscopio Boeco 3500 a 45X. Diariamente se midió la longitud y el ancho de las larvas y se registró la presencia de las cápsulas cefálicas como indicadores de muda y la coloración de los segmentos abdominales. Los comportamientos de las larvas durante la alimentación fueron también registrados y descritos para cada estadio. Una vez obtenidos los adultos, se sexaron, registraron y liberaron en la jaula para adultos del insectario para facilitar la cópula y reiniciar el ciclo. La confirmación taxonómica de las especies se realizó por los especialistas en cada uno de los respectivos grupos.

Resultados y Discusión

Planta hospedante. La planta hospedante fue identificada como *Solanum jamaicense* Mill. 1768. Dos muestras completas fueron depositadas en el herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y en el Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA).

Solanum jamaicense (Fig. 1F) se distribuye desde el sur de México hasta el Norte de Perú. (NHM 2008) y ha sido previamente registrada como planta hospedante de *M. isthmia* (*M. polymnia isthmia* H. W. Bates, 1863) en Costa Rica (Haber 2001). Aunque en Colombia esta especie de *Solanum* no se había registrado como planta hospedante del género *Mechanitis*, en este estudio se encontró como planta nutricia de las larvas de *M. polymnia*. Esta observación fue igual para

las seis localidades estudiadas y su condición como planta hospedante se verificó por la alimentación de las larvas en condiciones de laboratorio. Otras hospedantes de esta especie, como *S. torvum*, previamente registrada como planta hospedante de *M. polymnia* (Constantino 1997), fue también encontrada con posturas en tres localidades (Sopetrán, Amagá y Valparaíso) pero en menor frecuencia.

Hábitos de postura. Las posturas se observaron siempre en el haz de la hoja, en grupos de 14 a 60 huevos (30,47 promedio huevos/postura ± 10,34; n = 34) (Fig. 1F), preponderantemente en plantas jóvenes o en el tercio inferior de plantas que superan 1 metro de altura (76,47% de las posturas en plantas de menos de 0,5m). De las 166 plantas examinadas 38 presentaron huevos. Solo tres posturas se encontraron en *S. torvum* y 35 en *S. jamaicense*. No hubo correlación entre la altura sobre el nivel del mar y el tamaño de la postura de *M. polymnia* ($R = 0.0422$; $P = 0.86$. Datos no mostrados). La mayoría de las plantas con más de un metro de altura se encontraban en estado de fructificación, cuando la planta presenta áreas foliares reducidas en comparación con las hojas bajas.

Vasconcellos-Neto y Monteiro (1993), observaron un comportamiento similar para *M. lysimnia* (Fabricius, 1793) en un estudio realizado en el Sureste de Brasil. Estos investigadores encontraron que las hembras preferían ovipositar las hojas jóvenes y sin daños mayores causados por insectos o por eventos mecánicos. Además se demostró experimentalmente que las hembras prefieren plantas sin otros individuos co-específicos. Una situación similar podría estar presente en las hembras de *M. polymnia* dado que solo en dos de las plantas de *S. jamaicense* se encontró más de un grupo de huevos o grupos de larvas en la misma planta. En cuanto al comportamiento de oviposición se observó la hembra realizando sobrevuelos consecutivos a distancias muy cortas de la planta, tocando suavemente las hojas con sus patas. Posteriormente posándose sobre la hoja, y deslizando el extremo

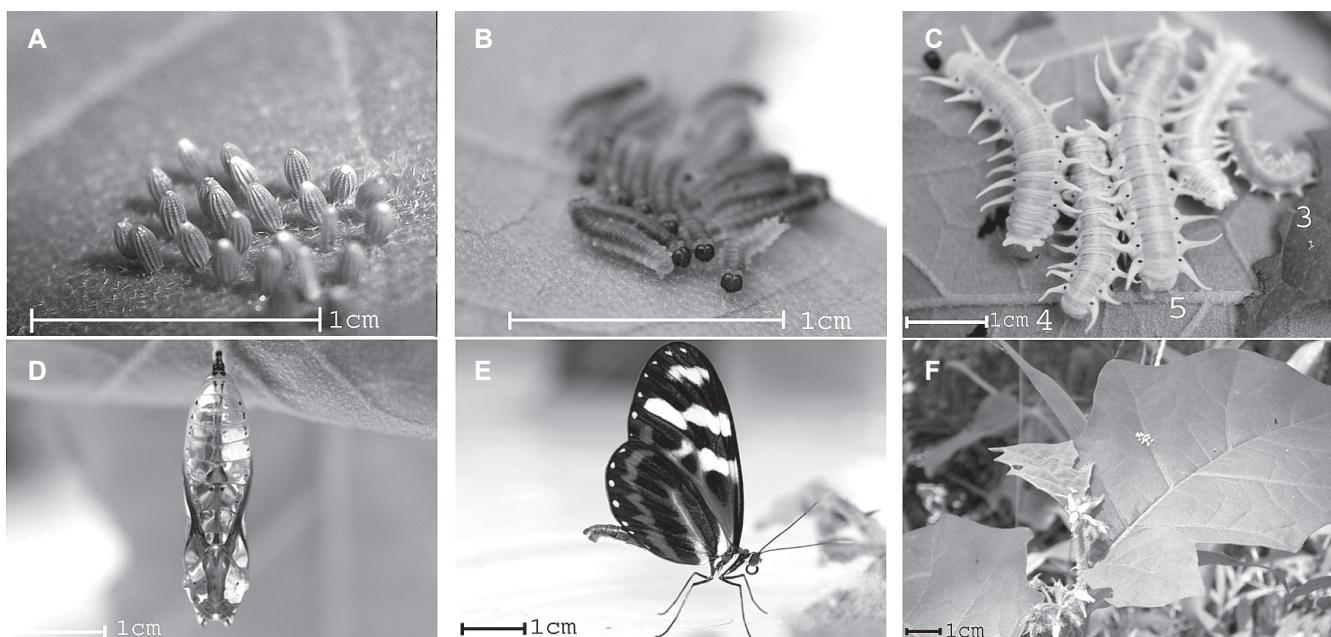


Figura 1. A. Huevos de *M. polymnia*. B. Larvas primer instar. C. Larvas tercer, cuarto y quinto instar. D. Pupa en vista ventral. E. Adulto hembra. F. Espécimen de *S. jamaicense* en campo con postura de *M. polymnia*.

distal de su abdomen sobre la superficie de la hoja en un área reducida para finalmente comenzar la postura.

Estados inmaduros. Los huevos de *M. polymnia* son blancos recién ovipositados, pero ligeramente translúcidos cuando se examinan con detalle, bajo la luz del estereomicroscopio. Tienen forma ovalada y 14 estrías longitudinales profundas que van desde el micrópilo hasta la base del huevo. Estrías transversales superficiales alrededor del huevo son también observables (10X) (Fig. 1A). Los huevos miden 1,5 mm de largo y 1 mm de diámetro en su mayor amplitud (tercio medio). La coloración de los huevos se torna gris oscuro aproximadamente dos horas antes de la eclosión.

Las larvas generalmente consumen totalmente el corión luego de su eclosión. Las larvas miden 3,6 mm (+/- 0,37) de largo y 0,5 mm de ancho. La cápsula cefálica es negra recién eclosionada, pero seis horas después se torna marrón. El cuerpo se observa verde oscuro después de comenzar la alimentación y posee un par de tubérculos reducidos en el pronoto y ocho pares de tubérculos laterales poco desarrollados (Fig. 1B). Las larvas son gregarias al comienzo de su ciclo, se alimentan posadas sobre el envés de la hoja y evitan la ingestión de los tricos estrellados. Este comportamiento fue reportado también por Rathcke y Poole (1975) para *M. polymnia*. Las larvas pasan al envés de la hoja a través del orificio generado a medida que se alimentan y continúan con el mismo comportamiento de alimentación dejando a un lado los tricos no ingeridos.

Las larvas de segundo instar alcanzan 5,93 mm de largo (+/- 0,68) y 1 mm de ancho. Su cápsula cefálica es color marrón; los dos tubérculos blancos del pronoto se hacen más evidentes. Los tubérculos laterales son verde claro y miden 0,5 mm de largo. Las patas torácicas son negras y las pseudopatas son blancas. Las larvas de tercer instar alcanzan 10,17 mm de largo (+/- 0,62) y 1,2 mm de ancho. Su cápsula cefálica es marrón y el abdomen verde oscuro. Los tubérculos laterales son blancos y amarillos en la base, con una mancha negra de forma circular; miden 0,8 mm de longitud. En el tercer estadio las larvas mantienen el comportamiento gregario, pero se ven más distanciadas entre sí. Su cápsula cefálica es marrón y el abdomen es gris oscuro sin líneas longitudinales en el dorso. Los tubérculos laterales son blancos y amarillos en la base. Las larvas de cuarto instar miden 18,37 mm de largo (+/- 0,87) y 1,8 mm de ancho. La cápsula cefálica es de color crema, los tubérculos son blancos y amarillos en la base, miden 1,8 mm de longitud; en la base se observa una mancha circular negra de 0,4 mm de diámetro. El abdomen es gris claro y se hace visible una línea amarilla longitudinal a lo largo del noto. En este instar las larvas se alimentan tanto en el haz como en el envés de la hoja y lo hacen de forma solitaria o en grupos de máximo dos o tres larvas. Las larvas de quinto instar miden 24,39 mm de largo (+/- 0,83) y 33 mm de ancho; conservan las características de coloración del cuarto instar, pero su cápsula cefálica es gris claro (Fig. 1C). Se alimentan en el haz y el envés de la hoja de manera solitaria o gregaria. La prepupa adquiere una coloración amarilla clara y detiene su alimentación. En condiciones de laboratorio, la prepupa se mantiene sobre la planta hospedante pero en condiciones naturales las prepupas nunca fueron observadas sobre las plantas hospedantes. Las pupas recién formadas son amarillas, con los bordes negros. 10 horas más tarde tienen una coloración dorada, la cual permanece hasta el momento

Tabla 1. Duración promedio en días de los diferentes estados y estadios de *M. polymnia* criadas en condiciones de laboratorio.

Estado	Promedio en días	d.e.	n
Instar 1	5,82	0,33	134
Instar 2	3,82	0,80	102
Instar 3	3,90	0,71	98
Instar 4	2,96	0,67	96
Instar 5	3,73	0,83	94
Prepupa	2,72	0,79	94
Pupa	1,21	0,43	94
Instar1	8,40	1,02	94
TOTAL	32,56	1,80	82

d.e. = desviación estándar, n = tamaño de la muestra.

de la emergencia de los adultos. Las pupas miden 18 mm de largo y 7 mm de ancho en vista lateral y 5 mm en vista ventral (Fig. 1D). Cuando el adulto está próximo aemerger la pupa se torna negra y se hacen visibles las manchas amarillas y naranja de las alas. Una vez el adulto emerge se tarda en promedio ocho horas en extender y endurecer completamente sus alas (Fig. 1E). Dado que no se encontraron diferencias significativas en la duración promedio de individuos procedentes de diferentes localidades ($p=0.84$. Datos no mostrados), el promedio de duración del ciclo de vida fue tomado de los datos aleatorizados. El ciclo de vida se inició con un total de 134 huevos, de los cuales 82 llegaron a estado adulto (61,19%); el 54% de estos fueron machos. El ciclo desde huevo hasta adulto tardó en promedio 32,6 días (+/- 1,80) (Tabla 1).

El estado con mayor mortalidad fue el de huevo. Hubo emergencia de microhymenópteros parasitoides en 32 de ellos (23,88%). El estado de pupa también presentó una alta mortalidad ocasionada por una enfermedad no identificada, pero los síntomas visibles se asemejan a aquellos que se presentan enfermedades bacterianas. En el ciclo de vida publicado por Constantino en 1997, cada instar larval tuvo una duración de cuatro días. La diferencia principal con el ciclo registrado en este estudio, es la duración de los instares tres y cinco que en promedio duraron un día menos.

Agradecimientos

Sinceros agradecimientos al Doctor Michael Nee curador Sistemática Botánica del New York Botanical Garden por su ayuda y entrenamiento en la identificación de las plantas hospedantes. Al Doctor Keith Willmott curador del Lepidoptera McGuire Center for Lepidoptera and Biodiversity Florida Museum of Natural History University of Florida por su ayuda en la confirmación de las especies y entrenamiento en el conocimiento de la subfamilia Ithomiinae. Al personal y propietarios de las Haciendas Canoas (Caldas), La Fe (Antioquia) y Finca Taboga (Antioquia) por su hospitalidad y por proporcionar el espacio para el desarrollo de esta investigación. Finalmente a la Facultad de Ciencias, la DIME (20101007738) y el Posgrado de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, por proporcionar los recursos y el insectario para la realización de este trabajo.

Literatura citada

- ACEVEDO, E. 1992. Reconocimiento de plagas y benéficos en el cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) en la zona cafetera de Colombia. Agronomía (Manizales-Colombia) 5 (1): 33-37.
- BECCALONI, G. W.; VILORIA, A. L.; HALL, S. K.; ROBINSON, G. S. 2008. Catálogo de las Plantas Huésped de las Mariposas Neotropicales. m3m-Monografías Tercer Milenio, Volumen 8. Zaragoza -España. 536 p.
- BROWN, K. S. JR.; FREITAS, A. V. 2003. Butterfly communities of urban forest fragments in Campinas, São Paulo, Brazil: structure, instability, environmental correlates, and conservation. Journal of Insect Conservation 6: 217-231.
- CASTELLAR, N.; FIGUEROA, A. 1969. Estudio biológico de dos formas de lepidópteros: *Agraulis vanillae* (Linn.) y *Mechanitis veritabilis* (Butler) en el maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*, D.). Acta agronómica 19 (1): 17-30.
- CONSTANTINO, L. M. 1997. Conocimiento de los ciclos de vida y plantas hospederas de lepidópteros diurnos de Colombia como estrategia para el manejo, uso y conservación de poblaciones silvestres. Seminario Aconteceres Entomológicos. Octubre 30 y 31 (Medellín- Colombia). Páginas.
- DRUMMOND, B. A. III.; BROWN, K. S. JR. 1987. Ithomiinae (Lepid.: Nymphalidae): summary of known larval foodplants. Annals of the Missouri Botanical Garden 74: 341-358.
- DRUMMOND, B. A. III.; BROWN, K. S. JR. 1999. New records of larval host plants for Ithomiinae butterflies (Nymphalidae). Revista Brasileira de Biología 59 (3): 455-459.
- GARCÍA, C. A.; CONSTANTINO, L. M.; HEREDIA, M. D.; KATAN, G. 2002. Mariposas comunes de la cordillera central de Colombia, Guía de campo. Editorial Feriva. Cali -Colombia.
- HABER, W. A. 2001. Clearwing butterflies of Costa Rica (Ithomiinae). Disponible en: <http://www.cs.umb.edu/~whaber/Monte/Ithomid/Ithomid-fram.html>. Fecha de revisión: 25 Enero 2008.
- LAMAS, G.; CALLAGHAN, C. J.; CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, T. H; PYREZ, W.; ROBBINS, R. K.; VILORIA, A. L. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera - Checklist: part 4^a
- Hesperoidea-Papilioidea. Scientific Publications: Florida, Gainesville, Estados Unidos. 439 p.
- NATURAL HISTORY MUSEUM. 2008. Solanaceae Source web site. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/solanaceaesource/>. Fecha revisión: 4 Febrero 2008.
- RATHCKE, B. J.; POOLE, R. W. 1975. Coevolutionary race continues: butterfly larval adaptation to plant trichomes. Science 187 (4172): 175-176.
- VASCONCELLOS-NETO, J. 1980. Dinâmica de populações de Ithomiinae (Lep., Nymphalidae) em Sumaré-SP. Master Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brazil. Páginas.
- VASCONCELLOS-NETO, J. 1986. Interactions between Ithomiinae (Lep., Nymphalidae) and Solanaceae. In: D'Arcy, W. G. (Ed.). Solanaceae: biology and systematics. Columbia University Press, New York, pp. 364-377.
- VASCONCELLOS-NETO, J.; MONTEIRO, R. F. 1993. Inspection and evaluation of host plant by the butterfly *Mechanitis lysimnia* (Nymph., Ithomiinae) before laying a mechanism to reduce intraspecific competition. Oecologia 95: 431-438.
- WILLMOTT, K. R. 2008. Book review. Beccaloni, G. W., Viloria, A. L., Hall, S. K. & Robinson, G. S. (2008). Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies / Catálogo de las Plantas Huésped de las Mariposas Neotropicales. Tropical Lepidoptera. Research 18 (2):124-125.
- WILLMOTT, K. R.; MALLET, J. 2004. Correlations between adult mimicry and larval host plants in Ithomiine butterflies. Proceedings of the Royal Society B. (Suppl.) 271: S266-S269.
- WILLMOTT, K. R.; FREITAS, A. V. 2006. Higher-level Phylogeny of the Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): classification, patterns of larval hostplant colonization and diversification. Cladistics 22 (4): 297-368.
- YOUNG, A.; MOFFETT, M. 1979. Studies on the population biology of the tropical butterfly *Mechanitis isthmia* in Costa Rica. American Midland Naturalist 101 (2): 309-319.

Recibido: 5-mar-2009 • Aceptado: 20-dic-2009

***Solanum hirtum* as a host plant for *Mechanitis menapis menapis* (Lepidoptera: Ithomiinae) in Colombia**

Solanum hirtum como planta hospedera de *Mechanitis menapis menapis* (Lepidoptera: Ithomiinae) en Colombia.

CARLOS EDUARDO GIRALDO S.¹ y SANDRA I. URIBE S.²

Abstract: Specimens of *Mechanitis menapis menapis* (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae) were collected from three localities in the Colombian Andes. Eggs and larvae found on the host plant were collected and studied under laboratory conditions. The plant on which the immatures were found was identified as *Solanum hirtum*, which represents a new host plant record for *Mechanitis menapis* in Colombia. The observations presented contribute to an understanding of the host plants of Neotropical diurnal butterflies, and specifically the Ithomiinae, for Colombia.

Key words: Solanaceae. Life cycle.

Resumen: Especímenes de *Mechanitis menapis menapis* (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae) se recolectaron en tres localidades de los Andes colombianos. Huevos y larvas encontrados en la planta hospedera se recolectaron y estudiaron en condiciones de laboratorio. La planta sobre la cual se encontraron los inmaduros fue identificada como *Solanum hirtum* hallazgo que constituye un nuevo registro de planta hospedera para *Mechanitis menapis* en Colombia. Las observaciones presentadas contribuyen al conocimiento de las plantas hospederas de las mariposas diurnas Neotropicales y en particular de Ithomiinae para Colombia.

Palabras clave: Solanaceae. Ciclo de vida.

Introduction

Mechanitis menapis menapis (Hewitson, 1856) belongs to the family Nymphalidae, subfamily Ithomiinae. This subfamily includes Neotropical butterflies distributed in humid forests from sea level up to 3.000 m and from Mexico to southern Brazil, Paraguay, and across three Caribbean islands (Willmott and Freitas 2006). Ithomiinae species are of special interest as entomological and ecological models because they belong to at least eight distinct mimicry rings (Joron and Mallet 1998) and because they establish particular relationships with host plants, most of which produce alkaloids that are detoxified during the caterpillar life cycle and later used as defenses against natural enemies (Drummond and Brown 1987). Important advances improving the knowledge of Ithomiinae in South America have been recently published (e.g. Drummond and Brown 1987, 1999; Willmott and Mallet 2004; Willmott and Freitas 2006). In Colombia, some publications including host plants records have been made by Constantino (1997a, 1997b) and García *et al.* (2002), but detailed studies related to host plants and life cycle are scarce.

The genus *Mechanitis* has been recorded in the Colombian Andes particularly in coffee growing areas of Antioquia and Caldas departments (Constantino 1997a). The genus is taxonomically difficult and identification to the species level is mainly achieved using morphological characters such as wing color pattern and venation. Variation in color pattern among some species and subspecies, however, makes identification difficult (Brown 1977). Brown (1977) reviewed the taxonomy of *Mechanitis* and *Melinaea*, but studies are still

lacking on relevant characters as derived from immature instars, and aspects such as host plant range and life cycle detail. Regarding his work, Brown (1977) stated: "it is not claimed that this represents a final taxonomic revision, as much field, insectary, genetic, cytological, physiological and biochemical work must still be undertaken before a complete and definitive comprehension of these groups can be achieved."

Interactions between Ithomiinae butterflies and Solanaceae plants have been well documented (Drummond and Brown 1987, 1999; Willmott and Mallet 2004). Records of *Mechanitis* larvae feeding on *Solanum* plants have been reported in Brazil, Costa Rica and Colombia (Vasconcellos-Neto 1986; Acevedo 1992; Constantino 1997a; Haber 2001). According to Willmott and Mallet (2004), and based on an extensive compilation from different authors, there are more than 35 *Solanum* host plants registered for *Mechanitis* species. As an example, *M. lysimnia* (Fabricius, 1793) females have been observed laying eggs on the leaves of at least five prickly *Solanum* species in southeast of Brazil (Vasconcellos-Neto and Monteiro 1993). In Colombia, Constantino (1997a), recorded *M. polynnia* (Linnaeus, 1758) feeding on *S. torvum* (Sw., 1788) and *S. quitoense* (Lam., 1794) and *M. menapis* on *S. torvum*, *S. hispidum* (*S. asperolanatum* Ruiz & Pav., 1799), *S. nigrum* (L., 1753) and *S. mammosum* (*S. circinatum* Bohs, 1995).

The high diversity of the genus *Solanum*, estimated at approximately 1400 species (Bosh 2005) with 163 restricted to Colombia (NHM 2008), and the morphological similarity between species, have contributed to a poor understanding of *Solanum* host plants for Ithomiinae in Colombia, including

¹ Ingeniero Agrónomo, candidato a Maestría en Biología Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Sistemática Molecular, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correspondencia: Calle 59A No 63-20. Bloque 18-102 Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. *cegiral0@unalmed.co*. Autor para correspondencia.

² Ingeniera Agrónoma, M. Sc., Ph. D. Profesora asociada Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Grupo de Investigación en Sistemática Molecular. Calle 59A No 63-20. Bloque 18-102 Medellín, Colombia.

for *Mechanitis*. In this work we report *Solanum hirtum* Vahl. as a host plant for *M. menapis menapis* in Colombia.

Materials and Methods

Biological material was obtained during fieldwork from three localities in the Andean region of Colombia. Santa Fé de Antioquia (500 m elevation, 6°32'08,19" N, 75°49'41,32" W) Valparaíso Antioquia (1000 m elevation 5°41'32,86"N, 75°38'24,14"W), and Anserma Caldas (840 m elevation 5°10'35,01"N, 75°40'51,84"W). Eggs and larvae were collected from plant leaves and plant samples were taken for the later taxonomic identification. Plants were identified using Whalen *et al.* (1981) and Bohs (2005) and by comparison with specimens deposited at the Herbarium MEDEL, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Species identities were confirmed by an expert of the *Solanum* genus, Dr. Lynn Bosh. Voucher specimens were deposited in the Herbarium MEDEL.

Immature stages were reared under laboratory conditions in the insectarium at the Universidad Nacional de Colombia, Medellín (1538 m elevation, 27°C and 45% humidity). Selected branches with eggs or larvae were taken from the plants and transported to the insectarium. There, each stem was hydrated with water and put into a cage made of wood and mesh (20 X 30 X 29 cm). Branches were replaced after larvae consumed them. Length and width measurements of the larvae were taken after each molt. Insects remained in the cages until eclosion of the imago. Adult butterflies obtained were mounted and deposited at the Entomological Museum Francisco Luis Gallego (MEFLG) of the Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Adults were sexed and identified using morphological characters and field guides (Brown 1977; García *et al.* 2002). Species identities were also confirmed by Gerardo Lamas (Museum of Natural History, Universidad Nacional Mayor de San Marcos).

Results and Discussion

Plant samples where immature stages of *Mechanitis* were found and reared corresponded to *S. hirtum* (Fig. 1A). *S. hirtum* is distributed from Peru to Central America (Bohs 2005) and was previously reported as a host plant for *M. isthmia* (*M. polymnia isthmia* H. W. Bates, 1863) by Rathcke and Poole (1975) and Drummond and Brown (1987) in Venezuela. In Colombia, it has not previously been reported as a host plant for *Mechanitis*.

The life cycle from egg to adult lasted 30 days with five instars exhibited. In the field, the eggs were found distributed individually or in small clusters (Fig. 1B), usually on the upper leaf surface of young plants <1 m tall. A total of 109 eggs were collected and reared of which 63 reached adult stage (57.8%). Of these, 33 were males (52.38%) and 30 were females (47.62%).

After hatching, first instars ate a part of the egg shell and a small part of the leaf, making a hole through which they passed to the inner leaf surface. They then weaved a web on the leaf's stellate trichomes on which they were able to move. According to Rathcke and Poole (1975), such behavior in *M. isthmia* (*M. polymnia isthmia*) is an adaptation for feeding on *Solanum* plants. Larvae begin to eat at the edge of the same hole they passed through before to fed on the upper leaf surface. First instars have a black cephalic capsule. The body is clear before eating and then turns dark green due to food. They have eight pairs of almost imperceptible, undeveloped, lateral tubercles above the prolegs. Their thoracic legs and prolegs are white. The body is 3 mm long and 0.7 mm wide after eclosion (Fig. 1C). One day later, the legs are black and prolegs are white; the body is 5 mm long and 0.7 mm wide.

Second instars are 7 mm long and 2.0 mm wide; their lateral tubercles are white and larger (0.5 mm). The cephalic capsule is black and the body is grey from the head until the sixth abdominal segment. The other segments are white. Prolegs are grey. Third instars are 18 mm long and 2.5 mm wide.

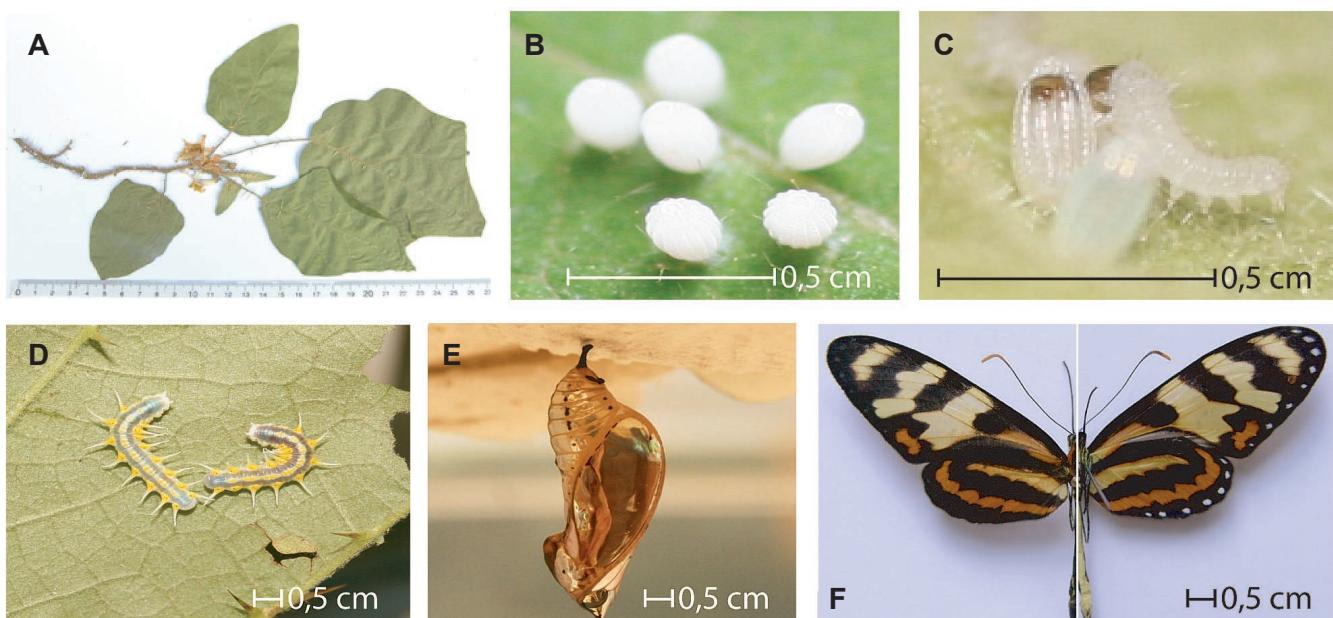


Figure 1. A. *Solanum hirtum* B. Eggs C. first instar larvae eclosion. D. Fifth instar larvae. E. Pupae, F. Male adult dorsal view (Left) and ventral view (Right).

The cephalic capsule and body are grey, but the central part and bases of the tubercles are yellow. For this instar, abdominal tubercles are well developed (1 mm). Posterior instars (fourth) have similar coloration but are different in size (21 x 3.0 mm; tubercles 2 mm). The last instar (fifth) is 25 mm long and 4 mm wide; the tubercles are 5 mm long, the color turns purple along the body (Fig. 1D). Before pupation, the larvae turn yellow and stop feeding. Pupae are yellow on the first day and then become golden (Fig. 1E). The finding of five larval instars is in accordance with previous results from Constantino (1997a) for this species and for many other species of Ithomiinae (Willmott 2009). For morphological comparisons there are no published details of immature stages for *M. menapis*.

The finding of *S. hirtum* as host plant of *M. menapis* in Colombia highlights the importance of this kind of study that reveals details of the butterfly-host plant interaction. It is clear that in Colombia information related to this aspect, and based on ecological data and field studies, is quite scarce. There is only one previously published work in Colombia reporting host plants for *M. menapis* (Constantino 1997a). This work reported other *Solanum* species but not *S. hirtum*. Our study on *M. menapis* and others in Costa Rica and Ecuador (Drummond and Brown 1987; Haber 2001) indicate that the genus *Solanum* is perhaps the only one used by *M. menapis*.

Other *Mechanitis* species such as *M. polynnia* and *M. lysimnia* also lay eggs in *S. hirtum* as indicated by the observations of Drummond and Brown (1987) in Venezuela. Both species are morphologically similar and their taxonomic status and host plants records in Colombia are also being revised by the authors.

Although *Solanum* appears to be the most important host plant genus for *Mechanitis*, other genera such as *Brugmansia*, *Brunfelsia*, *Cyphomandra*, *Datura*, *Jaltomata* and *Nicandra* have been previously reported in Brazil, Costa Rica, Ecuador, Uruguay and Venezuela (Beccaloni *et al.* 2008), and their importance as host plants in Colombia has not been determined. Intensive studies are needed on local populations with different life histories, ecology and biochemical properties. This type of investigation is necessary to answer important questions such as why butterflies evolve to use a particular host plant or set of host plants, and what phenotypic and micro-evolutionary alternatives are open to a population in exploiting the food plant resource.

Acknowledgements

We thank Andre Freitas who encouraged us to study Ithomiinae in Colombia and helped us at every step, as well as Keith Willmott for his support and training. We also thank Gerardo Lamas (Museum of Natural History, Universidad Nacional Mayor de San Marcos) and Lynn Bohs (University of Utah, USA) for their valuable collaboration and advice for identifying the butterfly and plant species, respectively. Finally, we thank Jorge Perez (curator, Herbarium MEDEL) and the Sciences School and Entomology postgraduate program at the Universidad Nacional de Colombia that supported the insectarium as a research space. This work was supported by the Direction for Investigation Universidad Nacional de Colombia, Medellin, grant 20101007738.

Cited literature

- ACEVEDO, E. 1992. Reconocimiento de plagas y benéficos en el cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) en la zona cafetera de Colombia. Agronomía (Manizales-Colombia) 5 (1): 33-37.
- BECCALONI, G. W.; VILORIA, A. L.; HALL, S. K.; ROBINSON, G. S. 2008. Catálogo de las Plantas Huésped de las Mariposas Neotropicales. m3m-Monografías Tercer Milenio, Volumen 8. Zaragoza -España. 536 p.
- BOHS, L. 2005. Major clades in *Solanum* based on ndhF sequence data. Monographs in Systematic Botany 104: 27-50.
- BROWN, K. S. JR. 1977. Geographical patterns of evolution in Neotropical Lepidoptera: differentiation of the species of *Melinaea* and *Mechanitis* (Nymphalidae, Ithomiinae). Systematic Entomology 2: 161-167.
- CONSTANTINO, L. M. 1997a. Conocimiento de los ciclos de vida y plantas hospederas de lepidópteros diurnos de Colombia como estrategia para el manejo, uso y conservación de poblaciones silvestres. Seminario Aconteceres Entomológicos. Octubre 30 y 31 (Medellín- Colombia). Pp. 57-81.
- CONSTANTINO, L. M. 1997b. Lepidópteros diurnos del Chocó biogeográfico: Diversidad, alternativas productivas sostenibles y estrategias de conservación. Conf. Magistral. Memorias XXIV Congreso SOCOLEN. Pereira, Julio 16-18 de 1997. 47-74 p.
- DRUMMOND, B. A. III; BROWN, K. S. JR. 1987. Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): summary of known larval food plants. Annals of the Missouri Botanical Garden 74: 341-358.
- DRUMMOND, B. A. III; BROWN, K. S. JR. 1999. New records of larval host plants for Ithomiinae butterflies (Nymphalidae). Revista Brasileira de Biología 59 (3): 455-459.
- GARCÍA, C. A.; CONSTANTINO, L. M.; HEREDIA, M. D.; KATAN, G. 2002. Mariposas comunes de la cordillera central de Colombia, Guía de campo. Editorial Feriva. Cali -Colombia. 130 p.
- HABER, W. A. 2001. Clearwing butterflies of Costa Rica (Ithomiinae). Web site. <http://www.cs.umb.edu/~whaber/Monte/Ithomid/Ithomid-fram.html>.
- JORON, M.; MALLET, J. 1998. Diversity in mimicry: paradox or paradigm?. Trends in Ecology and Evolution 13 (1): 461-466.
- NHM (NATURAL HISTORY MUSEUM). 2008. Solanaceae Source web site. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/solanaceaesource>.
- RATHCKE, B. J.; POOLE, R. W. 1975. Coevolutionary race continues: butterfly larval adaptation to plant trichomes. Science New Series 187 (4172): 175-176.
- VASCONCELLOS-NETO, J. 1986. Interactions between Ithomiinae (Lep., Nymphalidae) and Solanaceae, pp. 364-377. D'Arcy WG (Ed.). Solanaceae: biology and systematics. Columbia University Press, New York.
- VASCONCELLOS-NETO, J.; MONTEIRO, R. F. 1993. Inspection and evaluation of host plant by the butterfly *Mechanitis lysimnia* (Nymphalidae: Ithomiinae) before laying: a mechanism to reduce intraspecific competition. Oecologia 95: 431-438.
- WHALEN, M. D.; COSTICH, D. E.; HEISER, C. B. 1981. Taxonomy of *Solanum* section Lasiocarpa. Gentes Herbarum 12: 41-129.
- WILLMOTT, K. R. 2009. Immature stages of Ithomiinae. Web site. http://www.flmnh.ufl.edu/butterflies/neotropica/ith_imm.html.
- WILLMOTT, K. R.; MALLET, J. 2004. Correlations between adult mimicry and larval host plants in Ithomiinae butterflies. Proceedings of the Royal Society B. (Suppl.) 271: S266-S269.
- WILLMOTT, K. R.; FREITAS, A. V. 2006. Higher-level phylogeny of the Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): classification, patterns of larval hostplant colonization and diversification. Cladistics 22 (4): 297-368.

Arañas asociadas a la floración de *Drimys granadensis* (Winteraceae)

Spiders associated with the flowering of *Drimys granadensis* (Winteraceae)

XAVIER MARQUÍNEZ¹, JULIANA CEPEDA², KATHERINE LARA³ y RODRIGO SARMIENTO⁴

Resumen: *Drimys granadensis* (Winteraceae) es un árbol frecuente en los bosques altoandinos, con un sistema de polinización entomófilo abierto. En este trabajo se identificaron las arañas asociadas a *D. granadensis* en relación con las fases fenológicas florales y con los insectos visitantes. Encontramos un total de 53 adultos de arañas de siete familias (Araneidae, Thetragnathidae, Theridiidae, Linyphiidae, Thomisidae, Salticidae y Aniphaenidae) y 12 morfoespecies. Las arañas tuvieron preferencia por flores en fase femenina y hermafrodita donde los dípteros fueron más abundantes. Se encontró una especie de *Thwaitesia* (Theridiidae) forrageando exudados de los estigmas. Esta especie presenta abdomen con coloración similar a las anteras y un cuerpo transparente que le ayuda a pasar desapercibida dentro de las flores. El camuflaje es también usado para cazar por una especie de *Misumena* (Thomisidae) que se asemeja en color y forma a un botón floral de *D. granadensis*.

Palabras clave: Fase floral. Visitantes florales. *Misumena*. *Thwaitesia*.

Abstract: *Drimys granadensis* (Winteraceae) is a common tree in the high-Andean forests, with a system of open pollination by insects. In this work we identified the spiders associated with *D. granadensis* in relation to the floral phenological phases and the visiting insects. We found a total of 53 mature spiders from seven families (Araneidae, Thetragnathidae, Theridiidae, Linyphiidae, Thomisidae, Salticidae and Aniphaenidae) and 12 morphospecies. The spiders had a preference for flowers in the female and hermaphrodite phases where the dipterans were more abundant. We found a species of *Thwaitesia* (Theridiidae) foraging exudates of the stigmata. This species has an abdomen with coloration similar to the anthers and a transparent body that helps them be imperceptible in the flowers. The camouflage is also used to hunt by a species of *Misumena* (Thomisidae), which is similar in color and form to a *D. granadensis* flower bud.

Key words: Floral phase. Floral visitors. *Misumena*. *Thwaitesia*.

Introducción

Drimys granadensis L.f., 1781, conocido comúnmente como “canelo de páramo”, se encuentra distribuido en el norte de los Andes (Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y en las zonas montañosas de Centro América (Costa Rica y México), entre los 1600 y 3200 msnm; Thien (1980) reportó que en Chiapas (Méjico) sus visitantes florales fueron coleópteros, dípteros e himenópteros, en tanto que Marquínez *et al.* (2009) reportó como visitantes florales en Cundinamarca (Colombia) a seis órdenes, 21 familias y 29 especies de insectos; cuatro especies de coleópteros y dos de dípteros se consideraron como polinizadoras por su abundancia y carga de polen. Las flores de *Drimys brasiliensis* Miers, 1858, son visitadas por siete órdenes de insectos, siendo la polinización debida principalmente a coleópteros, dípteros y tisanópteros (Gottsberger *et al.* 1980). Weberling (2007; basado en Gottsberger *et al.* 1980) consideró que el género *Drimys* presenta un sistema de polinización abierto, entomófilo generalista. Ninguna investigación previa registra arañas asociadas a la floración de *Drimys* o de algún otro género de Winteraceae (Marquínez 2008).

Las arañas es el orden de depredadores de insectos más diversificado, con una gran cantidad de estrategias de caza, lo

que permite subdividirlas ecológicamente en gremios; estos corresponden a taxones con una estrategia de caza similar que consumen con más efectividad presas asociadas a un hábitat determinado (Foelix 1996). Uetz *et al.* (1999) establecieron seis grandes gremios: acechadoras, errantes en follaje, errantes en suelo; tejedoras con tela en sabana, con tela irregular y con tela orbicular. En el presente estudio se realizó un acercamiento a la asociación arañas – *Drimys granadensis*, para dar respuesta a las siguientes preguntas: (1) ¿Cuáles especies, familias y gremios de arañas se encuentran asociados a *D. granadensis* durante su floración? y (2) ¿Qué recursos aporta *D. granadensis* a dichas arañas?

Materiales y Métodos

Se estudió una población de *Drimys granadensis* situada en Altos de Yerbabuena, cerros orientales de Bogotá (4°52'40"N, 74°00'04"W; 2808 msnm; Cundinamarca, Colombia), entre el 12 de septiembre y el 5 de octubre de 2005. Se seleccionaron doce árboles con flores en estado de botón. Cada una de las flores fueron clasificadas diariamente en las fases fenológicas: Antesis, femenina, hermafrodita, masculina y senescencia; alternando con esta determinación, se hicieron observaciones y capturas diurnas de los insectos y arañas,

¹ Ph. D. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Apartado aéreo 14490. *xmarquinezc@unal.edu.co*. Autor para correspondencia.

² Bióloga, Candidata a M. Sc. en Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia. *jcepedad@unal.edu.co*, *juliana.cephedav@gmail.com*.

³ Bióloga, Universidad Nacional de Colombia. *klaras@unal.edu.co*, *kalara77@lycos.com*.

⁴ Biólogo, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. *rasarmientog@unal.edu.co*.

manualmente o con red entomológica, y anotando el lugar de captura: sobre la inflorescencia (volando alrededor de las flores o posado sobre pedúnculos o pedicelos) o sobre la flor, teniendo en cuenta en este caso su fase fenológica; se registraron también los recursos utilizados: polen, néctar del conectivo de los estambres, exudado estigmático, lugar de caza o refugio. Para la determinación taxonómica de las arañas se consultó a Levi y Levi (1962), Levi (1991, 2002) y para los insectos a Mc. Alpine *et al.* (1985), Borror *et al.* (1992), y Marvaldi y Lantei (2005). Los especímenes fueron etiquetados y depositados en la colección del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN).

Resultados y Discusión

Se encontraron 53 individuos adultos de arañas agrupados en cinco gremios: acechadoras, errantes en follaje, errantes en suelo, tejedoras con tela en sábana, con tela irregular y con tela orbicular; siete familias así: Anypheenidae, Araneidae, Linyphiidae, Salticidae, Theridiidae, Thetragnathidae y Thomisidae y 12 morfoespecies (Tabla 1). Las familias más abundantes fueron Linyphiidae (37,7%) y Theridiidae (24,5%), lo cual coincide con Cepeda y Flórez (2007) para un bosque altoandino colombiano. De los 35 individuos de arañas que tienen información sobre el lugar de captura, 19 fueron encontrados en las inflorescencias de *Drimys*, en telas o sobre pedúnculos o pedicelos, en tanto que 16 fueron capturados sobre las flores mismas (Tabla 1). Se encontraron 140 individuos de insectos, correspondientes a 28 morfoespecies y seis órdenes: Coleoptera (37 individuos en total; 21 Curculionidae, ocho Chrysomelidae, siete Cantharidae y un Cara-

bidae), Diptera (81 individuos en total; 26 Chironomidae, 23 Sciaridae, 13 Bibionidae, 12 Empididae, 9 Dolichopodidae; cf. Marquinez *et al.* (2009)).

Las flores de *Drimys granadensis* atrajeron, mediante oferta de recursos, a insectos que constituyen polinizadores potenciales; los dípteros buscaban en las flores principalmente exudados estigmáticos y ocasionalmente también exudados derivados del conectivo de los estambres, más abundantes en las fases florales femenina y hermafrodita; los coleópteros, además de estos exudados, también consumieron polen presente en las fases florales hermafrodita y masculina (Marquinez *et al.* (2009)). Debido a lo anterior, los coleópteros visitaron con similar frecuencia flores en fase femenina (32,1% de las observaciones) (Tabla 1), hermafrodita (32,1%) y masculina (21,4%), en tanto que los dípteros tuvieron preferencia por la fase femenina (60%), seguida de la fase hermafrodita (11,7%) y finalmente por la fase masculina (4%) (Tabla 1). Los insectos visitantes fueron, a su vez, recursos cazados por las arañas en las inflorescencias o en las flores mismas; el hecho de que las arañas encontradas en las flores tuvieran preferencia por las fases florales femenina y masculina (68,8% y 25%, cf. Tabla 1) y las observaciones ocasionales de caza (Figs. 1A y 1B), sugieren que el principal recurso capturado por las arañas son los dípteros.

Todas las especies errantes en follaje y tejedoras orbiculares, así como los salticidos (Fig. 1E) del gremio cazadoras al acecho, se encontraron asociadas exclusivamente a los pedúnculos o pedicelos de las inflorescencias (Tabla 1), utilizando como sitio de caza, o bien como estructura para el sostentimiento de telarañas (Fig. 1A), aprovechando la alta disponibilidad de presas correspondiente a los visitantes en

Tabla 1. Número de individuos recolectados de arañas indicando gremio, familia y especie y ordenes de insectos en las inflorescencias y flores de *Drimys granadensis*.

Arañas			Fase fenológica floral								
Gremio	Familia	Género-especie	Inicio antesis	Fem.	Herm.	Masc.	Inflor.	Sin datos	Total		
Tejedoras orbitelares	Araneidae	<i>Alpaida variabilis</i> Keyserling 1864	0	0	0	0	1	1	2		
Tejedoras orbitelares	Araneidae	<i>Aculepeira</i> sp.	0	0	0	0	0	2	2		
Tejedoras orbitelares	Thetragnathidae	<i>Chrisometa</i> sp.	0	0	0	0	2	1	3		
Tejedoras irregulares	Theridiidae	<i>Twaistesia</i> sp 1.	0	3	1	0	1	6	11		
Tejedoras irregulares	Theridiidae	<i>Twaistesia</i> sp 2.	0	1	0	0	1	0	2		
Tejedoras en sábana	Linyphiidae	<i>Dubiaranea</i> sp.	0	2	0	0	5	4	11		
Tejedoras en sábana	Linyphiidae	Subfamilia Erigonine	0	2	2	0	5	2	9		
Cazadoras al acecho	Thomisidae	af. <i>Misumenoides</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1		
Cazadoras al acecho	Thomisidae	af. <i>Misumena</i> sp 1.	1	2	0	0	2	0	5		
Cazadoras al acecho	Thomisidae	af. <i>Misumena</i> sp 2.	0	0	1	0	0	0	1		
Cazadoras al acecho	Salticidae		0	1	0	0	1	1	3		
Errante en follaje	Anypheenidae		0	0	0	0	3	0	3		
Total arañas			1	11	4	0	19	18	0		
Insectos											
Diptera			3	30	7	2	7	0	50		
Coleoptera			2	9	9	6	2	0	28		

Inicio antesis: luego de la ruptura de caliptra y antes de la apertura completa de los pétalos; **Fem.:** femenina; **Herm.:** hermafrodita; **Masc.:** masculina, **Inflor.:** especímenes capturados fuera de las flores, sobre telarañas, o sobre pedúnculos, pedicelos o bracteas de la inflorescencia.

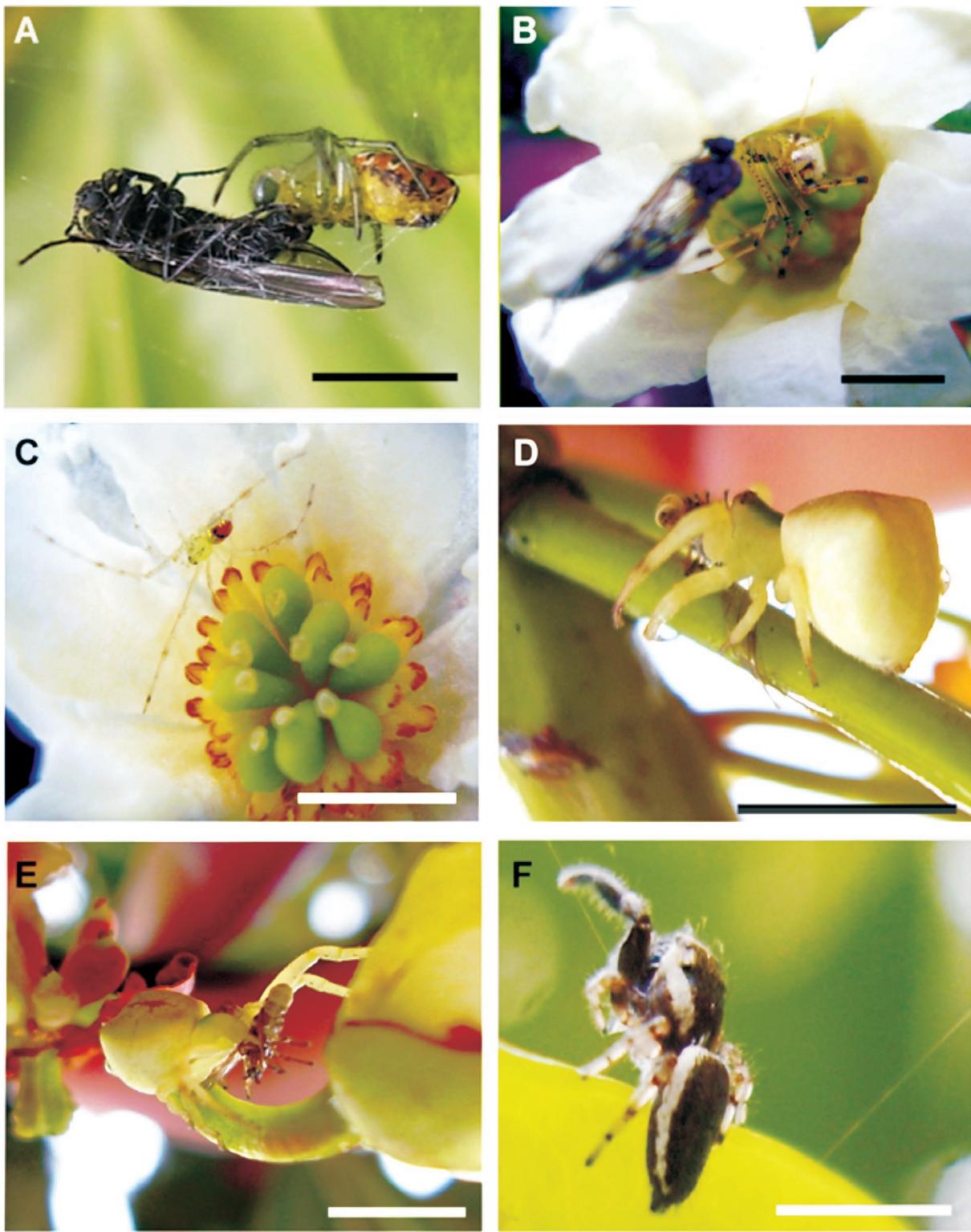


Figura 1. Arañas asociadas a *Drimys granadensis* durante la floración. **A.** *Alpaida variabilis* depredando a *Dilophus* sp.; **B.** *Twaitesia* sp. depredando a un Tipúlido; **C.** *Twaitesia* sp. 1 sobre flor de *D. granadensis*; **D.** *Misumena* sp. 1 sobre pedúnculo de la inflorescencia de *Drimys granadensis*; **E.** *Misumena* sp. 1 depredando a una larva de coleóptero; **F.** Salticidae al acecho en una hoja cercana a una inflorescencia de *D. granadensis*. Escala = 0.5 mm.

su recorrido hacia las flores. Las tejedoras en sábana se hallaron en telas asociadas a las inflorescencias, pero también en las flores de *Drimys* (Tabla 1); las tejedoras irregulares del género *Thwaitesia* se observaron cazando dentro o fuera de

las flores (Figs. 1B, C); su abdomen con coloración similar a las anteras de los estambres y su cuerpo transparente les ayudó a pasar desapercibidas dentro de las flores, especialmente los juveniles (Fig. 1C); adicionalmente, se encontró a

Thwaitesia sp.1 forajeando exudados de los estigmas, comportamiento reportado previamente en salticidos (Jackson *et al.* 2001). Las cazadoras al acecho del género *Misumena* se asemejan en color y forma a un botón floral de *D. granadensis*, utilizando este camuflaje para cazar (Figs. 1D, E).

Agradecimientos

A Eduardo Flórez (ICN, UNC-B), al Instituto para el Desarrollo de la Ciencias y la Tecnología “Francisco José de Caldas”, COLCIENCIAS por el préstamo-beca dado a XM mediante el Programa de apoyo a doctorados nacionales 2004 y a la Universidad Nacional de Colombia por la contrapartida.

Literatura citada

- BORROR, D. J.; TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 1992. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishers. Fort Worth, Orlando. 875 p.
- CEPEDA, J.; FLÓREZ, E. 2007. Arañas tejedoras: uso de diferentes microhabitats en un bosque andino de Colombia. Revista Ibérica de Aracnología 14: 39-48.
- FOELIX, R. F. 1996. Biology of spiders. 2 Ed. Oxford University Press, US. 330 p.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER, G. I.; EHRENDORFER, F. 1980. Reproductive biology in the primitive relict angiosperm *Drimys brasiliensis* (Winteraceae). Plant Systematics and Evolution 135: 11-39.
- JACKSON, R.; POLLARD, S.; NELSON, X.; EDWARDS, G. B.; BARRION, A. 2001. Jumping spiders (Araneae: Salticidae) that feed on nectar. Journal of Zoology 255: 25-29.
- LEVI, H. W.; LEVI, L. R. 1962. The genera of the spider family Theridiidae. Bulletin of Museum of Comparative Zoology 127: 1-71.
- LEVI, H. W. 1991. The Neotropical and Mexican species of the Orb-Weaver genera *Araneus*, *Dubiepeira* and *Aculepeira*. Bulletin of Museum of Comparative Zoology 152: 167-315.
- LEVI, H. W. 2002. Keys to the genera of the Araneid Orbweavers (Araneae, Araneidae) of the Americas. Journal of Arachnology 30: 527-562.
- MARQUÍNEZ, X. 2008. Filogenia y biogeografía del género *Drimys* (Winteraceae) [Tesis de Doctorado]. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 333p.
- MARQUÍNEZ, X.; SARMIENTO, R.; LARA, K. 2009. Fenología floral y visitantes florales en *Drimys granadensis* L.f. (Winteraceae). Acta Biológica Colombiana 14:47-60.
- MARVALDI, A. E.; LANTEI, A. A. 2005. Clave de taxones superiores de gorgojos sudamericanos basada en caracteres de adultos (Coleoptera, Curculionidae). Revista Chilena de Historia Natural. 78: 65-87.
- MC. ALPINE, J. F.; PETERSON, B. V.; SHEWELL, G. E.; TESKEY, H. J.; VOCKROTH, J. R.; WOOD, D. M. 1985. Manual of Nearctic Diptera. Vol. 1. Biosystematic Research Institute, Monograph No. 27, Canada. Ottawa. 680 p.
- THIEN, L.B. 1980. Patterns of pollination in the primitive angiosperms. Biotropica 12: 1-13.
- UETZ, G. W.; HALAJ, J.; CADY, A. 1999. Guild structure of spiders in major crops. Journal of Arachnology 27: 270-280.
- WEBERLING, F. 2007. The problem of generalized flowers: morphological aspects. Taxon 56: 707-716.

Recibido: 11-feb-2009 • Aceptado: 5-sep-2009

Nota científica

Arañas asociadas a la floración de *Drimys granadensis* (Winteraceae)Spiders associated with the flowering of *Drimys granadensis* (Winteraceae)XAVIER MARQUÍNEZ¹, JULIANA CEPEDA², KATHERINE LARA³ y RODRIGO SARMIENTO⁴

Resumen: *Drimys granadensis* (Winteraceae) es un árbol frecuente en los bosques altoandinos, con un sistema de polinización entomófilo abierto. En este trabajo se identificaron las arañas asociadas a *D. granadensis* en relación con las fases fenológicas florales y con los insectos visitantes. Encontramos un total de 53 adultos de arañas de siete familias (Araneidae, Thetragnathidae, Theridiidae, Linyphiidae, Thomisidae, Salticidae y Aniphinaeidae) y 12 morfoespecies. Las arañas tuvieron preferencia por flores en fase femenina y hermafrodita donde los dípteros fueron más abundantes. Se encontró una especie de *Thwaitesia* (Theridiidae) forrageando exudados de los estigmas. Esta especie presenta abdomen con coloración similar a las anteras y un cuerpo transparente que le ayuda a pasar desapercibida dentro de las flores. El camuflaje es también usado para cazar por una especie de *Misumena* (Thomisidae) que se asemeja en color y forma a un botón floral de *D. granadensis*.

Palabras clave: Fase floral. Visitantes florales. *Misumena*. *Thwaitesia*.

Abstract: *Drimys granadensis* (Winteraceae) is a common tree in the high-Andean forests, with a system of open pollination by insects. In this work we identified the spiders associated with *D. granadensis* in relation to the floral phenological phases and the visiting insects. We found a total of 53 mature spiders from seven families (Araneidae, Thetragnathidae, Theridiidae, Linyphiidae, Thomisidae, Salticidae and Aniphinaeidae) and 12 morphospecies. The spiders had a preference for flowers in the female and hermaphrodite phases where the dipterans were more abundant. We found a species of *Thwaitesia* (Theridiidae) foraging exudates of the stigmata. This species has an abdomen with coloration similar to the anthers and a transparent body that helps them be imperceptible in the flowers. The camouflage is also used to hunt by a species of *Misumena* (Thomisidae), which is similar in color and form to a *D. granadensis* flower bud.

Key words: Floral phase. Floral visitors. *Misumena*. *Thwaitesia*.

Introducción

Drimys granadensis L.f., 1781, conocido comúnmente como “canelo de páramo”, se encuentra distribuido en el norte de los Andes (Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y en las zonas montañosas de Centro América (Costa Rica y México), entre los 1600 y 3200 msnm; Thien (1980) reportó que en Chiapas (Méjico) sus visitantes florales fueron coleópteros, dípteros e himenópteros, en tanto que Marquínez *et al.* (2009) reportó como visitantes florales en Cundinamarca (Colombia) a seis órdenes, 21 familias y 29 especies de insectos; cuatro especies de coleópteros y dos de dípteros se consideraron como polinizadoras por su abundancia y carga de polen. Las flores de *Drimys brasiliensis* Miers, 1858, son visitadas por siete órdenes de insectos, siendo la polinización debida principalmente a coleópteros, dípteros y tisanópteros (Gottberger *et al.* 1980). Weberling (2007; basado en Gottberger *et al.* 1980) consideró que el género *Drimys* presenta un sistema de polinización abierto, entomófilo generalista. Ninguna investigación previa registra arañas asociadas a la floración de *Drimys* o de algún otro género de Winteraceae (Marquínez 2008).

Las arañas es el orden de depredadores de insectos más diversificado, con una gran cantidad de estrategias de caza, lo

que permite subdividirlas ecológicamente en gremios; estos corresponden a taxones con una estrategia de caza similar que consumen con más efectividad presas asociadas a un hábitat determinado (Foelix 1996). Uetz *et al.* (1999) establecieron seis grandes gremios: acechadoras, errantes en follaje, errantes en suelo; tejedoras con tela en sabana, con tela irregular y con tela orbicular. En el presente estudio se realizó un acercamiento a la asociación arañas – *Drimys granadensis*, para dar respuesta a las siguientes preguntas: (1) ¿Cuáles especies, familias y gremios de arañas se encuentran asociados a *D. granadensis* durante su floración? y (2) ¿Qué recursos aporta *D. granadensis* a dichas arañas?

Materiales y Métodos

Se estudió una población de *Drimys granadensis* situada en Altos de Yerbabuena, cerros orientales de Bogotá (4°52'40"N, 74°00'04"W; 2808 msnm; Cundinamarca, Colombia), entre el 12 de septiembre y el 5 de octubre de 2005. Se seleccionaron doce árboles con flores en estado de botón. Cada una de las flores fueron clasificadas diariamente en las fases fenológicas: Antesis, femenina, hermafrodita, masculina y senescencia; alternando con esta determinación, se hicieron observaciones y capturas diurnas de los insectos y arañas,

¹ Ph. D. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Apartado aéreo 14490. *xmarquinezc@unal.edu.co*. Autor para correspondencia.

² Bióloga, Candidata a M. Sc. en Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia. *jcepedad@unal.edu.co*, *juliana.cephedav@gmail.com*.

³ Bióloga, Universidad Nacional de Colombia. *klaras@unal.edu.co*, *kalara77@lycos.com*.

⁴ Biólogo, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. *rasarmientog@unal.edu.co*.

manualmente o con red entomológica, y anotando el lugar de captura: sobre la inflorescencia (volando alrededor de las flores o posado sobre pedúnculos o pedicelos) o sobre la flor, teniendo en cuenta en este caso su fase fenológica; se registraron también los recursos utilizados: polen, néctar del conectivo de los estambres, exudado estigmático, lugar de caza o refugio. Para la determinación taxonómica de las arañas se consultó a Levi y Levi (1962), Levi (1991, 2002) y para los insectos a Mc. Alpine *et al.* (1985), Borror *et al.* (1992), y Marvaldi y Lantei (2005). Los especímenes fueron etiquetados y depositados en la colección del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN).

Resultados y Discusión

Se encontraron 53 individuos adultos de arañas agrupados en cinco gremios: acechadoras, errantes en follaje, errantes en suelo, tejedoras con tela en sábana, con tela irregular y con tela orbicular; siete familias así: Anypheenidae, Araneidae, Linyphiidae, Salticidae, Theridiidae, Thetragnathidae y Thomisidae y 12 morfoespecies (Tabla 1). Las familias más abundantes fueron Linyphiidae (37,7%) y Theridiidae (24,5%), lo cual coincide con Cepeda y Flórez (2007) para un bosque altoandino colombiano. De los 35 individuos de arañas que tienen información sobre el lugar de captura, 19 fueron encontrados en las inflorescencias de *Drimys*, en telas o sobre pedúnculos o pedicelos, en tanto que 16 fueron capturados sobre las flores mismas (Tabla 1). Se encontraron 140 individuos de insectos, correspondientes a 28 morfoespecies y seis órdenes: Coleoptera (37 individuos en total; 21 Curculionidae, ocho Chrysomelidae, siete Cantharidae y un Cara-

bidae), Diptera (81 individuos en total; 26 Chironomidae, 23 Sciaridae, 13 Bibionidae, 12 Empididae, 9 Dolichopodidae; cf. Marquinez *et al.* (2009)).

Las flores de *Drimys granadensis* atrajeron, mediante oferta de recursos, a insectos que constituyen polinizadores potenciales; los dípteros buscaban en las flores principalmente exudados estigmáticos y ocasionalmente también exudados derivados del conectivo de los estambres, más abundantes en las fases florales femenina y hermafrodita; los coleópteros, además de estos exudados, también consumieron polen presente en las fases florales hermafrodita y masculina (Marquinez *et al.* (2009)). Debido a lo anterior, los coleópteros visitaron con similar frecuencia flores en fase femenina (32,1% de las observaciones) (Tabla 1), hermafrodita (32,1%) y masculina (21,4%), en tanto que los dípteros tuvieron preferencia por la fase femenina (60%), seguida de la fase hermafrodita (11,7%) y finalmente por la fase masculina (4%) (Tabla 1). Los insectos visitantes fueron, a su vez, recursos cazados por las arañas en las inflorescencias o en las flores mismas; el hecho de que las arañas encontradas en las flores tuvieran preferencia por las fases florales femenina y masculina (68,8% y 25%, cf. Tabla 1) y las observaciones ocasionales de caza (Figs. 1A y 1B), sugieren que el principal recurso capturado por las arañas son los dípteros.

Todas las especies errantes en follaje y tejedoras orbiculares, así como los salticidos (Fig. 1E) del gremio cazadoras al acecho, se encontraron asociadas exclusivamente a los pedúnculos o pedicelos de las inflorescencias (Tabla 1), utilizando como sitio de caza, o bien como estructura para el sostentimiento de telarañas (Fig. 1A), aprovechando la alta disponibilidad de presas correspondiente a los visitantes en

Tabla 1. Número de individuos recolectados de arañas indicando gremio, familia y especie y ordenes de insectos en las inflorescencias y flores de *Drimys granadensis*.

Arañas			Fase fenológica floral								
Gremio	Familia	Género-especie	Inicio antesis	Fem.	Herm.	Masc.	Inflor.	Sin datos	Total		
Tejedoras orbitelares	Araneidae	<i>Alpaida variabilis</i> Keyserling 1864	0	0	0	0	1	1	2		
Tejedoras orbitelares	Araneidae	<i>Aculepeira</i> sp.	0	0	0	0	0	2	2		
Tejedoras orbitelares	Thetragnathidae	<i>Chrisometa</i> sp.	0	0	0	0	2	1	3		
Tejedoras irregulares	Theridiidae	<i>Twaistesia</i> sp 1.	0	3	1	0	1	6	11		
Tejedoras irregulares	Theridiidae	<i>Twaistesia</i> sp 2.	0	1	0	0	1	0	2		
Tejedoras en sábana	Linyphiidae	<i>Dubiaranea</i> sp.	0	2	0	0	5	4	11		
Tejedoras en sábana	Linyphiidae	Subfamilia Erigonine	0	2	2	0	5	2	9		
Cazadoras al acecho	Thomisidae	af. <i>Misumenoides</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1		
Cazadoras al acecho	Thomisidae	af. <i>Misumena</i> sp 1.	1	2	0	0	2	0	5		
Cazadoras al acecho	Thomisidae	af. <i>Misumena</i> sp 2.	0	0	1	0	0	0	1		
Cazadoras al acecho	Salticidae		0	1	0	0	1	1	3		
Errante en follaje	Anypheenidae		0	0	0	0	3	0	3		
Total arañas			1	11	4	0	19	18	0		
Insectos											
Diptera			3	30	7	2	7	0	50		
Coleoptera			2	9	9	6	2	0	28		

Inicio antesis: luego de la ruptura de caliptra y antes de la apertura completa de los pétalos; **Fem.:** femenina; **Herm.:** hermafrodita; **Masc.:** masculina, **Inflor.:** especímenes capturados fuera de las flores, sobre telarañas, o sobre pedúnculos, pedicelos o bracteas de la inflorescencia.

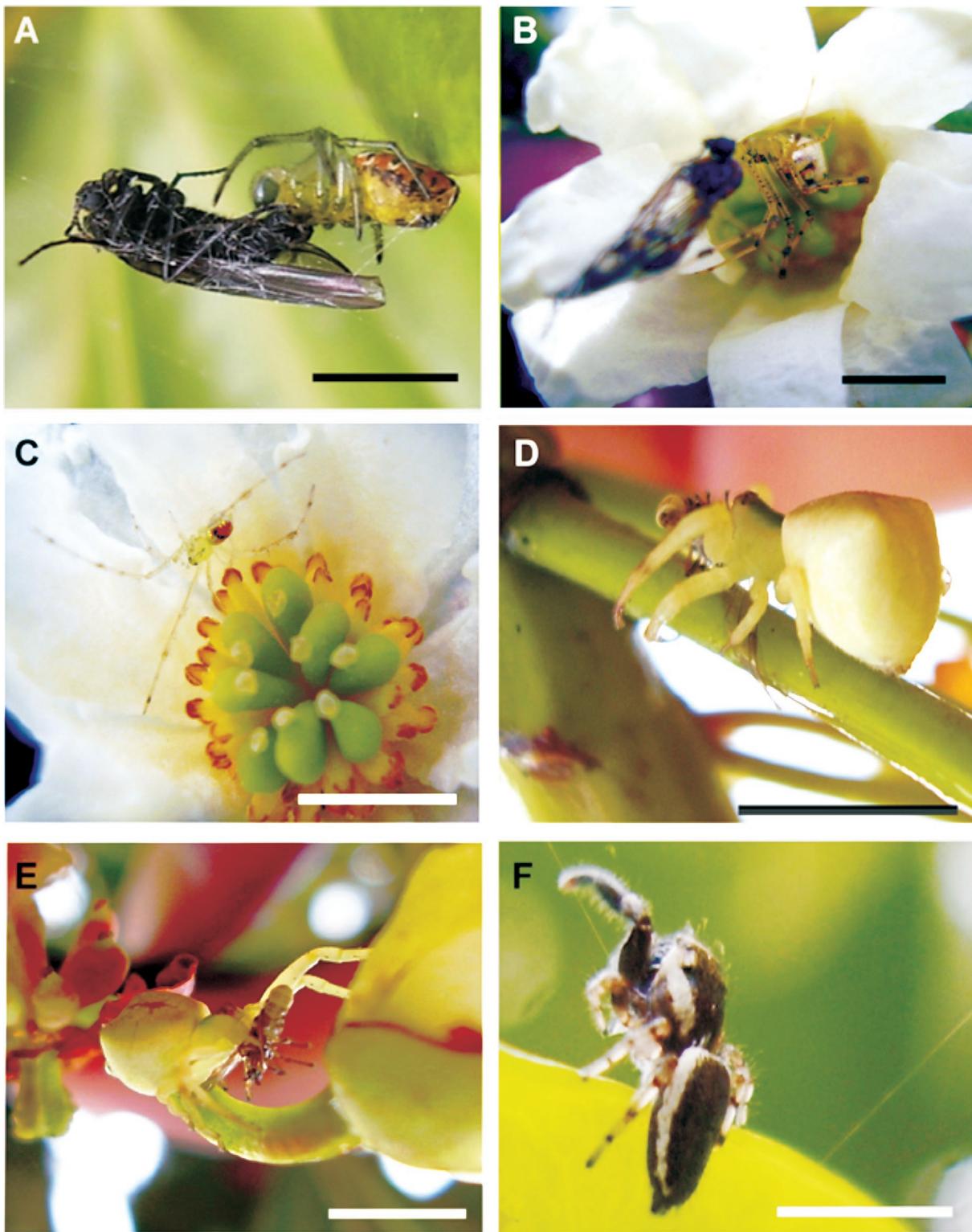


Figura 1. Arañas asociadas a *Drimys granadensis* durante la floración. **A.** *Alpaida variabilis* depredando a *Dilophus* sp.; **B.** *Twaitesia* sp. depredando a un Tipúlido; **C.** *Twaitesia* sp. 1 sobre flor de *D. granadensis*; **D.** *Misumena* sp. 1 sobre pedúnculo de la inflorescencia de *Drimys granadensis*; **E.** *Misumena* sp. 1 depredando a una larva de coleóptero; **F.** Salticidae al acecho en una hoja cercana a una inflorescencia de *D. granadensis*. Escala = 0.5 mm.

su recorrido hacia las flores. Las tejedoras en sábana se hallaron en telas asociadas a las inflorescencias, pero también en las flores de *Drimys* (Tabla 1); las tejedoras irregulares del género *Thwaitesia* se observaron cazando dentro o fuera de

las flores (Figs. 1B, C); su abdomen con coloración similar a las anteras de los estambres y su cuerpo transparente les ayudó a pasar desapercibidas dentro de las flores, especialmente los juveniles (Fig. 1C); adicionalmente, se encontró a

Thwaitesia sp.1 forajeando exudados de los estigmas, comportamiento reportado previamente en salticidos (Jackson *et al.* 2001). Las cazadoras al acecho del género *Misumena* se asemejan en color y forma a un botón floral de *D. granadensis*, utilizando este camuflaje para cazar (Figs. 1D, E).

Agradecimientos

A Eduardo Flórez (ICN, UNC-B), al Instituto para el Desarrollo de la Ciencias y la Tecnología “Francisco José de Caldas”, COLCIENCIAS por el préstamo-beca dado a XM mediante el Programa de apoyo a doctorados nacionales 2004 y a la Universidad Nacional de Colombia por la contrapartida.

Literatura citada

- BORROR, D. J.; TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 1992. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishers. Fort Worth, Orlando. 875 p.
- CEPEDA, J.; FLÓREZ, E. 2007. Arañas tejedoras: uso de diferentes microhabitats en un bosque andino de Colombia. Revista Ibérica de Aracnología 14: 39-48.
- FOELIX, R. F. 1996. Biology of spiders. 2 Ed. Oxford University Press, US. 330 p.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER, G. I.; EHRENDORFER, F. 1980. Reproductive biology in the primitive relict angiosperm *Drimys brasiliensis* (Winteraceae). Plant Systematics and Evolution 135: 11-39.
- JACKSON, R.; POLLARD, S.; NELSON, X.; EDWARDS, G. B.; BARRION, A. 2001. Jumping spiders (Araneae: Salticidae) that feed on nectar. Journal of Zoology 255: 25-29.
- LEVI, H. W.; LEVI, L. R. 1962. The genera of the spider family Theridiidae. Bulletin of Museum of Comparative Zoology 127: 1-71.
- LEVI, H. W. 1991. The Neotropical and Mexican species of the Orb-Weaver genera *Araneus*, *Dubiepeira* and *Aculepeira*. Bulletin of Museum of Comparative Zoology 152: 167-315.
- LEVI, H. W. 2002. Keys to the genera of the Araneid Orbweavers (Araneae, Araneidae) of the Americas. Journal of Arachnology 30: 527-562.
- MARQUÍNEZ, X. 2008. Filogenia y biogeografía del género *Drimys* (Winteraceae) [Tesis de Doctorado]. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 333p.
- MARQUÍNEZ, X.; SARMIENTO, R.; LARA, K. 2009. Fenología floral y visitantes florales en *Drimys granadensis* L.f. (Winteraceae). Acta Biológica Colombiana 14:47-60.
- MARVALDI, A. E.; LANTEI, A. A. 2005. Clave de taxones superiores de gorgojos sudamericanos basada en caracteres de adultos (Coleoptera, Curculionidae). Revista Chilena de Historia Natural. 78: 65-87.
- MC. ALPINE, J. F.; PETERSON, B. V.; SHEWELL, G. E.; TESKEY, H. J.; VOCKROTH, J. R.; WOOD, D. M. 1985. Manual of Nearctic Diptera. Vol. 1. Biosystematic Research Institute, Monograph No. 27, Canada. Ottawa. 680 p.
- THIEN, L.B. 1980. Patterns of pollination in the primitive angiosperms. Biotropica 12: 1-13.
- UETZ, G. W.; HALAJ, J.; CADY, A. 1999. Guild structure of spiders in major crops. Journal of Arachnology 27: 270-280.
- WEBERLING, F. 2007. The problem of generalized flowers: morphological aspects. Taxon 56: 707-716.

Recibido: 11-feb-2009 • Aceptado: 5-sep-2009

Nota científica

New record and ecological notes of *Phimophorus spissicornis* (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae: Phimophorinae) in Colombia

Nuevo registro y notas ecológicas de *Phimophorus spissicornis* (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae: Phimophorinae) en Colombia

DUVERNEY CHAVERRA-RODRÍGUEZ¹, DIMITRI FORERO², NICOLÁS JARAMILLO O.³ y OMAR TRIANA CH.³

Abstract: *Phimophorus spissicornis*, the enigmatic and exclusively Neotropical representative of the Phimophorinae (Heteroptera: Reduviidae), is recorded for the first time from Colombia. Six adult specimens and one nymph were collected in the municipalities of Vegachí and San Carlos, department of Antioquia. In both localities *P. spissicornis* was collected from palms (Arecaceae) in association with *Rhodnius pallescens* (Reduviidae: Triatominae). *Phimophorus spissicornis* was found on the axils of palm fronds of *Attalea butyracea* and *Oenocarpus bataua*. Dorsal habitus illustrations of the male, female, and late instar nymph of *P. spissicornis* are provided.

Key words: *Attalea*. *Rhodnius pallescens*. Arecaceae.

Resumen: *Phimophorus spissicornis*, el enigmático representante exclusivamente neotropical de Phimophorinae (Heteroptera: Reduviidae), se registra por primera vez para Colombia. Seis especímenes adultos y una ninfa fueron recolectados en los municipios de Vegachí y San Carlos, departamento de Antioquia. En ambas localidades *P. spissicornis* fue recolectado en palmas (Arecaceae) en asociación con *Rhodnius pallescens* (Reduviidae: Triatominae). *Phimophorus spissicornis* se encontró en las brácteas de las palmas *Attalea butyracea* y *Oenocarpus bataua*. Se presentan imágenes del hábito en vista dorsal para macho, hembra y último instar de *P. spissicornis*.

Palabras clave: *Attalea*. *Rhodnius pallescens*. Arecaceae.

Introduction

Phimophorinae Handlirsch, 1897 (Heteroptera: Reduviidae) is a small and enigmatic assassin bug subfamily, with just two genera and three species known, the monotypic *Phimophorus* Bergroth, 1886 and *Mendanocoris* Miller, 1956, with two species (Maldonado 1990). *Phimophorus spissicornis* Bergroth, 1886 is the only Neotropical representative (Usinger and Wygodzinsky 1964; Maldonado 1990). Among the Reduviidae subfamilies, Phimophorinae can be distinguished by the following combination of characters: presence of waxy secretions on the cuticle; body depressed; antennae inserted at the apex of head, distal flagellomere reduced; antenniferous tubercles plate-like, covering the insertions of the antennae; buccula present; prosternal sulcus with lateral shield-like structures; and bisegmented tarsus (Usinger and Wygodzinsky 1964). *Phimophorus* can be distinguished from *Mendanocoris* by having the distal flagellomere free; the clypeus reduced; the labrum very small; the buccula closed anteriorly; and by the different shape of the pronotum (Usinger and Wygodzinsky 1964).

The systematic placement of Phimophorinae has been problematic and widely discussed (Bergroth 1886; Handlirsch 1897a, b; Usinger 1943; Wygodzinsky 1948; Carayon *et al.* 1958; Usinger and Wygodzinsky 1964). Furthermore, the phylogenetic position of *Phimophorus* in Reduviidae is

unknown primarily because specimens are very scarce in collections, thereby preventing its inclusion in cladistic analyses of the family (e.g., Weirauch 2008). Additional specimens of this genus are needed for future phylogenetic analyses.

Phimophorus has been recorded so far from Brazil and Ecuador (Carayon *et al.* 1958; Lent and Jurberg 1977). Because specimens of *Phimophorus* are seldom collected, little is known about its biology and natural history (Schuh and Slater 1995). The only biological information available for *P. spissicornis* is its association with bananas and bromeliads. The specimens on bananas were intercepted at ports of entry in the United States (Carayon *et al.* 1958), while the specimens from bromeliads came from a single collection event (Lent and Jurberg 1977; Lent and Wygodzinsky 1979); therefore, no generalizations can be made from these data.

As part of the Triatominae survey efforts by the Grupo de Chagas of the Universidad de Antioquia, several specimens of *Phimophorus* were collected in 1990 and 2006. In this paper we present the first formal record of the subfamily Phimophorinae for Colombia and provide detailed information on the habitat of *P. spissicornis*.

Materials and Methods

Specimens of *P. spissicornis* (Fig. 1) were initially collected at San Carlos (Department of Antioquia) in February 1990.

¹ Associate Researcher. Biologist. Grupo Biología y Control de Enfermedades Infecciosas. Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. A.A. 1226. duverney@gmail.com. Author for correspondence.

² Postdoctoral Researcher. Ph. D. Heteroptera Systematics Laboratory. Department of Entomology, University of California Riverside, Riverside 92521, USA. dimitri.forero@ucr.edu.

³ Professor. Ph. D. Grupo Biología y Control de Enfermedades Infecciosas. Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. A.A. 1226.

The municipality of San Carlos is in the east region of Antioquia. There the mean annual temperature is 23°C, annual rainfall is 2,000 mm and elevation 1,000 m. The surveyed locality was “vereda Jardín, Finca El Silencio” (06°07'45"N, 74°49'57"W). The locality was visited in February 1990 during the dry season. A total of 13 palms of *Oenocarpus bataua* Mart., 1823 (Arecaceae) were examined. Because specimens of *P. spissicornis* were found among specimens of *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 (Reduviidae: Triatominae) in San Carlos, additional fieldwork intending to collect *R. pallescens* prompted the search for specimens of *Phimophorus* in Vegachí and Victoria during 2006.

The municipality of Vegachí is located in the Northeast of Antioquia. The mean annual temperature is 23°C, mean relative humidity 75%, and mean annual rainfall is 2,100 mm. The locality is a rural zone about 1 km east from the municipality town, at 982 m elevation (6°46'01"N, 74°47'40"W). This locality was visited in September 2006 during the rainy season. Two palms of *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f.) Wess. Boer, 1782 were examined next to “El Volcán” river. In addition, one palm of *O. bataua*, at the “vereda La Leona”, was examined. Palm leaves were dissected using an ax, and the sheath and petiole carefully examined for reduviid specimens.

The municipality of Victoria is located in the northeast of Caldas. The mean annual temperature is 26°C, mean relative humidity is 75%, and mean annual rainfall is 2,000 mm. The surveyed locality is at kilometer 20 on the road from the municipality of La Dorada to the municipality of Norcasia (5°34'30"N, 74°52'05"W), at 780 m elevation. The locality was visited in November 2006 during the rainy season. Six palms of *A. butyracea* were examined. In addition, debris from the sheath and petioles of two palms of *Elaeis oleifera* (Kunth) was examined for presence of insect specimens.

The collected specimens of *P. spissicornis* were deposited in the entomological collection of the American Museum of Natural History, New York, NY, USA [AMNH]; and in the Colección Entomológica de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia [CEUA].

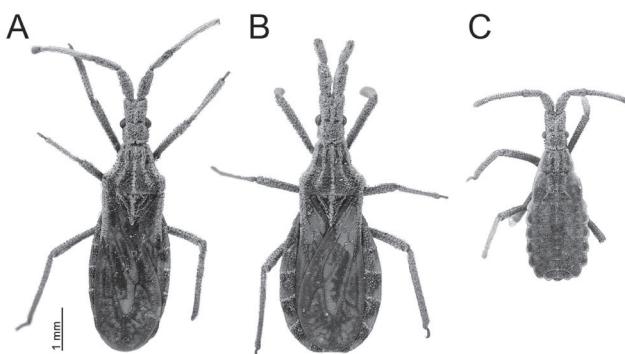


Figure 1. *Phimophorus spissicornis*, habitus, dorsal view. **A.** Male. **B.** Female. **C.** Late instar nymph.

Results

Four adults and one late instar nymph of *P. spissicornis* were collected between the axils of the fronds of *O. bataua* in as-

sociation with adults and nymphs of *R. pallescens* in San Carlos. Two adult specimens of *P. spissicornis* were collected between the sheaths of *A. butyracea* in association with *R. pallescens* in Vegachí. In the six palms of *A. butyracea* surveyed in the municipality of Victoria, only adults and nymphs of *R. pallescens* were found but no specimens of *P. spissicornis*. Surveyed palms of *O. bataua* in Vegachí, and *E. oleifera* in Victoria, harbored neither *P. spissicornis* nor *R. pallescens* specimens.

Examined material. *Phimophorus spissicornis*. 2 M, 2 F, 1 nymph. COLOMBIA, Antioquia, San Carlos, Vereda Jardín, Finca “El Silencio”, 6-feb-1990, Jaramillo N, in *Oenocarpus bataua* [as “*Jessenia polycarpa*”], [1 M, 1 F, 1 nymph, AMNH; 1M, 1 F, CEUA]. 2 F. COLOMBIA, Antioquia, Vegachí, 1 km de la cabecera municipal, “La Piscina” 6°46'01"N 74°47'40"W, 982 msnm, 9-sep-2006, Chaverra D. & Gómez L, [1 F, AMNH; 1 F, CEUA].

Distribution and ecology. The holotype of *P. spissicornis* was collected in Brazil with no specific locality or additional biological information (Bergroth 1886; Wygodzinsky 1948). The specimens from Ecuador mentioned by Carayon *et al.* (1958) also have no detailed locality information. In Colombia, 15 Reduviidae subfamilies are known, with about 95 genera recorded so far (Forero 2004, 2006). This is the first time that the subfamily Phimophorinae is recorded from Colombia.

The palms *A. butyracea* and *O. bataua*, are widely distributed in the country, as well as in Central America and in the Andean region of South America (Henderson *et al.* 1995). The structure of palms, especially the persistent petioles and the large crown of leaves, form a suitable number of microhabitats, which harbor a diverse assemblage of arthropods that use the palms as refuge or permanent habitation (Couturier and Kahn 1992; Delobel *et al.* 1995; Chang and Ling 1998; Gurgel-Gonçalves *et al.* 2006). The arthropods inhabiting these microhabitats may serve as prey for predatory insects like reduviids. The finding of a late instar nymph together with adults in palms more >3 m tall, suggests that feeding of *P. spissicornis* occurs in these microhabitats. We were unable to determine the prey preference of *Phimophorus* in the field, however, because of the large number of arthropods present in the axils of the palms.

The presence of *P. spissicornis* on bananas and bromeliads suggests that palms may not be the only habitat for this species. Nonetheless, it is not known if *P. spissicornis* is common in those habitats or merely a casual encounter. Finding adults of *P. spissicornis* on two palm species, in two localities separated from each other by > 50 km, in similar ecological conditions, as well as the discovery of a nymph, reinforces the idea that the microhabitat formed among the leaves of the palm species, may offer adequate conditions for the development of *P. spissicornis*.

Specimens of *P. spissicornis* in Colombia were always associated with *R. pallescens*. The association of *P. spissicornis* with species of Triatominae has been shown previously with *Microtriatoma borbai* Lent and Wygodzinsky, 1979 (Bolboderini) (Lent and Jurberg 1977; Lent and Wygodzinsky 1979). Our report of a second instance of association of *P. spissicornis* in the same habitat with another species of Triatominae is remarkable, although the nature of this association will depend on further research.

Acknowledgments

Colciencias and the Grupo Biología y Control de Enfermedades Infecciosas (BCEI) of the Universidad de Antioquia partially supported funding for this research by a fellowship to DC-R through the program “Jóvenes Investigadores.” Lily Berniker (Heteroptera Systematics Laboratory, University of California Riverside) kindly provided comments on an earlier version of the manuscript. Two anonymous reviewers provided criticism that greatly improved the final version.

Literature cited

- BARBER, H. G. 1932. A new species of *Rhodnius* from Panama (Hemiptera: Reduviidae). Journal of the Washington Academy of Sciences 22: 514-517.
- BERGROTH, E. 1886. Zur Kenntniss der Aradiden. Verhandlungen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien 36: 53-60.
- CARAYON, J.; USINGER, R. L.; WYGODZINSKY, P. 1958. Notes on the higher classification of the Reduviidae, with the description of a new tribe of the Phymatinae (Hemiptera: Heteroptera). Revue de Zoologie et Botanique Africaines 57 (3-4): 256-281.
- CHANG, C. Y.; LING, N. F. 1998. Caracterización biológica y de uso de palma real (*Attalea butyracea* mutis ex l.f.) en 6 comunidades del área de conservación amistad pacífico, Costa Rica. Área de conservación amistad pacífico. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. 25 pp. Web site: http://www.inbio.org/EN/es/estudios/PDF/Informe_PalmaReal.pdf. [Fecha último acceso: 14 enero 2008].
- COUTURIER, G.; KAHN, F. 1992. Notes on the insect fauna on two species of *Astrocaryum* (Palmae, Cocoeae, Bactridinae) in Peruvian Amazonia, with emphasis on potential pests of cultivated palms. Bulletin Institute Frances Etudes Andines 21 (2): 715-725.
- DELOBEL, A.; COUTURIER, G.; KAHN, F.; NILSSON, J. A. 1995. Trophic relationships between palms and bruchids (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerini) in Peruvian Amazonia. Amazoniana 13 (3-4): 209-219.
- FORERO, D. 2004. Capítulo 5. Diagnosis de los géneros neotropicales de la familia Reduviidae (Hemiptera: Heteroptera), y su distribución en Colombia (excepto Harpactorinae). p 128-275. In: Fernández, F.; Andrade, G.; Amat, G. (eds.). Insectos de Colombia, Vol. 3. Bogotá D. C., Colombia. 425 p.
- FORERO, D. 2006. New records of Reduviidae (Hemiptera: Heteroptera) from Colombia and other Neotropical countries. Zootaxa 1107: 1-47.
- GURGEL-GONÇALVES, R.; PALMA, A. R. T.; MOTTA, P. C.; BAR, M. E.; CUBA, C. 2006. Arthropods associated with the crown of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) palm trees in three different environments from Brazilian Cerrado. Neotropical Entomology 35 (3): 302-312.
- HANDLIRSCH, A. 1897a. Ueber *Phimophorus spissicornis* Berg. Ein hemipterologischer Beitrag. Verhandlungen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien 47: 408-410.
- HANDLIRSCH, A. 1897b. Zur systematischen Stellung der Hemipterengattung *Phimophorus* Bergroth. Verhandlungen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien 47: 558-560.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press. Princeton, NJ. 352 p + 64 plates.
- LENT, H.; JURBERG, J. 1977. As ninfas de quinto estádio de *Phimophorus spissicornis* Bergroth, 1886 (Hemiptera, Reduviidae). Revista Brasileira de Biología 37 (3): 521-524.
- LENT, H.; WYGODZINSKY, P. 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. Bulletin of the American Museum of Natural History 163: 125-520.
- MALDONADO, C. J. 1990. Systematic catalogue of the Reduviidae of the World. Caribbean Journal of Science, Special publication 1, University of Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 694 pp.
- MILLER, N. C. E. 1956. A new subfamily of Reduviidae (Hemiptera-Heteroptera) from the Solomon Islands. Annals and Magazine of Natural History 12 (9): 587-589.
- SCHUH, R. T.; SLATER, J. A. 1995. True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera). Classification and natural history. Cornell University Press. Ithaca, NY. 336 pp.
- USINGER, R. L. 1943. A revised classification of the Reduviidea with a new subfamily from South America. Annals of the Entomological Society of America 36: 602-618.
- USINGER, R. L.; WYGODZINSKY, P. 1964. Description of a new species of *Mendanacoris* [sic] Miller, with notes on the systematic position of the genus (Reduviidae, Hemiptera, Insecta). American Museum Novitates 2204: 1-13.
- WEIRAUCH, C. 2008. Cladistic analysis of Reduviidae (Heteroptera: Cimicomorpha) based on morphological characters. Systematic Entomology 33: 229-274.
- WYGODZINSKY, P. 1948. On some Reduviidae belonging to the Naturhistorisches Museum at Vienna (Hemiptera). Revista Brasileira de Biología 8 (2): 209-224.

Recibido: 5-mar-2009 • Aceptado: 20-dic-2009

Nota científica

Density, damage and distribution of *Cucullia calendulae* (Noctuidae) in patches of *Calendula arvensis*

Densidad, daños y distribución de *Cucullia calendulae* (Noctuidae) en manchas de *Calendula arvensis*

SERGIO PÉREZ-GUERRERO¹, ALBERTO JOSÉ REDONDO-VILLA² y JERÓNIMO TORRES-PORRAS³

Abstract: Most studies on the family Noctuidae focus on very few species that cause damage to crops; however, there is little information on the biology and ecology of the remaining species of noctuid moths. This work examines the relationship of the larvae of *Cucullia calendulae* with their main food plant *Calendula arvensis*. The results showed that the larvae of this species feed on the fruiting bodies, reaching an overall incidence of ca. 30%. In addition, there was a differential distribution of larvae according to their size. Early stages were found in the reproductive structures while latter stages were found on the stems, which should be due to a defensive strategy. Furthermore, from seven characteristics of the patch taken into account, only the height of the plant explained a greater number of larvae per patch.

Key words: Lepidoptera. Feeding behavior. Asteraceae. Fruiting bodies.

Resumen: La mayoría de los estudios sobre la Familia Noctuidae se centran en aquellas especies que causan daños a los cultivos, existiendo muy poca información sobre la biología y ecología del resto de especies de la Familia. Este trabajo examina la relación entre la larva del noctúido *Cucullia calendulae* y su principal planta nutricia: *Calendula arvensis*. Los resultados mostraron que la larva de esta especie se alimenta de los cuerpos fructíferos de la planta, llegando a dañar hasta el 30% de los mismos. Además, existió una distribución diferencial por tamaños. Las larvas de los primeros estadios se encontraban en los órganos reproductivos, mientras las de últimos estadios se localizaban mayoritariamente en los tallos de la planta, lo que podría deberse a una estrategia defensiva. Por otro lado, de las siete variables analizadas, sólo la altura de la planta explicó un mayor número de larvas por parche.

Palabras clave: Lepidoptera. Comportamiento de alimentación. Asteraceae. Cuerpos fructíferos.

Introduction

Cucullia calendulae Treitschke, 1835 is included in the family Noctuidae, one of the most diverse families of the order Lepidoptera (Bretherton *et al.* 1979; Fibiger 1990). This species has the widest distribution of the genus in the Mediterranean basin, from southern Greece to the Iberian Peninsula, and it is characterized by having a single generation per year such that the first imago appears in October and the flight period lasts until April-May (Ronkay and Ronkay 1994). The larvae of *C. calendulae* feed mainly on the genus *Calendula* (Compositae), but also on species of the genera *Ormenis*, *Archillea* and *Anthemis* (Bergmann 1954; Merzheevskaya 1989; Yela 1992). The imago has a low dispersal ability and females lay from 50 to 150 eggs (Pérez-Guerrero 2001). There are numerous studies on the biology and ecology of species relevant to agroforestry (see revisions in Fitt 1989; Showers 1997) due crop damage and the associated economic costs. Generally, these species feed on determinate parts of the plants, including leaves, stems and reproductive structures (Cayrol 1972). In addition, there is a differential distribution of the larvae, based on size, on different parts of the plant (Eckel *et al.* 1992). Little information is available, however, about noctuid moths that are not considered pests (Rejmánek

and Spitzer 1982; Yela 1992). In fact, this information is almost exclusively limited to zoogeographic, taxonomic and phenological data (Ronkay and Ronkay 1994). The aim of this work was to evaluate larval impact to the plant, describe the larval distribution on the plant at different development stages and describe the patch characteristics that determine a differential larvae density.

Methods

The study was conducted in Cordoba (Spain), in the south of the Iberian Peninsula ($37^{\circ}54'N$, $4^{\circ}42'W$), in an area surrounded by olive orchards and wheat crops. A total of 19 randomly chosen patches of $1 m^2$ were scouted in an area where *Calendula arvensis* predominated, over the period of 2-22 March, 2001. For each patch, all larvae of *C. calendulae* were measured in mm and their location in the plant was recorded. We distinguished six categories according the location of larvae in the *C. arvensis* plant: 1) on the flowers, 2) close to the flower bud, 3) on the stem, 4) on the leaves, 5) on the fruits and 6) on neighbouring plants. Moreover, height in the center of each patch was registered. All plants included in the patch were collected and *C. arvensis* individuals were separated to be counted from the rest of neighbouring plants. Afterwards,

¹ Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Área de Entomología Agroforestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Edificio Celestino Mutis. Campus Universitario de Rabanales. Ctra. Madrid-Cádiz, km. 396-a, 14071, Córdoba (Spain). Telephone: (+34) 957 21 21 87 / 957 21 84 76. ba2pe-gus@uco.es. Corresponding author.

² Departamento de Zoología. Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba. Edificio Darwin. Campus Universitario de Rabanales. Ctra. Madrid-Cádiz, km. 396-a 14071, Córdoba (Spain). Telephone: (+34) 957 21 20 24. baIrevia@uco.es.

³ Departamento de Biología y Etología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura. Campus Universitario, Avda. de la Universidad, s/n. 10071, Cáceres (Spain). Telephone: (+34) 957 25 71 51. b62topoj@uco.es.

fresh weight of *C. arvensis* and the remaining plants was measured with a dynamometer. In addition, the number of flowers, flower buds, and fruits of *C. arvensis* present in each patch were quantified. To assess the damage caused by *C. calendulae*, the number of damaged flowers, buds and fruit were also counted. Because *C. calendulae* does not eat leaves (personal observation), these were not evaluated.

The statistical treatment of data was carried out with Statistica v7.0 (StatSoft). Log-transformations were used to improve parametric conditions (Zar 1984). In order to analyze the distribution of stages over the plant, an analysis of variance (ANOVA) was used. Since some plant locations were occasional and not related to feeding behaviour, four larvae found on fruits of *C. arvensis* and two on neighbouring plants were excluded from the analysis. To analyze the influence of patch characteristics on larval density, a forward step multivariate regression analysis was carried out. Patch traits selected were number of flowers, number of buds, number of fruits, number of *C. arvensis* plants, dry weight of *C. arvensis*, dry weight of neighbouring plants and height of *C. arvensis* plants measured in the core of the patch. Plants were dried at 70°C for at least 48 h prior to recording their dry-weight.

Results and Discussion

An average (mean \pm SE) density of 5.05 ± 0.46 larvae per square meter was found. The greatest number and percent of damage was found in buds ($n = 807$, which represents 38.95% of total), followed by flowers ($n = 280$, 16.14%) and finally the fruits ($n = 255$, 13.33%). Thus 30.01% of reproductive structures were damaged. The degree of damage is comparable to that produced by other noctuid species on crops, such as *Helicoverpa armigera* (Hübner, [1808]) in tomato, whose damage reaches 60% of the fruits (Montmany 1993), or *Earias insulana* (Boisduval, 1833) on cotton, whose damage reaches 40-50% of the bolls (Duran *et al.* 2000).

All larval instars were represented in the samples, with the intermediate size being most abundant. ANOVA showed differences in larval plant location according to size ($F_{3,90} = 13.817$; $P < 0.001$). Tukey post hoc tests revealed larger larvae to be more frequent on stems, and smaller larvae on flowers, buds and leafs ($P < 0.01$; Fig. 1). Because the largest larvae are easier to detect, their location on the stem may be a strategy for protection from predators as their coloration at

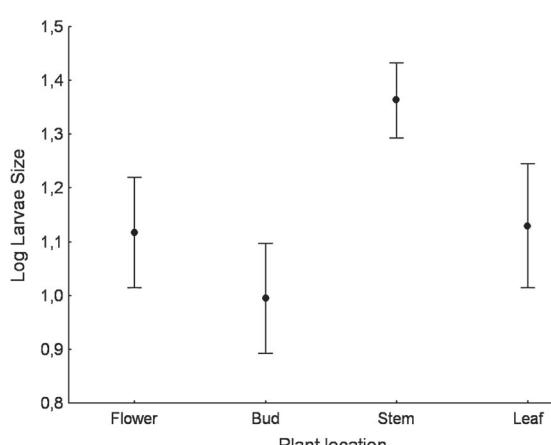


Figure 1. The size of *C. calendulae* larvae with respect to location on the plant ($F(3, 90) = 13.817$; $P < 0.01$).

this age is cryptic with the stems of *C. arvensis* (personal observation). In addition, the feeding larval activity may imply an increased risk of predation (Bernays 1997). With regard to patch selection, regression analysis showed that patches with the highest stems of *C. arvensis* had a greater number of larvae ($R^2 = 0.47$; $P = 0.002$; $y = -0.368 + 0.019*x$); plant height was the only variable related to the density of larvae per patch. This may be due to greater detectability of plants by females during the laying period. The results obtained in this study are consistent with those obtained by other authors in relation to other noctuid pest species such as *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Eckel *et al.* 1992) and *Spodoptera exigua* (Hübner, [1808]) (Belda *et al.* 1994).

Acknowledgments

We are grateful to J. L. Quero, Saskia Grootemaat and Enrique Doblas for help in translation and comments on the manuscript. Olmo Linares helped with the field samplings.

Literature cited

- BERGMANN, A. 1954. Die Grossschmetterlinge Mitteldeutschlands, vol. 4. Urania Verlag, Jena. 1060 p.
- BELDA, J.; JUSTICIA, L.; PASCUAL, F.; CABALLO, T. 1994. Distribución espacial de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep.; Noctuidae) en cultivo de pimiento en invernadero. Boletín Sanidad Vegetal Plagas 20: 287-301.
- BERNAYS, E. A. 1997. Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. Ecological Entomology 22: 121-123.
- BRETHERTON, R. F.; GOATER, B.; LORIMER, R. I. 1979. Noctuidae (p. 120-126) In: Heath, J.; Emmet, A. M. (eds.) The moths and butterflies of Great Britain and Ireland 9. Curwen Books. London. United Kingdom. 288 p.
- CAYROL, R. A. 1972. Famille des Noctuidae. (p. 1255-1462). In: Balachowsky, A. S. (ed.) Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II Lépidoptères. Masson & Cie. Paris. France. 1634 p.
- DURÁN, J. M.; ALVARADO, M.; ORTIZ, E.; DE LA ROSA, A.; RUIZ, J. A.; SÁNCHEZ, A.; SERRANO, A. 2000. Contribución al conocimiento de *Earias insulana* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera, Noctuidae), la oruga espinosa del algodonero, en Andalucía occidental. Boletín Sanidad Vegetal Plagas 26: 215-228.
- ECKEL, C. S.; TERRY, L.; BRADLEY, J. R.; VAN DUYN, J. W. 1992. Changes in within-plant distribution of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybeans. Environmental Entomology 21: 287-293.
- FIBIGER, M. 1990. Noctuinae, I. Noctuidae Europaea, Vol. 1. Entomological Press. Sorø. 208 p.
- FITT, G. P. 1989. The Ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annual Review of Entomology 34: 17-53.
- MERZHEEVSKAYA, O. I. 1989. Larvae of owl moths (Noctuidae). Biology, morphology and classification. Brill, Leiden. 419 p.
- MONTMANY, M. 1993. Nivel de daños de *Heliothis armigera* en tomate exterior para consumo en fresco. Ensayos sobre la eficacia y persistencia de producto insecticidas. TFC E.S. Agricultura de Barcelona. 92 p.
- PÉREZ-GUERRERO, S. 2001. Nóctuidos del olivar del medio Guadalquivir: descripción de un agregado, organización temporal y estudio de las estrategias biológicas de sus especies integrantes. Tesis de licenciatura. Universidad de Córdoba. 151 p.
- REJMÁNEK, M.; SPITZER, K. 1982. Bionomic strategies and long-term fluctuations in abundance of Noctuidae (Lepidoptera). Acta Entomologica Bohemoslovaca 79: 81-96.
- RONKAY, G.; RONKAY, L. 1994. Cuculliinae I. Noctuidae Europaea. Vol. 6. Entomological Press, Sorø. 282 p.
- SHOWERS, W. B. 1997. Migratory ecology of the black cutworm. Annual Review of Entomology 42: 393-425.
- YELA, J. L. 1992. Los Nóctuidos (Lepidoptera) de La Alcarria (España Central) y su relación con las principales formaciones vegetales de porte arbóreo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 569 p.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New York. 622 p.

REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA

Volumen 36 No. 1 Enero - Junio 2010

Screening of two <i>Trichogramma</i> species, native to southeastern Brazil, for the control of tobacco budworm Gilberto Santos Andrade, Dirceu Pratissoli, Reginaldo Barros, Hugo Bolsoni Zago, Alexandre Igor de Azevedo Pereira and Leandro Pin Dalvi	16
Use of soil insecticides to control the Brazilian ground pearl (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards Marcos Botton, Ivonel Teixeira, Alvimar Bavaresco and Patrik Luiz Pastori	20
Fotoestabilidad y actividad insecticida de dos formulaciones de granulovirus sobre larvas de <i>Tecia solanivora</i> Martha Chaparro, Carlos Espinel C., Alba Marina Cotes P. y Laura Villamizar R.	25
La orina humana como atrayente natural de <i>Anastrepha obliqua</i> (Diptera: Tephritidae) Nelson A. Canal, María L. Pérez O. y Luisa F. González	31
Nóctuidos (Lepidoptera) en cultivos de flores colombianas Norelly Quimbayo, Francisco Serna, Tania S. Olivares y Andrés O. Angulo	38
Thrips (Thysanoptera) del aguacate (<i>Persea americana</i>) en Nayarit, México Octavio J. Cambero C., Roberto Johansen N., Axel Retana S., Oswaldo García M., Mario Cantú S. y Carlos Carvajal C.	47
Nota científica / Scientific note Cigarrita verde en cultivos de <i>Jatropha curcas</i> en el Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil Harley Nonato De Oliveira, César José Da Silva, Alfredo Raul Abot y Daniele Inocêncio Araújo	52
Sección Médica / Medical	
Artículos de investigación / Research paper	
Dosis diagnósticas para vigilar la resistencia a insecticidas de los vectores de malaria en Colombia Idalyd Fonseca-González, Rocío Cárdenas, Wilber Gómez, Liliana Santacoloma, Helena Brochero, Clara Ocampo, Miriam Salazar, Janet Mcallister, William Brogdon y Martha Quiñones	54
Altitud y tablas de vida de poblaciones de <i>Culex quinquefasciatus</i> (Diptera Culicidae) Carolina García G., Jesús Escobar C., Yesica Londoño B. y Ligia Moncada A.	62
Análisis morfológico y molecular evidencia problemas al identificar <i>Anopheles nuneztovari</i> (Diptera: Culicidae) por claves dicotómicas Giovani F. Gómez, Astrid V. Cienfuegos, Lina A. Gutiérrez, Jan E. Conn y Margarita M. Correa	68
Redescripción de la quetotaxia del cuarto estadio larval de <i>Lutzomyia evansi</i> (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) Dalmiro Cazorla, Milagros Oviedo y María Alejandra Vivenes	76
Nota científica / Scientific note Flebotominos de las zonas endémicas de leishmaniasis cutánea americana en Paraty, Rio de Janeiro, Brasil Flávio Fernando B. Moutinho, Marcos Barbosa de Souza y Raimundo Wilson de Carvalho	82
Artrópodos asociados a cadáveres humanos en Ciudad de Panamá, Panamá Sergio Bermúdez C. y José V. Pachar	86
Sección Básica / Basic	
Artículos de investigación / Research paper	
Diversidad de invertebrados de musgos corticícolas en la región del volcán Iztaccíhuatl, Estado de México Leopoldo Q. Cutz-P., Arturo García-G., Gabriela Castaño-M. y José G. Palacios-V.	90
Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia José Antonio Gómez-Anaya, José G. Palacios-Vargas y Gabriela Castaño-Meneses	96
¿Bajan de los árboles las hormigas que depredan en potreros y cafetales colombianos? Mónica Ramírez, Janine Herrera e Inge Armbrecht	106
Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia Yamid Arley Mera Velasco, María Cristina Gallego Ropero e Inge Armbrecht	116
Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras Juan Carlos Abadía, Christian Bermúdez, Fabio H. Lozano-Zambrano y Patricia Chacón	127
Parandrinae (Coleoptera: Cerambycidae) de Colombia Juliana Cardona-Duque, Antonio Santos-Silva y Marta Wolff	135
Desarrollo, longevidad y oviposición de <i>Heliconius charithonia</i> (Lepidoptera: Nymphalidae) en dos especies de <i>Passiflora</i> Carolina Millán J., Patricia Chacón C. y Germán Corredor	158
Nota científica / Scientific note Registro de <i>Mechanitis polymnia</i> (Lepidoptera: Ithomiinae) en <i>Solanum jamaicense</i> y ciclo de vida en laboratorio Carlos Eduardo Giraldo S. y Sandra I. Uribe S.	165
<i>Solanum hirtum</i> as a host plant for <i>Mechanitis menapis menapis</i> (Lepidoptera: Ithomiinae) in Colombia Carlos Eduardo Giraldo S. and Sandra I. Uribe S.	169
Notas científicas / Scientific notes	
Arañas asociadas a la floración de <i>Drimys granadensis</i> (Winteraceae) Xavier Marquinez, Juliana Cepeda, Katherine Lara y Rodrigo Sarmiento	172
New record and ecological notes of <i>Phimophorus spissicornis</i> (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae: Phimophorinae) in Colombia Duverney Chaverra-Rodríguez, Dimitri Forero, Nicolás Jaramillo O. and Omar Triana Ch.	176
Density, damage and distribution of <i>Cucullia calendulae</i> (Noctuidae) in patches of <i>Calendula arvensis</i> Sergio Pérez-Guerrero, Alberto José Redondo-Villa and Jerónimo Torres-Porras	179



Sociedad Colombiana de Entomología

Apartado Aéreo 11366 Bogotá, D. C., Colombia • Tarifa postal reducida para libros y revistas No. 476 de 4-72, vence Dic. 31 / 2010