

REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA

Volumen 36 • Número 2 • Julio - Diciembre 2010

Tarifa Postal Reducida No. 476 - Vence Diciembre 2010



CONTENIDO

Sección Agrícola / Agriculture

Artículo de revisión / Review paper

Control microbiano de la Palomilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Lawrence A. Lacey, Jürgen Kroschel, Steven P. Arthurs y Francisco de la Rosa 181

Artículos de investigación / Research papers

Integración del control biológico y químico de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)

López, S. N., M. B. Riquelme y E. Botto 190

Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosu* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Geraldo Andrade Carvalho, Maurício Sekiguchi Godoy, Douglas Silva Parreira, Olinto Lasmar, Jander Rodrigues Souza y Valeria Fonseca Moscardini 195

Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Jader Braga Maia, Geraldo Andrade Carvalho, Maria Isabella Santos Leite, Rodrigo Lopes de Oliveira and Leticia Makyama 202

Continúa en la contraportada

Publicación oficial de la Sociedad Colombiana de Entomología

Artículo de revisión

Control microbiano de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Microbial Control of the Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)

LAWRENCE A. LACEY¹, JÜRGEN KROSCHER², STEVEN P. ARTHURS³ y FRANCISCO DE LA ROSA⁴

Resumen: La ocurrencia natural de patógenos específicos y biopesticidas aplicados en forma inundativa puede contribuir significativamente al control de la palomilla de la papa, *Phthorimaea operculella*. La mayoría de las investigaciones y aplicaciones realizadas han usado para el control de *P. operculella* una especie de granulovirus y la bacteria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). El granulovirus de *P. operculella* (PhopGV) tiene el potencial de jugar un importante papel en el manejo integrado de dicha plaga tanto en tubérculos almacenados como en el cultivo en condiciones de campo. Simultáneamente, *Bt* ha sido usado exitosamente contra infestaciones de *P. operculella* en el campo y en los tubérculos almacenados. PhopGV y *Bt* son seguros para las personas que hacen las aplicaciones y en los productos alimenticios; además, no afectan a los insectos benéficos y a otros organismos no blanco. Otros insecticidas naturales son el hongo biofumigante *Muscodor albus*, extractos botánicos, feromonas sexuales y métodos físicos para el manejo de *P. operculella* en tubérculos almacenados. La implementación de los biopesticidas dependerá en última instancia de una mayor conciencia de sus atributos por parte de los productores y del público, quienes serán los principales impulsores para su uso y comercialización.

Palabras clave: *Bacillus thuringiensis*. Virus de la granulosis. Nematodos entomopatógenos. *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Hongos entomopatógenos. *Metarhizium anisopliae*. *Beauveria bassiana*. *Muscodor albus*.

Abstract: The natural occurrence of specific pathogens and biopesticides applied in an inundative fashion can contribute significantly to control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. Most of the research conducted and practices used for control of *P. operculella* use one species of granulovirus and the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). The *P. operculella* granulovirus (PhopGV) has the potential to play a significant role in the integrated management of the pest in stored tubers as well as in field crops. At the same time, *Bt* has been used successfully against *P. operculella* infestations in the field and in stored tubers. PhopGV and *Bt* are safe for application personnel and for the food products; in addition, they do not affect beneficial insects and other nontarget organisms. Other natural insecticides are the biofumigant fungus *Muscodor albus*, botanicals, sex pheromones and physical measures for *P. operculella* control in stored tubers. The implementation of biopesticides will ultimately depend on an increased awareness of their attributes by growers and the public, who will be the main drivers for their use and commercialization.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*. Granulovirus. Entomopathogenic nematodes. *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Entomopathogenic fungi. *Metarhizium anisopliae*. *Beauveria bassiana*. *Muscodor albus*.

Introducción

La palomilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873), es originaria de las regiones productoras de papa de la Cordillera Andina en América del Sur, pero se ha propagado a áreas más tropicales y subtropicales productoras de papa (Sporleder *et al.* 2004; Sporleder y Kroschel 2008). La palomilla está establecida en el Noroeste del Pacífico de los Estados Unidos y ha provocado serias inquietudes por el daño que causa al cultivo de la papa (Rondon *et al.* 2008; De Bano *et al.* 2010). Alternativas para su control antes de la cosecha incluyen el uso de varios insecticidas de amplio espectro (Mansour 1984; Bennett *et al.* 1999; Schreiber y Jensen 2005). Sin embargo, el intervalo de seguridad precosecha de muchos insecticidas químicos no permite el tratamiento de la papa justo antes de la cosecha y consumo.

Se han reportado varios enemigos naturales de *P. operculella*, incluyendo insectos parasitoides y predadores (Briese 1981; Horne 1990; Kroschel y Koch 1994; Kroschel 1995;

Herman 2008a, 2008b; Horne y Page 2008) y patógenos (Kroschel y Lacey 2008; Lacey y Kroschel 2009). La ocurrencia natural y aplicaciones inundativas de entomopatógenos (biopesticidas) pueden contribuir significativamente al control de *P. operculella* como una estrategia de manejo integrado de plagas (MIP).

Se han desarrollado diversos plaguicidas microbiales (Lacey *et al.* 2001a) y algunos de ellos se utilizan para el control de algunos insectos plaga de la papa, incluyendo *P. operculella* (Radcliffe 1982; von Arx *et al.* 1987; Hamilton y Macdonald 1990; Zehnder *et al.* 1994; Cloutier *et al.* 1995; Kroschel *et al.* 1996a, b; Zeddarn *et al.* 2003; Wraight y Ramos 2005; Kroschel y Lacey 2008; Lacey *et al.* 2009; Wraight *et al.* 2009). Los insecticidas microbiales no requieren intervalos de seguridad precosecha, son inocuos para los agricultores y consumidores, y no afectan a organismos no específicos como los insectos benéficos.

En varios países alrededor del mundo se han hecho esfuerzos sustanciales para desarrollar agentes microbiales para

¹ Ph. D., Yakima Agricultural Research Laboratory, USDA-ARS, 5230 Konnowac Pass Road, Wapato, Wa. 98951 USA. larry.lacey@ars.usda.gov Corresponding author. ² Ph. D., Centro Internacional de la Papa, Apartado 1558, Lima 12, Perú. ³ Ph. D., University of Florida, IFAS, Mid-Florida Research and Education Center, Apopka, Florida. ⁴ Ing. Agrónomo, Yakima Agricultural Research Laboratory, USDA-ARS, 5230 Konnowac Pass Road, Wapato, Wa. 98951 USA.

el control de *P. operculella*. En contraste, muy poco se ha hecho a este respecto en los Estados Unidos. En esta revisión se presenta información acerca del desarrollo y potencial de virus, bacterias y nematodos para el control de *P. operculella*, con énfasis en las investigaciones desarrolladas en el estado de Washington.

Virus

En muchos de los países en donde se ha establecido la palomilla de la papa se ha encontrado al virus de la granulosidad que ataca a *P. operculella* (PoGV). Su presencia se ha confirmado en la región Andina de América del Sur (Alcazar *et al.* 1991, 1992a; Sporleder 2003), África (Broodryk y Pretorius 1974; Laarif *et al.* 2003), el Medio Oriente (Kroschel y Koch 1994), Asia (Zeddarn *et al.* 1999; Setiawati *et al.* 1999), Australia (Reed 1969; Briesse y Mende 1981) y América del Norte (Hunter *et al.* 1975). El nombre del virus se deriva de su apariencia granular bajo microscopía electrónica (Fig. 1A). Cada gránulo o partícula del virus (OB) contiene una sola barra viral (Fig. 1B). Cuando las partículas (OBs) son consumidas por la larva de *P. operculella* éstas se disuelven en el medio alcalino del tracto digestivo, liberando a las barras virales que se unen y atraviesan las células epiteliales del intestino medio. De ahí, invaden una variedad de células del huésped y producen cientos de millones de partículas virales (OBs) por larva. Las células del cuerpo graso de la larva son el sitio predominante de producción del virus. Por último, la larva infectada muere y se convierte en una fuente de inóculo para otras larvas. Reed (1971) y (Sporleder *et al.* 2007, 2008), reportaron los efectos de la concentración del virus, la temperatura y la edad de la larva en la progresión de la enfermedad en *P. operculella*. La mayoría de las larvas mueren después de 10 - 14 días de ingerir el virus y dosis muy altas del virus PhopGV pueden causar la muerte por toxicosis en 48 horas.

Sporleder (2003) evaluó la actividad de 14 aislamientos geográficos del PhopGV y encontró un rango de actividad que cubre varios órdenes de magnitud. Vickers *et al.* (1991) analizaron patrones de restricción de ADN y demostraron diferencias genéticas menores entre ocho aislamientos de PhopGV de

diverso origen geográfico. Ellos descubrieron tres genotipos que están estrechamente relacionados y el aislado peruano pudo distinguirse fácilmente de otros cinco provenientes de otros insectos hospederos. Bioensayos de tres aislados de virus de la granulosidad PhopGV de Indonesia revelaron propiedades biológicas similares (Zeddarn *et al.* 1999). Kroschel *et al.* (1996a) reportaron semejanza entre un aislado de Yemen y uno de Perú. En contraste, Léry *et al.* (1998) demostró considerables diferencias genéticas entre un aislado de Túnez y aislados de virus granular PhopGV de otras regiones.

Como muchos virus granulares, PhopGV tiene un reducido rango de hospederos. Solamente infecta a *P. operculella* y algunas otras especies de la misma familia (Gelechiidae). Por ejemplo, la palomilla de la papa de Guatemala, *Tecia solanivora*, (Povolny 1930), es susceptible a PhopGV, pero menos que *P. operculella* (Zeddarn *et al.* 2003; Villamizar *et al.* 2005). Aunque se ha aislado al PhopGV de *Symmetrischema tangolias* (Gyen 1913) (Ángeles y Alcázar 1996), éste no parece afectar a dicha especie (J. Kroschel, com. pers.). Pokharkar y Kurhade (1999) reportaron falta de infectividad para otras once especies de lepidópteros.

En Australia y Yemen se ha documentado la incidencia natural de PhopGV en poblaciones de *P. operculella* (Briesse 1981; Kroschel y Koch 1994; Kroschel 1995) donde las larvas estaban infectadas en bajos niveles. Kroschel y Koch (1994) observaron que la mayoría de la mortalidad de *P. operculella* en Yemen fue causada por parasitoides ichneumonídeos y braconídeos. Kroschel *et al.* (1996b) sugieren que los parasitoides resultaron ligeramente inhibidos por la aplicación de 5×10^{13} cuerpos de inclusión del virus PhopGV/ha, pero no por la aplicación del virus en una concentración diez veces menor. Las larvas de los parasitoides aparentemente continuaron desarrollándose en las larvas infectadas de *P. operculella*. El hecho de que PhopGV normalmente infecte larvas recién nacidas mientras que muchos parasitoides de *P. operculella* atacan huevos y larvas mayores, sugiere que puede emplearse un control combinado. Los registros sobre la incidencia natural del virus granular PhopGV en poblaciones de *P. operculella* indican que los niveles del virus son muy bajos para reducir el daño de la palomilla de la papa y que se requieren aplicaciones inundativas (fumigar o asperjar) para

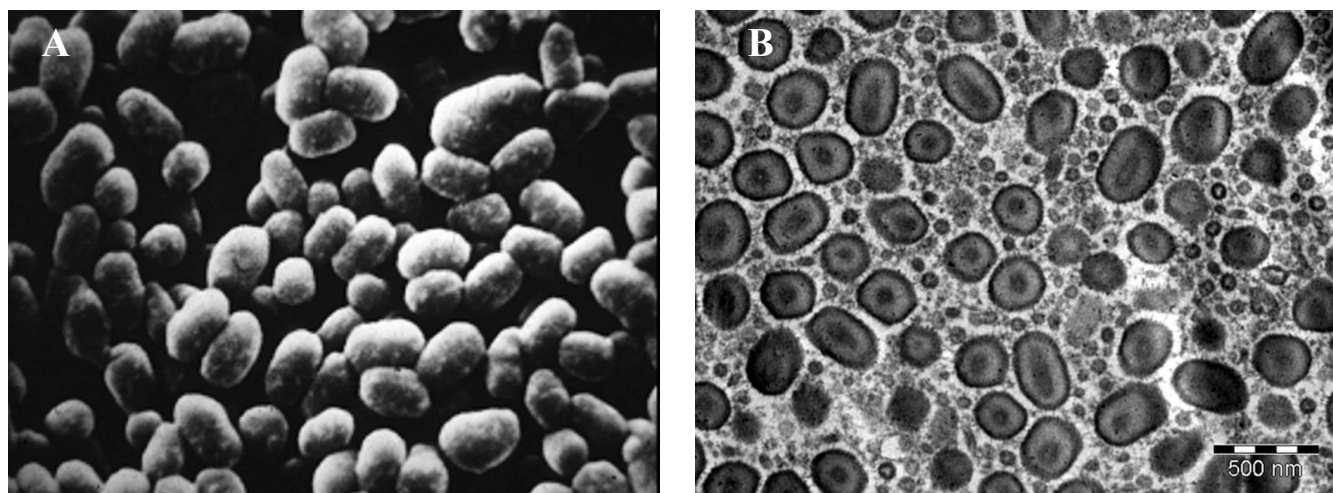


Figura 1. Gránulos del virus PoGV de la palomilla de la papa. **A.** cuerpos de inclusión intactos del PhopGV. Micrografía de Escaneo Electrónico (Cortesía del Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.). **B.** Secciones transversales y longitudinales de los gránulos virales de PhopGV. Micrografía de Transmisión Electrónica (cortesía de Darlene Hoffmann, USDA - ARS, Parlier, CA.).

proveer un control efectivo. Las evaluaciones en campo del virus granular PhopGV para el control de *P. operculella* son limitadas y los resultados variables. Reed (1971) y Reed y Springett (1971) condujeron los primeros ensayos de campo del virus de la granulosis PhopGV en Australia y encontraron que una aplicación temprana del virus (6275 larvas/ha) puede lograr un control efectivo. Además, ellos observaron que el virus de la granulosis PhopGV se propaga fácilmente en áreas no tratadas.

Reed (1971) concluyó que el virus alcanzó a las larvas que minaban las hojas a través de las estomas, y que el viento y los pájaros fueron responsables de diseminar el virus. Salah y Aalbu (1992) probaron el virus en suspensión y en polvo bajo condiciones de campo en Túnez. La infestación de la papa se redujo hasta en un 73% cuando se aplicó el virus en la superficie del suelo en los cultivos de papa. Kurhade y Pokharkar (1997) reportaron que dosis de PhopGV de $5,5 \times 10^{11}$ cuerpos de inclusión/ha y Endosulfan al 0,035% proporcionaron un control efectivo de *P. operculella* que resulta en una infestación de la papa 6,9% más baja comparada con otros tratamientos de insecticidas.

Salah *et al.* (1994) pusieron a prueba una combinación de *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1911, PhopGV y una doble irrigación para el control integrado de *P. operculella* en pruebas de campo en Túnez. En algunos casos, el control integrado resultó ser más eficiente que los insecticidas convencionales. Kroschel (1995) y Kroschel *et al.* (1996b) obtuvieron un control significativo de *P. operculella* en papa con aplicaciones de 5×10^{13} cuerpos de inclusión/ha. Once días después del tratamiento se observaron los síntomas típicos como coloración blanca lechosa y vitalidad reducida de las larvas, y una mortalidad del 70% a los 19 días del tratamiento. Finalmente el tratamiento viral causó hasta un 82,5% de mortalidad de *P. operculella*.

Estudios en el estado de Washington revelaron el potencial de PhopGV en el Noroeste de Estados Unidos. El Laboratorio de Investigación Agrícola de Yakima del Departamento de Agricultura de Estados Unidos desarrolló y optimizó métodos de producción de la palomilla *P. operculella* y del virus PhopGV. Actualmente se producen alrededor de 10,000 huevecillos y más de 1,500 pupas de *P. operculella* por semana. El virus se produce en larvas de *P. operculella* recién emergidas y expuestas en papas previamente tratadas con suspensiones virales de aproximadamente $1,5 \times 10^8$ cuerpos de inclusión/ml. Los huevecillos se inoculan con suspensiones con $1,5 \times 10^{10}$ cuerpos de inclusión/ml. El virus se recolecta de las larvas infectadas que salen de las papas, aproximadamente 14 días después.

En pruebas de campo, aplicaciones semanales de PhopGV de $9,9 \times 10^{12}$ cuerpos de inclusión/ha no redujeron el daño inicial (porcentaje de hojas minadas) en la primera generación de *P. operculella*, a pesar de que más del 90% de larvas tratadas estaban infectadas con virus y no puparon. Sin embargo, aplicaciones semanales de $9,9 \times 10^{12}$ /ha resultaron en una reducción de 76,3% de hojas minadas y una reducción de 96,3% de larvas de *P. operculella* en la segunda generación que es una dosis alta del virus. Una rotación semanal del PhopGV y *Bacillus thuringiensis* fue más efectiva que las aplicaciones semanales de sólo *Bt* 1,12 kg/ha con una reducción de larvas de la segunda generación del 97,1%. Una dosis menor del virus de la granulosis PhopGV de $9,9 \times 10^{11}$ cuerpos de inclusión/ha fue significativamente menos efectiva que las tasas más altas.

Las aplicaciones de dosis de PhopGV que causaron más del 95% de mortalidad en condiciones de campo, no son económicamente factibles. Por ejemplo, Arthurs *et al.* (2008b) reportaron un buen control por mayor tiempo de altas poblaciones de *P. operculella* después de varias aplicaciones de PhopGV a la concentración de 10^{13} CO/ha. Las poblaciones fueron reducidas entre 86-96% cuando se aplicaron sobre follajes y 90 a 97% cuando se hicieron aplicaciones sobre los tubérculos depositados en cajas inmediatamente después de cosechados.

La eficacia de la aplicación no sólo depende de la cepa del virus, dosis y método de aplicación, sino que su efecto puede verse reducido por la inactivación del virus por los rayos ultravioletas (UV) (Kroschel *et al.* 1996a; Sporleder *et al.* 2001; Sporleder 2003; Arthurs *et al.* 2008b). Kroschel *et al.* (1996a) investigaron la eficacia y persistencia en campo de diferentes preparaciones del virus de la granulosis PhopGV. Ellos calcularon una vida media del virus en papas expuestas al sol de 1,3 días. Mortalidades de larvas en primer estadio variaron de 43 - 49% cuando se alimentaron de vegetación colectada dos días después del tratamiento. Solamente del 19,4 al 25,8% de larvas murieron cuando se alimentaron del follaje recogido a los ocho días después de la aplicación del virus. Una variedad de coadyuvantes que ha sido usado para proteger otros baculovirus de la inactivación de los rayos ultravioleta (UV) fueron revisados por Burges y Jones (1998).

Sporleder (2003) investigó el uso de colorantes, abrillantadores ópticos, antioxidantes, materiales derivados de insectos hospederos y tipos de formulación para protección del virus de la granulosis PhopGV de la inactivación de los rayos ultravioleta. El notó que el abrillantador óptico Tinopal y ciertos antioxidantes protegieron la infectividad de virus irradiados. Sin embargo, se logró mayor protección contra luz UV en las preparaciones de larvas infectadas molidas en agua comparado con otras preparaciones (Kroschel y Koch 1996; Sporleder 2003; Chaparro *et al.* 2010).

El virus de la granulosis PhopGV ha sido reportado por varios investigadores como una muy buena protección a papas tratadas, especialmente en almacenes sin refrigeración. Éxitos en el control de la palomilla de la papa usando el virus de la granulosis PhopGV han sido demostrados en países andinos como Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia, de donde *P. operculella* y la papa se cree que son originarios (Alcazar *et al.* 1992b; CIP 1992; Zeddarn *et al.* 2003). El virus, además ha sido evaluado en papas almacenadas en varios países en el Medio Oriente, Norte de África y Asia (Amonkar *et al.* 1979; Hamilton y MacDonald 1990; Islam *et al.* 1990; Das *et al.* 1992; Setiawati *et al.* 1999; Chandel y Chanla 2005; Chandel *et al.* 2008). Dado que el virus no está expuesto a los rayos ultravioleta en almacenamiento, la protección de las papas puede durar varios meses.

Se estudió la efectividad de una formulación en polvo seco del granulovirus, preparado mezclando 1 kg de talco en un litro de agua con 20 larvas infectadas con el granulovirus, más Triton al 0.2% como agente dispersante (Alcázar y Raman 1992). Esta formulación se utilizó para la proporción de 5 kg/ton de papa para el almacenamiento. En esta investigación se demostró que los tubérculos tratados con el granulovirus presentaron 7, 8, 13 y 31% de tubérculos dañados a los 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento respectivamente; mientras que los tubérculos sin protección presentaron 64, 96, 100 y 100% de daño respectivamente. Estos resultados

indican una reducción del daño en 89, 91, 87 y 69% a los 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento.

Pruebas realizadas a 25°C por Arthurs *et al.* (2008a) indicaron que las suspensiones de PhopGV en agua o mezclado con diluentes (talco, arena, tierra de diatomeas y arcilla caolín), fueron efectivas para controlar larvas neonatas en tubérculos almacenados. Las suspensiones acuosas de PhopGV y virus formulado con talco provocaron 100% de mortalidad de larvas neonatas en tubérculos pre-infestados a concentraciones bajas como 0,00625 EL (equivalentes larvales) de PhopGV/kg tubérculos. Sin embargo, el tratamiento de tubérculos post-infestados con 0,4 EL de PhopGV/kg de tubérculos provocó solamente 92% de mortalidad. El efecto del PhopGV sobre la mortalidad y dispersión en condiciones de almacén refrigerado fue reportado por Lacey *et al.* (2010). El virus ocasionó un control efectivo de *P. operculella* en papas infestadas y también redujo la dispersión de las larvas que salieron de los tubérculos infestados a los tubérculos no infestados.

El potencial para el desarrollo de resistencia al virus de la granulosis PhopGV en larvas de *P. operculella* ha sido estudiado por Briese y Mende (1981, 1983) y Sporleder (2003). Briese y Mende (1981) notaron diferencias en susceptibilidad al virus PhopGV entre poblaciones de *P. operculella* en campos de Australia. Usando un bioensayo en laboratorio ellos compararon la susceptibilidad de 16 poblaciones en campo y observaron una diferencia de 11,6 veces entre las poblaciones más y menos susceptibles. Después de exposiciones seriadas de larvas susceptibles de *P. operculella* al virus PhopGV durante seis generaciones, Briese y Mende (1983) observaron un incremento de 140 veces la dosis letal media (LD₅₀). Observaciones similares fueron hechas por Sporleder (2003). Larvas de *P. operculella* que sobrevivieron a la exposición de concentraciones de virus que produjeron 50, 75 y 90% de mortalidad de las poblaciones progenitoras susceptibles fueron altamente resistentes al virus después de 12 generaciones. Una retrocruza sencilla con la población susceptible no redujo el nivel de resistencia. Basado en los reportes anteriores, los manejos de resistencia deben ser incorporados en los programas de control que regularmente usan el virus PhopGV.

Métodos para la producción *in vivo* de PhopGV son presentados en Reed y Springett (1971), CIP (1992), Kroschel *et al.* (1996b), Sporleder (2003), Zeddarn *et al.* (2003), y Villamizar *et al.* (2005). Básicamente los métodos empleados para la producción masiva de *P. operculella* se basan en la infección de larvas recién nacidas expuestas a las papas que han sido tratadas por inmersión en una suspensión acuosa de larvas trituradas e infectadas con PhopGV. Alternativamente, los huevos de *P. operculella* pueden sumergirse en suspensiones de PhopGV (Sporleder *et al.* 2005). Las larvas consumen el virus directamente cuando salen del huevo y son colocadas en papas en las cuales se desarrollan. Otro método de producción involucra la aspersión de suspensiones del virus en plantas de papa infestadas en el campo, la colección del follaje infestado después de que la larva muere, y la separación de la larva infectada del follaje exponiéndolo al calor (Matthiessen *et al.* 1978). Sporleder (2003) presentó información sobre los efectos de la temperatura, concentración inicial del virus, estadio larvario y densidad por gramo de papa en los rendimientos de los cuerpos de oclusión del virus. El número de larvas infectadas con el virus aumentó al aumentar la concentración del virus con una concentración óptima de 10⁹ cuerpos de inclusión/ml de suspensión. La temperatura óptima y

la densidad larvaria para la producción del virus fueron de 25°C y dos gramos de papa/larva respectivamente. Pokharkar y Kurhade (1999) reportaron además 25°C como óptima para la producción del virus. Léry *et al.* (1997) y Sudeep *et al.* (2005) reportaron el establecimiento de líneas de células de *P. operculella* y demostraron su utilidad para la producción de virus *in vitro*. El virus se ha producido comercialmente en Perú, Bolivia, Egipto y Túnez. Aunque el virus PhopGV no está disponible comercialmente en los Estados Unidos, su desarrollo y registro está garantizado basado en la necesidad del control de *P. operculella*, el potencial del virus PhopGV para retardar el desarrollo de resistencia a insecticidas convencionales. La seguridad del virus PhopGV le permitirá ser usado en los sistemas de manejo integrado de plagas (MIP) con un mínimo impacto sobre los organismos benéficos no específicos (Lacey y Arthurs 2008; Lacey y Kroschel 2009).

Bacterias

Bacillus thuringiensis Berliner, 1915 (*Bt*) es la única bacteria que ha sido evaluada para el control de *P. operculella*. Esta bacteria produce en forma natural toxinas cristalinas (venenos estomacales) que causan intoxicación en los insectos por la ruptura de las células epiteliales del intestino medio del tracto digestivo (Beegle y Yamamoto 1992; Garczynski y Siegel 2007). Los insecticidas basados en las toxinas de *Bt* son los más usados mundialmente como plaguicidas microbiales y se producen comercialmente para su uso contra un amplio rango de plagas incluyendo coleópteros (escarabajos), dípteros (moscas y mosquitos) y lepidópteros (mariposas y polillas) incluidas especies que atacan a la papa (Krieg *et al.* 1983; Hamilton y Macdonald 1990; Kroschel y Koch 1996; Lacey *et al.* 1999, 2001b; Wraight y Ramos 2005; Wraight *et al.* 2007; Arthurs *et al.* 2008a, 2008b). *Bt* es considerado ideal para el manejo de plagas porque es específico para plagas e inocuo para humanos y enemigos naturales de muchas plagas de cultivos. Formulaciones agrícolas típicas de *Bt* incluyen polvos humectables, concentrados líquidos, polvos, cebos y otros, y se comercializan con nombres como Acrobe, Bactospeine, Certan, Dipel, Javelin, Leptox, Novabac, Thuricide y Victory (Navon 2000; Garczynski y Siegel 2007). Para ser efectivos, los cristales de *Bt* tienen que ser ingeridos por la larva, siendo inefectivo contra insectos adultos. La muerte puede ocurrir dentro de pocas horas o en pocas semanas de la aplicación de *Bt*, dependiendo de la especie de insecto, edad y de la cantidad de *Bt* ingerido. Aunque hay muchas razas de *Bt*, cada una con una toxicidad específica a ciertos tipos de insectos, *Bt* subespecie *kurstaki* es la más comúnmente usada contra lepidópteros (Navon 2000). En Bolivia se detectaron incidencias naturales de *Bt* en poblaciones nativas de *P. operculella* (Hernández *et al.* 2005). Se aislaron muchas razas de suelos agrícolas, bodegas y papas infestadas con *P. operculella*. Aun más, algunas de las cepas mostraron tener igual o incluso mayor toxicidad comparadas con una cepa comercial normal (HD -1), lo que sugiere que se pueden desarrollar cepas nativas más efectivas.

Bt ha sido ampliamente probada para controlar infestaciones de *P. operculella* en laboratorio, campo y en condiciones de almacenamiento. La concentración letal media (LC₅₀) requerida aumenta con la edad de la larva (Salama *et al.* 1995a). *Bt* subespecie *kurstaki* (Turicide HP) aplicada a 200mg/kg de papa redujo sustancialmente la sobrevivencia de *P. operculella* del huevo a la emergencia del adulto (0,4%), comparado

con PhopGV (0,8-34,7%, dependiendo de la dosis) o el testigo (32,5%) (von Arx y Gebhardt 1990). En otros estudios de laboratorio, formulaciones con polvo de *Bt* (5000 unidades internacionales/mg) junto con permetrina (0,1%), protiofos (1%) y rotenona (2,4%) dieron buena protección a las papas contra infestaciones de *P. operculella* y fueron más efectivas controlando infestaciones comparadas con 1% clorpirifos (Hamilton y Macdonald 1990). En estudios de laboratorio e invernadero la potencia de *Bt* se mantuvo por más de 60 días cuando se aplicó al suelo para proteger semillas o papas en maceta (Amonkar *et al.* 1979).

Bt controla exitosamente las infestaciones de *P. operculella* en condiciones de campo, sin embargo, es necesario hacer varias aplicaciones porque *Bt* se degrada con los rayos ultravioleta (UV) del sol, y se pierde del suelo con la lluvia (Salama *et al.* 1995b; Arthurs *et al.* 2008b). Se necesitaron tres aplicaciones consecutivas de *Bt* (B10-T) en intervalos de ocho días para controlar a *P. operculella* en un cultivo de tomate en Israel (Broza y Sneh 1994). Se utilizaron aplicaciones de alto volumen (500 l/ha) para hacer llegar el ingrediente activo a los túneles de las hojas donde las larvas jóvenes estaban minándolas. En pruebas de campo en la India, aplicaciones foliares de *Bt* (Thuricide a 2-5 Kg/ha) en intervalos de 15 días iniciados 60 días después de la plantación, resultaron casi tan efectivas para controlar las infestaciones de *P. operculella* como el Paratión y el Carbaril aplicados a la superficie del suelo, resultando en un rendimiento promedio de papas de 9,3 - 10,7 ton/ha, comparado con 6,7 toneladas sin insecticidas (Awate y Naik 1979). En la República de Yemen las infestaciones de Polilla de la papa son muy altas, Kroschel (1995) ensayó *Bt* ('Dipel') por dos estaciones, en dos concentraciones (0,2% y 0,3%) con tres y cuatro aplicaciones por estación de papa. En el tratamiento testigo la infestación en hojas alcanzó 26 y 25 minas por planta. La aplicación de *Bt* hasta la fase de amarillamiento de la planta, redujo la infestación de hojas por la polilla en 41 % y 54 % y al final la infestación de los tubérculos a la cosecha en 23% y 10% respectivamente, comparado con el tratamiento testigo. En comparación, los mejores resultados se lograron con el piretroide Fenvalerato (0,1%) el cual redujo la infestación de hojas en 100% y la infestación de tubérculos en 70%.

En muchas partes del mundo, también se ha evaluado a *Bt* y otros métodos no químicos para el control de *P. operculella* después de la cosecha en almacenes de papa tradicionales (no refrigerados). En Yemen, Kroschel y Koch (1996) evaluaron varios plaguicidas de bajo riesgo para proteger las papas de *P. operculella* en el almacén. Aplicaciones sobre las papas de *Bt* mezclado con arena fina y polvo resultó completamente efectivo contra los huevecillos recién depositados, y controló además al 96% de larvas que ya estaban dentro de la papa. En Egipto, otra preparación de *Bt* (Dipel 2X 0.3%) resultó ser muy efectiva en almacén, eliminando la infestación de *P. operculella* frente a una infestación del 100% en los testigos no tratados 60 días después del tratamiento (Farrag 1998). En Túnez, el manejo integrado de *Bt* aplicado en el comienzo del periodo de almacenaje en combinación con el control cultural (cosecha temprana) eliminó la dependencia de fumigaciones con paration (von Ark *et al.* 1987). En los casos en que la papa tenía una infestación inicial alta (mayor a 20%), se reemplazó a *Bt* con un piretroide sintético (Permetrina). En Indonesia, tratamientos con *Bt* subespecie *kurstaki* (Thuricide en 2 g/l) causó 79% de mortalidad en larvas después de cuatro meses de almacenaje comparado con 58% de mor-

talidad de larvas sobre el follaje en invernadero (Setiawaiti *et al.* 1999). En Perú, Raman *et al.* (1987) encontraron que *Bt* subespecie *kurstaki* (Dipel) fue efectiva reduciendo el daño de alimentación en el almacenamiento cuando se aplicó como formulación en polvo. El aceite vegetal (1-2%) además redujo la eclosión de huevos pero fue fitotóxico, resultando en niveles altos de pudrición de papas. Sin embargo, en otros estudios, *Bt* subespecie *thuringiensis* (0,2% Bactospeine WP 16000 IU/mg) fue inefectivo en la protección de las papas en el almacenamiento, resultando tantas papas dañadas como los controles no tratados (Das *et al.* 1992).

Otra investigación sugiere que la efectividad de *Bt* puede mejorarse mediante formulaciones con extractos vegetales con propiedades insecticidas. Por ejemplo, extractos de *Atropa belladonna* L., 1753, *Hyoscyamus niger* L., 1753 y *Solanum nigrum* L., 1753 (Solanaceae) redujeron la concentración letal media (LC₅₀) de *Bt* contra *P. operculella* de 82 a 43, 31 y 40 µg/ml, respectivamente (Sabbour y Ismail 2002).

Nemátodos Entomopatógenos

Los nemátodos entomopatógenos (NEPs) son parásitos específicos de insectos de los géneros *Steinernema* (Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae) que están asociados obligadamente con bacterias simbióticas (*Xenorhabdis* spp. y *Photorhabdis* spp., respectivamente). Estas últimas son responsables de matar rápidamente a los insectos hospederos. Después de entrar a un insecto hospedante, los nemátodos en su etapa juvenil infectiva liberan una bacteria simbiótica. Además de matar al hospedante, la bacteria digiere los tejidos del insecto y produce antibióticos que protegen el cadáver de organismos saprófitos y carroñeros (Kaya y Gaugler 1993). Después de dos o tres ciclos reproductivos, cuando se reducen los nutrientes del hospedante, los estadios juveniles infecciosos se reproducen y abandonan al insecto hospedante. Este estado es capaz de infectar a los nuevos hospedantes o persistir por meses sin ellos (Kaya y Gaugler 1993; Glazer 2002). En las últimas cinco décadas se ha demostrado el potencial de los NEPs como agentes de control biológico de una gran variedad de insectos plaga (Georgis *et al.* 2006). Actualmente se producen comercialmente varias especies de NEPs para el control de diversas especies de insectos plaga de importancia económica (Grewal *et al.* 2005; Koppenhöfer 2007). Sin embargo, su uso para el control de *P. operculella* se ha investigado sólo recientemente. Investigaciones sobre el efecto de nemátodos entomopatógenos en *P. operculella* en el Laboratorio de Investigación Agrícola de Yakima, en Wapato, Washington, revelaron un buen potencial para el control de estadios de la palomilla que entran y salen del suelo. Se considera que estos nemátodos tienen potencial para el control de *P. operculella* en pilas de desecho de papas. Se demostró que la L4 de todas las especies del complejo de *P. operculella* son altamente susceptibles a las cepas de *Heterorhabditis* sp. procedentes de los altos de los Andes de Ecuador y Perú (J. Alcázar datos no publicados).

Hongos Entomopatógenos

Numerosas especies de hongos entomopatógenos son agentes efectivos para el control microbiano de varias especies de insectos plaga (Goettel *et al.* 2005; Ekesi y Maniania 2007), incluyendo algunas plagas claves de la papa (Lacey *et al.* 1999, 2009; Wraight y Ramos 2005, Wraight *et al.*

2007, 2009). Sin embargo, las investigaciones sobre el uso de hongos para el control de *P. operculella* aún son limitadas. Estudios de laboratorio con dos Hypocreales comunes, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorok y *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillmen, indican que tienen potencial para el control de larvas de *P. operculella*, particularmente larvas jóvenes (Hafez *et al.* 1997; Sewify *et al.* 2000). Hafez *et al.* (1997) también demostraron la actividad de *B. bassiana* contra prepupas, pupas y adultos de *P. operculella*. Sewify *et al.* (2000) reportaron que la combinación de *M. anisopliae* y PhopGV tuvo un efecto sinérgico para el control de larvas cuando utilizó una concentración alta del hongo con una concentración baja del virus.

El hongo endofítico, *Muscodor albus*, Worapong *et al.* 2001, produce varios compuestos volátiles como alcohol, ésteres, cetonas, ácidos y lípidos, que son biocidas para un amplio rango de organismos incluyendo bacterias y hongos fitopatógenos, nemátodos e insectos (Strobel *et al.* 2001; Worapong *et al.* 2001; Riga *et al.* 2008; Lacey *et al.* 2008). La actividad contra adultos y larvas de *M. albus* fue reportada contra *P. operculella* por Lacey y Neven (2006) y Lacey *et al.* (2008). Los adultos y larvas neonatas de *P. operculella* fueron expuestos a los volátiles de *M. albus* por 72 horas en cámaras herméticamente cerradas. Los porcentajes promedio de mortalidad de adultos de *P. operculella* en las cámaras con 15 y 30 g de micelio formulado fueron de 84,65 y 90,6%, respectivamente. El desarrollo del estado de pupa de *P. operculella* que fueron tratadas como larvas neonatas en tubérculos infestados, con 15 y 30 g de micelio formulado de *M. albus* se redujo a 61,8% y 72,8%, respectivamente. Lacey *et al.* (2008) observaron que el tiempo de exposición al hongo *M. albus* afectó significativamente la mortalidad de larvas cuando están infectando los tubérculos y su desarrollo hacia el estado de adulto. La duración del tiempo de exposición de 3, 7 ó 14 días a 24°C seguido por un periodo de incubación a 27°C hasta la emergencia de adultos provocó una mortalidad de 84,2%, 95,5% y de 99,6%, respectivamente. A 10°C y 15°C, la mortalidad de larvas se redujo significativamente.

Conclusiones

Los enemigos naturales como parásitos, depredadores y patógenos pueden ejercer un control substancial de las poblaciones de *P. operculella*, especialmente cuando se utilizan pocos insecticidas adicionales (Matthiessen y Springett 1973; Briesse 1981; Kroschel y Koch 1994; Coll *et al.* 2000; Kroschel y Lacey 2008; Lacey y Kroschel 2009). Es probable que ninguna especie de enemigo natural provea por sí sola un control adecuado, pero juntas pueden complementarse y regular a *P. operculella* durante toda la temporada de crecimiento, en las diferentes etapas de su ciclo de vida y en varias densidades de poblaciones de la palomilla. Además de su utilidad para controlar *P. operculella* y otros insectos plaga, los patógenos específicos ofrecen otros beneficios incluyendo seguridad para los aplicadores y consumidores, e inocuidad sobre enemigos naturales y el ambiente (Laird *et al.* 1990; Hokkanen y Hajek 2003). La integración de patógenos y nemátodos contra insectos específicos en el agroecosistema de la papa dependerá de su compatibilidad con otros agentes de control, incluyendo plaguicidas, así como efecto de las condiciones del ambiente en su infectividad y persistencia. Su utilización adecuada requerirá de la selección de cepas de patógenos efectivas, del desarrollo de formulaciones para mejorar el su vida útil en al-

macenamiento, aplicación y persistencia, de la selección cuidadosa de la etapa de aplicación óptima, así como del mejor entendimiento de “cómo” se integran a los sistemas de producción de la papa. En última instancia, su implementación dependerá del mejor conocimiento de sus atributos por parte de los productores y el público (Lacey *et al.* 2001a).

Agradecimientos

Nina Bárcenas, Jorge Toledo, Don Hostetter y a Jaime Molina, por sus comentarios constructivos a este manuscrito.

Literatura citada

- ALCÁZAR, J.; CERVANTES, M.; RAMAN, K. V.; SALAS, R. 1991. Un virus como agente de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. Revista Peruana Entomología 34: 101-104.
- ALCÁZAR, J.; CERVANTES, M.; RAMAN, K. V. 1992a. Caracterización y patogenicidad de un virus granulosis de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. Revista Peruana de Entomología 35: 107-111.
- ALCÁZAR, J.; CERVANTES, M.; RAMAN, K. V. 1992b. Efectividad de un virus granulosis formulado en polvo para controlar *Phthorimaea* en papa almacenada. Revista Peruana Entomología 35: 113-116.
- ALCÁZAR, J.; RAMAN, K. V. 1992. Control of *Phthorimaea operculella* en almacenes rústicos, empleando virus granulosis en polvo. Revista Peruana de Entomología 35: 117-120.
- AMONKAR, S. V.; PAL, A. K.; VIJAYALAKSHMI, L.; RAO, A. S. 1979. Microbial control of potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zell.). Indian Journal of Experimental Biology 17: 1127-1133.
- ANGELES, I.; Alcazar, J. 1996. Susceptibilidad de la polilla *Symmetrischema tangolais* al virus de la granulosis de *Phthorimaea operculella* (PoGV). Revista Peruana Entomología 39: 7-10.
- ARTHURS, S. P.; LACEY, L. A.; DE LA ROSA, F. 2008a. Evaluation of a granulovirus (PoGV) and *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* for control of the potato tuberworm in stored tubers. Journal of Economic Entomology 101: 1540-1546.
- ARTHURS, S. P.; LACEY, L. A.; PRUNEDA, J. N.; RONDON, S. 2008b. Semi-field evaluation of a granulovirus and *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* for season-long control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. Entomologia Experimentalis et Applicata 129: 276-285.
- AWATE, B. G.; NAIK, L. M. 1979. Efficacies of insecticidal dusts applied to soil surface for controlling potato tuberworm (*Phthorimaea operculella* Zeller) in field. Journal of Maharashtra Agricultural Universities 4: 100.
- BEEGLE, C. C.; YAMAMOTO, T. 1992. History of *Bacillus thuringiensis* Berliner research and development. Canadian Entomologist 124: 587-616.
- BENNETT, A.; BENNETT, A. L.; TOIT, C. L. N. DU. 1999. Chemical control of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in tobacco seedlings. African Plant Protection 5: 83-88.
- BRIESE, D. T. 1981. The incidence of parasitism and disease in field populations of the potato moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Australia. Journal of the Australian Entomological Society 20 (4): 319-326.
- BRIESE, D. T.; MENDE, H. A. 1981 Differences in susceptibility to a granulosis virus between field populations of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Bulletin of Entomological Research 71: 11-18.
- BRIESE, D. T.; MENDE, H. A. 1983. Selection for increased resistance to a granulosis virus in the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Bulletin of Entomological Research 73: 1-9.
- BROODRYK, S. W.; PRETORIUS, L. M. 1974. Occurrence in South Africa of a granulosis virus attacking potato tuber moth,

- Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of the Entomological Society of South Africa 37: 125-128.
- BROZA, M.; SNEH, B. 1994. *Bacillus thuringiensis* spp. *kurstaki* as an effective control agent of lepidopteran pests in tomato fields in Israel. Journal of Economic Entomology 87: 923-928.
- BURGES, H. D.; JONES, K. A. 1998. Formulation of bacteria, viruses and protozoa to control insects. p. 34-127. En: Burges, H. D. (ed.). Formulation of Microbial Biopesticides. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 496 p.
- CHANDEL, R. S.; CHANDLA, V. K. 2005. Integrated control of potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*) in Himachal Pradesh. Indian Journal of Agricultural Sciences. 75: 837-839.
- CHANDEL, R. V.; CHANDLA, V. K.; GARG, I. D. 2008. Integrated Pest Management of potato tuber moth in India. p. 127-138. En: Kroschel, J.; Lacey, L. A. (eds.). Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- CHAPARRO, M.; L. VILLAMIZAR; C. ESPINEL; A. M. COTES. 2010. Fotoestabilidad y actividad insecticida sobre larvas de *Tea solanivora* de dos formulaciones de granulovirus. Revista Colombiana de Entomología. 36 (1): 25-30.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1992. Biological control of potato tuber moth using *Phthorimaea* baculovirus. CIP Training Bulletin 2, International Potato Center, Lima, Peru. 27 pp.
- CLOUTIER, C.; JEAN, C.; BAUDIN, F.; LAVAL, U. 1995. More biological control for a sustainable potato pest management strategy. pp. 15-52. En: Duchesne, R. M.; Boiteau, G. (eds.). Symposium 1995, Lutte aux Insectes Nuisibles de la Pomme de Terre. Proceedings of a Symposium held in Quebec City. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Sainte-Foy, Québec, Canada. 204 p.
- COLL, M.; GAVISH, S.; DORI, I. 2000. Population biology of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), in two potato cropping systems in Israel. Bulletin of Entomological Research 90: 309-315.
- DAS, G. P.; MAGALLONA, E. D.; RAMAN, K. V.; ADALLA, C. B. 1992. Effects of different components of IPM in the management of the potato tuber moth in storage. Agriculture, Ecosystems and Environment 41, 321-325.
- DE BANO, S. J.; HAMM, P. B.; JENSEN, A.; RONDON, S. I.; LANDOLT, P. J. 2010. Spatial and temporal dynamics of potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Columbia Basin of the Pacific Northwest. Environmental Entomology 39: 1-14.
- EKESI, S.; MANIANIA, N. K. 2007. Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management. Research Signpost, Kerala, India. 333 p.
- FARRAG, R. M. 1998. Control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera Gelechiidae) at storage. Egyptian Journal of Agricultural Research 76: 947-952.
- GARCZYNSKI, S. F.; SIEGEL, J. P. 2007. Bacteria. p. 175-97. En: Lacey, L. A.; Kaya, H. K. (eds.). Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests, 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- GEORGIS, R.; KOPPENHÖFER, A. M.; LACEY, L. A.; BÉLAIR, G.; DUNCAN, L. W.; GREWAL, P. S.; SAMISH, M.; TAN, L.; TORR, P.; VAN TOL, R. W. H. M. 2006. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. Biological Control 38: 103-123.
- GLAZER, I. 2002. Survival biology. P. 169-187. En: Gaugler, R. (ed.). Entomopathogenic Nematology. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK.
- GOETTEL, M. S.; ELLENBERG, J.; GLARE, T. 2005. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. p. 361-405. En: Gilbert, L. I.; Iatrou, K.; Gill, S. S. (eds.). Comprehensive Molecular Insect Science. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- GREWAL, P. S.; EHLERS, R.-U.; SHAPIRO-ILAN, D. I. 2005. Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK. 505 pp.
- HAFEZ, M.; ZAKI, F. N.; MOURS, A.; SABBOUR, M. 1997. Biological effects of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller). Anzeiger Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz 70: 158-159.
- HAMILTON, J. T.; MACDONALD, J. A. 1990. Control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in stored seed potatoes. General Applied Entomology 22: 3-6.
- HERMAN, J. B. 2008a. Biological control of potato tuber moth, by *Apanteles subandinus* Blanchard in New Zealand. p. 73-80. En: Kroschel, J.; Lacey, L. A. (eds.). Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- HERMAN, J. B. 2008b. Integrated Pest Management of potato tuber moth in New Zealand. p. 119-126. En: Kroschel, J.; Lacey, L. A. (eds.). Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- HERNANDEZ, C. S.; ANDREW, R.; BEL, Y.; FERRÉ, J. 2005. Isolation and toxicity of *Bacillus thuringiensis* from potato-growing areas in Bolivia. Journal of Invertebrate Pathology 88: 8-16.
- HOKKANEN, H. M. T.; HAJEK, A. E. (eds.). 2003. Environmental Impacts of Microbial Insecticides: need and methods for risk assessment. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 269 p.
- HORNE, P. A. 1990. The influence of introduced parasitoids on the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Victoria, Australia. Bulletin of Entomological Research 80: 159-163.
- HORNE, P. A.; PAGE, J. 2008. IPM dealing with potato tuber moth (PTW) and all other pests in Australian potato crops. p. 111-117. En: Kroschel, J.; Lacey, L. A. (eds.). Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- HUNTER, D. K.; HOFFMANN, D. F.; COLLIER, S. J. 1975. Observations on a granulosis virus of the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella*. Journal of Invertebrate Pathology 26: 397-400.
- ISLAM, M. N.; KARIM, M. A.; NESSA, Z. 1990. Control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in the storehouses for seed and ware potatoes in Bangladesh. Bangladesh Journal of Zoology 18: 41-52.
- KAYA, H. K.; GAUGLER, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. Annual Review of Entomology 38: 181-206.
- KOPPENHÖFER, A. M. 2007. Nematodes. p. 248-264. En: Lacey, L. A.; Kaya, H. K. (eds.). Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests, 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- KRIEG, A.; HUGER, A. M.; LANGENBRUCH, G. A.; SCHNETTER, W. 1983. *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*: Ein neuer, gegenüber larven von coleopteren wirksamer pathotyp. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 96: 500-508.
- KROSCHER, J.; KOCH, W. 1994. Studies on the population dynamics of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zell. (Lep., Gelechiidae)) in the Republic of Yemen. Journal of Applied Entomology 118: 327-341.
- KROSCHER, J. 1995. Integrated pest management in potato production in Yemen with special reference to the integrated biological control of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller). Tropical Agriculture, 8. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany. 227 p.

- KROSCHEL, J.; KOCH, W. 1996. Studies on the use of chemicals, botanicals and *Bacillus thuringiensis* in the management of the potato tuber moth in potato stores. *Crop Protection* 15: 197-203.
- KROSCHEL, J.; FRITSCH, E.; HUBER, J. 1996a. Biological control of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in the Republic of Yemen using granulosis virus: biochemical characterization, pathogenicity and stability of the virus. *Biocontrol Science Technology* 6: 207-216.
- KROSCHEL, J.; KAAACK, H. J.; FRITSCH, E.; HUBER, J. 1996b. Biological control of the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in the Republic of Yemen using granulosis virus: propagation and effectiveness of the virus in field trials. *Biocontrol Science Technology* 6: 217-226.
- KROSCHEL, J.; LACEY, L. A. (eds.). 2008. Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany. 147 pp.
- KURHADE, V. P.; POKHARKAR, D. S. 1997. Biological control of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) on potato. *Journal of the Maharashtra Agricultural University* 22: 187-189.
- LAARIF, A.; FATTOUCH, S.; ESSID, W.; MARZOUKI, N.; SALAH, H. B.; HAMMOUDA, M. H. B. 2003. Epidemiological survey of *Phthorimaea operculella* granulosis virus in Tunisia. *Bulletin European and Mediterranean Plant Protection Organization* 33: 335-338.
- LACEY, L. A.; HORTON, D. R.; CHAUVIN, R. L.; STOCKER, J. M. 1999. Comparative efficacy of *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, and aldicarb for control of Colorado potato beetle in an irrigated desert agroecosystem and their effects on biodiversity. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 93: 189-200.
- LACEY, L. A.; FRUTOS, R.; KAYA, H. K.; VAIL, P. 2001a. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control* 21: 230-248.
- LACEY, L. A.; HORTON, D. R.; UNRUH, T. R.; PIKE, K.; MARQUES, M. 2001b. Control biológico de plagas de papas en Norte América. Proceedings of the Washington State Potato Conference and Trade Fair. Taller en Español sobre la producción de papas. pp. 103-117.
- LACEY, L. A.; NEVEN, L. G. 2006. The potential of the fungus, *Muscodor albus* as a microbial control agent of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored potatoes. *Journal of Invertebrate Pathology* 91: 195-198.
- LACEY, L. A.; ARTHURS, S. P. 2008. An overview of microbial control of the potato tuber moth. p. 33-48. En: Kroschel, J.; Lacey, L. A. (eds.). Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- LACEY, L. A.; HORTON, D. R.; JONES, D. C. 2008. The effect of temperature and duration of exposure of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae) in infested tubers to the biofumigant fungus *Muscodor albus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 97: 159-164.
- LACEY, L. A.; KROSCHEL, J. 2009. Microbial Control of the Potato Tuber Moth (Lepidoptera: Gelechiidae). Fruit, Vegetable, and Cereal, Science and Biotechnology, 3 (Special Year of the Potato Issue 1): 46-54.
- LACEY, L. A.; KROSCHEL, J.; WRIGHT, S. P.; GOETTEL, M. S. 2009. An Introduction to Microbial Control of Insect Pests of Potato, Fruit, Vegetable, and Cereal, Science and Biotechnology, 3 (Special Year of the Potato Issue 1), 20-24.
- LACEY, L. A.; HEADRICK, H. L.; HORTON, D. R.; SCHREIBER, A. 2010. Effect of a Granulovirus on Mortality and Dispersal of Potato Tuber Worm (Lepidoptera: Gelechiidae) in Refrigerated Storage Warehouse Conditions. *Biocontrol, Science and Technology* 20: 437-447.
- LAIRD, M.; LACEY, L. A.; DAVIDSON, E. W. (eds.). 1990. Safety of Microbial Insecticides. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 259 pp.
- LÉRY, X.; ABOL-ELA, S.; GIANNOTTI, J. 1998. Genetic heterogeneity of *Phthorimaea operculella* granulovirus: restriction analysis of wild-type isolates and clones obtained *in vitro*. *Acta Virologica* 42: 13-21.
- MANSOUR, S. A. 1984. Protection of stored potatoes from the larvae of potato tuber moth by coating tubers with a thin layer of insecticide. *Pesticides* 18:40-42.
- MATTHIESSEN, J. N.; CHRISTIAN, R. L.; GRACE, T. D. C.; FILSHIE, B. 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.
- MATTHIESSEN, J. N.; SPRINGETT, B. P. 1973. The food of the silveryeye, *Zosterops gouldi* (Aves: Zosteropidae), in relation to its role as a vector of a granulosis virus of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Australian Journal of Zoology* 21: 533-540.
- NAVON, N. 2000. *Bacillus thuringiensis* application in agriculture. p. 355-369. En: Charles, J.-F.; Delecluse, A.; Nielsen-LeRoux, C. (eds.). Entomopathogenic Bacteria: from laboratory to field application. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- POKHARKAR, D. S.; KURHADE, V. P. 1999. Cross infectivity and effect of environmental factors on the infectivity of granulosis virus of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Biological Control* 13: 79-84.
- RADCLIFFE, E.B. 1982. Insect pests of potato. *Annual Review of Entomology* 27: 173-204.
- RAMAN, K. V.; BOOTH, R. H.; Palacios, M. 1987. Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in rustic potato stores. *Tropical Science* 27: 175-194.
- REED, E. M. 1969. A granulosis virus of potato moth. *Australian Journal of Science* 31: 300-301.
- REED, E. M. 1971. Factors affecting the status of a virus as a control agent of the potato moth (*Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lep., Gelechiidae)). *Bulletin of Entomological Research* 61: 223-233.
- REED, E. M.; SPRINGETT, B. P. 1971. Large-scale field testing of a granulosis virus for the control of the potato moth (*Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lep., Gelechiidae)). *Bulletin of Entomological Research* 61: 207-222.
- RIGA, K.; LACEY, L.A.; GUERRA, N. 2008. The potential of the endophytic fungus, *Muscodor albus*, as a biocontrol agent against economically important plant parasitic nematodes of vegetable crops in Washington State. *Biological Control* 45: 380-385.
- RONDON, S. I.; DEBANO, S. J.; CLOUGH, G. H.; HAMM, P. B.; JENSEN, A. 2008. Occurrence of the potato tuber moth, in the Columbia Basin of Oregon and Washington. p. 9-13. En: Kroschel, J.; Lacey, L. A. (eds.). Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- SABBOUR, M.; ISMAIL, I. A. 2002. The combined effect of microbial control agents and plant extracts against potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller. *Bulletin of the National Research Centre Cairo* 27: 459-467.
- SALAH, H. B.; AALBU, R. 1992. Field use of granulosis virus to reduce initial storage infestation of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in North Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 38: 119-126.
- SALAH, H. B.; FUGLIE, K.; TEMIME, A. B.; RAHMOUNI, A.; CHEIKH, M. 1994. Utilisation du virus de la granulose de la teigne de la pomme de terre et du *Bacillus thuringiensis* dans la lutte intégrée contre *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepid., Gelechiidae) en Tunisie. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie* 67: 1-20.

- SALAMA, H. S.; RAGAEI, M.; SABBOUR, M. 1995a. Larvae of *Phthorimaea operculella* (Zell.) as affected by various strains of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Applied Entomology* 119: 241-243.
- SALAMA, H. S.; ZAKI, F. N.; RAGAEI, M.; SABBOUR, M. 1995b. Persistence and potency of *Bacillus thuringiensis* against *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lep. Gelechiidae) in potato stores. *Journal of Applied Entomology* 119: 493-494.
- SCHREIBER, A.; JENSEN, A. 2005. What to do about potato tuber moth. *Potato Progress* 5 (7): 1-2.
- SETIAWATI, W.; SOERIAATMADJA, R. E.; RUBIATI, T.; CHUJOY, E. 1999. Control of potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*) using an indigenous granulosis virus in Indonesia. *Indonesian Journal of Crop Science* 14: 10-16.
- SEWIFY, G. H.; ABOL-ELA, S.; ELDIN, M. S. 2000. Effects of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) and granulosis virus (GV) combinations on the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Faculty of Agriculture-University of Cairo* 51: 95-106.
- SPORLEDER, M.; ZEGARRA, O.; KROSCHER, J.; HUBER, J.; LAGNAOUI, J. 2001. Assessment of the inactivation time of *Phthorimaea operculella* granulovirus (PoGV) at different intensities of natural irradiation. *Scientist-and-farmer-partners-in-research-for-the-21st-Century-Program-Report-1999-2000*. pp. 123-128. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
- SPORLEDER, M. 2003. The granulovirus of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller): Characterisation and prospects for effective mass production and pest control. p. 206. En: J. Kroschel, (ed.). *Advances in Crop Research Vol. 3*. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany. 196 p.
- SPORLEDER, M.; KROSCHER, J.; GUTIERREZ QUISPE, M.; LAGNAOUI, A. 2004. A temperature-based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33: 477-486.
- SPORLEDER, M.; KROSCHER, J.; HUBER, J.; LAGNAOUI, A. 2005. An improved method to determine the biological activity (LC₅₀) of the granulovirus PoGV in its host *Phthorimaea operculella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 116: 191-197.
- SPORLEDER, M.; RODRIGUEZ CAUTI, E. M.; HUBER, J.; KROSCHER, J. 2007. Susceptibility of *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) to its granulovirus PoGV with larval age. *Agricultural and Forest Entomology* 9: 271-278.
- SPORLEDER, M.; ZEGARRA, O.; RODRÍGUEZ CAUTI, E. M. R.; KROSCHER, J. 2008. Effects of temperature on the activity and kinetics of the granulovirus infecting the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biological Control* 44: 286-295.
- SPORLEDER, M.; KROSCHER, J. 2008. The potato tuber moth granulovirus (PoGV): use, limitations, and possibilities for field applications. p. 49-71. En: Kroschel, J.; Lacey, L.A. (eds.). *Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth - a Potato Pest of Global Importance*. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
- STROBEL, G. A.; DIRKSE, E.; SEARS, J.; MARKWORTH, C. 2001. Volatile antimicrobials from *Muscodor albus*, a novel endophytic fungus. *Microbiology Reading* 147: 2943-2950.
- SUDEEP, A. B.; KHUSHIRAMANI, R.; ATHAWALE, S. S.; MISHRA, A. C.; MOURYA, D. T. 2005. Characterization of a newly established potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) cell line. *Indian Journal of Medical Research* 121: 159-163.
- VICKERS, J. M.; CORY, J. S.; ENTWISTLE, P. F. 1991. DNA characterization of eight geographic isolates of granulosis virus from the potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 57: 334-342.
- VILLAMIZAR, L.; ZEDDAM, J.-L.; ESPINEL, C.; COTES, A. M. 2005. Implementación de técnicas de control de calidad para la producción de un bioplaguicida a base del granulovirus de *Phthorimaea operculella* PhopGV. *Revista Colombiana de Entomología* 31: 127-132.
- von Arx, R.; Goueder, J.; Cheikh, M.; Temime, A. B. 1987. Integrated control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Tunisia. *Insect Science and Application* 8: 989-994.
- von Arx, R.; Gebhardt, F. 1990. Effects of a granulosis virus, and *Bacillus thuringiensis* on life-table parameters of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. *Entomophaga* 35: 151-159.
- WORAPONG, J.; STROBEL, G.; FORD, E. J.; LI, J. Y.; BAIRD, G.; HESS, W. M. 2001. *Muscodor albus* anam. gen. et sp. nov., an endophyte from *Cinnamomum zeylanicum*. *Mycotaxon* 79: 67-79.
- WRIGHT, S. P.; RAMOS, M. E. 2005. Synergistic interaction between *Beauveria bassiana* - and *Bacillus thuringiensis tenebrionis*-based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae. *Journal of Invertebrate Pathology* 90: 139-150.
- WRIGHT, S. P.; SPORLEDER, M.; POPRAWSKI, T. J.; LACEY, L. A. 2007. Application and evaluation of entomopathogens in potato. p. 329-359. En: Lacey, L. A.; Kaya, H. K. (eds.). *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests*, 2nd ed. Springer, Dordrecht. 934 p.
- WRIGHT, S. P.; LACEY, L. A.; KABALUK, J. T.; GOETTEL, M. S. 2009. Potential for Microbial Biological Control of Coleopteran and Hemipteran Pests of Potato. *Fruit, Vegetable, and Cereal, Science and Biotechnology*, 3 (Special Year of the Potato Issue 1): 25-38.
- ZEDDAM, J. L.; POLLET, A.; MANGOENDIHARJO, S.; RAMADHAN, T. H.; LOPEZ-FERBER, M. 1999. Occurrence and virulence of a granulosis virus in *Phthorimaea operculella* (Lep. Gelechiidae) populations in Indonesia. *Journal of Invertebrate Pathology* 74: 48-54.
- ZEDDAM, J. L.; VÁSQUEZ SOBERON, R. M.; VARGAS RAMOS, Z.; LAGNAOUI, A. 2003. Producción viral y tasas de aplicación del granulovirus usado para el control biológico de las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Tecia solani-vora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 29: 659-667.
- ZEHNDER, G.W.; POWELSON, M.L.; JANSSON, R.K.; RAMAN, K.V. (eds.). 1994. *Advances in Potato Pest Biology and Management*, The American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA. 655 pp.

Recibido: 22-jun-2010 • Aceptado: 14-ago-2010

Integración del control biológico y químico de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)

Integration of biological and chemical control of the whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)

SILVIA N. LÓPEZ^{1,2}, MARÍA B. RIQUELME^{1,3} y EDUARDO BOTTO^{1,4}

Resumen: *Trialeurodes vaporariorum* es una importante plaga asociada al tomate cuyo control se basa en el uso de agroquímicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la integración del control químico y biológico de *T. vaporariorum* mediante el uso del parasitoide *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) (CB-CQ), y comparar esta estrategia de manejo con una basada en el uso exclusivo y racional de insecticidas (CQ). Los experimentos se realizaron en invernaderos experimentales entre agosto y diciembre de 2005. Se revisaron semanalmente 12 plantas por invernadero, registrando la cantidad de adultos en las dos hojas superiores y el número de ninfas IV normales y parasitadas en un foliolo del tercio medio de la planta. El nivel de acción para realizar tratamientos de control químico en todos los invernaderos fue el registro de ≥ 8 ninfas en promedio por foliolo y para liberar al parasitoide en el tratamiento CB-CQ fue el de ≥ 1 ninfa en todo el invernáculo. Se observaron tres picos de adultos y dos picos de ninfas que superaron el nivel de acción para la aplicación de agroquímicos. En el tratamiento CQ se realizaron cinco aplicaciones de insecticidas en tanto en el tratamiento CB-CQ se realizaron ocho liberaciones de *E. formosa* y dos aplicaciones con un producto más inocuo para el parasitoide. El parasitismo por *E. formosa* en el tratamiento CQ-CB alcanzó un 75% hacia el final del estudio. Los resultados indican que el uso del parasitoide puede contribuir al control de la plaga, disminuyendo la cantidad de aplicaciones de insecticidas.

Palabras clave: *Encarsia formosa*. Moscas blancas. Tomate. Manejo integrado.

Abstract: *Trialeurodes vaporariorum* is an important pest associated with tomato crops, whose control is based on the use of agrochemicals. The objective of this work was to evaluate the integration of chemical and biological control of *T. vaporariorum* through the use of the parasitoid *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) (CB-CQ), and to compare this management strategy to one based on the exclusive use of insecticide applications (CQ). Experiments were carried out in experimental greenhouses between August and December, 2005. Twelve plants per greenhouse were examined weekly, recording the number of adults on the two upper leaves and the number of normal and parasitized fourth instar nymphs on a leaflet of the middle third of the plant. The action threshold to conduct chemical control treatments in all greenhouses was the recording of ≥ 8 nymphs on average per leaflet, and to release the parasitoid in the CB-CQ treatment it was ≥ 1 nymph per greenhouse. Three peaks of adults and two peaks of nymphs were observed, surpassing the action threshold for application of agrochemicals. In treatment CQ, five insecticide applications were made, while in treatment CB-CQ eight releases of *E. formosa* and two applications with a product less harmful to the parasitoid were made. Parasitism by *E. formosa* in treatment CQ-CB reached 75% toward the end of the study. The results indicate that the use of this parasitoid can contribute to control of the pest, decreasing the number of insecticide applications.

Key words: *Encarsia formosa*. Whiteflies. Tomato. Integrated management.

Introducción

La “mosca blanca de los invernáculos o invernaderos”, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae), es considerada una de las principales plagas asociadas a cultivos hortícolas en ambientes protegidos, siendo el tomate *Solanum lycopersicum* L. uno de los cultivos más afectados (Mound y Halsey 1978; Evans 2007).

En Argentina el control de la mosca blanca de los invernáculos se basa exclusivamente en el uso de insecticidas. En un intento por lograr una producción de tomate diferenciado, Polack y Mitidieri (2002) y Polack *et al.* (2002) desarrollaron un protocolo de manejo integrado de las plagas (*T. vaporariorum* entre ellas) y enfermedades del cultivo de tomate. Este protocolo contempla la integración del control químico con medidas de manejo culturales tales como la buena ventilación del invernáculo, la sanidad de los almácigos, el saneamiento y la aplicación restringida del control preventivo. Los tratamientos fitosanitarios se basan en un método objetivo de diagnóstico como es el monitoreo del estado sanitario de las

plantas. Si bien la aplicación de estas medidas favorece la instalación de enemigos naturales y en consecuencia los mecanismos naturales de control, este protocolo no incorpora la introducción deliberada de los enemigos naturales con el propósito de reducir la abundancia de las plagas presentes, es decir, no contempla el control biológico aplicado.

Los enemigos naturales parasitoides asociados a esta plaga pertenecen básicamente a los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae). En particular *Encarsia formosa* Gahan, 1924, es una especie mundialmente comercializada para el control de *T. vaporariorum* en cultivos hortícolas bajo invernáculo (Hoddle *et al.* 1998).

Diversos autores han evaluado la capacidad de control de la mosca blanca de los invernáculos en tomate a través de liberaciones inundativas de *E. formosa* hallando adecuados niveles de control (Bordas *et al.* 1981; Casadevall *et al.* 1979; Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.* 1982a, 1982b; Foster y Kelly 1978; Hulsapas-Jordaan *et al.* 1987; Nicoli y Benuzzi 1989; Veire y Vacante 1984). Asimismo el desempeño de este parasitoide ha sido evaluado sobre la mosca blanca *Bemisia*

¹ Ph. D., Insectario de Investigaciones para Lucha Biológica, IMYZA, CICVyA, INTA, CC25 (1712), Castelar, Buenos Aires, Argentina. ² snlopez@cni.inta.gov.ar Autora para correspondencia. ^{3,4} Ph. D.

tabaci (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos ornamentales aunque con resultados menos alentadores (Hoddle *et al.* 1998; Parrella *et al.* 1991). Cabe mencionar que todas estas experiencias fueron conducidas en países con condiciones climáticas diferentes a las de la Argentina, y en algunos casos con sistemas de producción bajo cubierta más sofisticados (invernáculos de paredes de vidrio climatizados) que los presentes en la Argentina.

Son escasas las referencias sobre experiencias concretas del uso de *E. formosa* para el control de *T. vaporariorum* en Latinoamérica, en donde al complejo de plagas presentes en el cultivo de tomate debe agregarse otra plaga clave, la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Botto *et al.* 2000; De Vis 2001; Fernández y Mezquiriz 2000). Debe considerarse también que las condiciones ambientales que se desarrollan en los cultivos bajo cubierta pueden promover la dispersión y el desarrollo explosivo de éstas y otras plagas y en consecuencia dificultar el establecimiento de una estrategia de control basada exclusivamente en el uso de los enemigos naturales. En este contexto la posibilidad de utilizar parasitoides como *E. formosa* en un ambiente libre de insecticidas en los sistemas de producción hortícola locales es muy baja. De ahí la importancia de integrar el uso de este parasitoide con medidas de control cultural como inspección de almácigos, monitoreo del cultivo, y uso de trampas entre otros, con la utilización de agentes de control biológico y pesticidas (Hoddle *et al.* 1998).

El objetivo de este trabajo fue realizar estudios de integración del control biológico y químico de *T. vaporariorum* y comparar esta estrategia de manejo con una basada en el uso exclusivo y racional de insecticidas en cultivo de tomate en invernadero.

Materiales y métodos

Los estudios se realizaron entre los meses de agosto y diciembre de 2005 en seis invernaderos de paredes de plástico (90 m²), con orientación sudoeste-noreste, del IMYZA, INTA Castelar (latitud 34°39'S 58°39'W 29 msnm). En cada uno de ellos se transplantaron cuatro hileras de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. "platense"), con 3-4 hojas entre el 26 y 30 agosto. Dado que no se halló infestación natural de mosca blanca, y con el objeto de asegurar su presencia, a mediados de septiembre se decidió liberar adultos (10 adultos/planta) procedentes de las crías mantenidas en el Insectario de Lucha Biológica (IILB) del IMYZA, INTA, Castelar.

Se probaron dos estrategias de manejo de la plaga (tratamientos) asignadas al azar a cada uno de los invernáculos, con tres invernáculos para cada tratamiento:

- Uso racional de insecticidas con base en el monitoreo del estado sanitario del cultivo (tratamiento CQ), según el protocolo de manejo integrado de plagas del tomate desarrollado por Polack y Mitidieri (2002).
- Combinación del uso racional de insecticidas utilizando productos menos nocivos para la fauna benéfica, y liberaciones inundativas del parasitoide *Encarsia formosa* (tratamiento CB-CQ).

La estrategia CB-CQ se basó en liberaciones inundativas semanales de *E. formosa* obtenidas de las crías desarrolladas en el IILB, con una dosis de tres pupas de *E. formosa*/planta. Cada unidad de liberación consistió en una tarjeta de cartulina que tenía pegado un trozo de hoja de poroto o frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con 50 ninfas parasitadas por

E. formosa. Las tarjetas fueron distribuidas uniformemente en el invernáculo, colgadas en la base de una hoja del tercio inferior de la planta. Cada unidad de liberación aseguró un porcentaje promedio de emergencia del parasitoide superior al 90%. Las aplicaciones de insecticidas en los tratamientos CQ y CB-CQ se iniciaron cuando se registró un número promedio de ninfas por folíolo ≥ 8 (umbral de acción) (Polack y Mitidieri 2002).

Para el inicio de las liberaciones de *E. formosa* en el tratamiento CB-CQ el umbral de acción fue registrar al menos una ninfa de mosca blanca en todo el invernáculo. Se revisaron semanalmente 12 plantas en cada invernáculo a razón de tres plantas seleccionadas al azar por hilera. En cada planta se registró el número de adultos de mosca blanca presentes en el envés de las dos hojas superiores y el número de ninfas cuarto avanzadas normales y parasitadas en un folíolo de una hoja del tercio medio. Para esto último el folíolo fue extraído y revisado en laboratorio mediante microscopio estereoscópico (100X-300X).

Posibles diferencias entre ambos tratamientos en el número de ninfas fueron evaluadas para las fechas en las que se produjeron picos poblacionales (18 octubre y 29 noviembre) y para la última fecha del ensayo (27 diciembre) mediante un ANOVA de un factor, siendo éste el tratamiento aplicado (CQ y CB-CQ). Los análisis estadísticos se hicieron usando el programa Statistica for Windows (StatSoft Inc., 2000).

Las condiciones de temperatura y humedad durante el estudio fueron registradas mediante un termohigrómetro HOB0 H8 RH/Temp Loggers (Onset Computer Company, Bourne, MA, USA). La presencia del "ácaro del bronceado" (Acari: Eriophyidae) y hongos (*Erysiphe* spp.) en el tratamiento CQ determinó la necesidad de aplicar de manera localizada hacia fines de octubre abamectin y azufre respectivamente en las plantas atacadas. Asimismo, la presencia de la polilla del tomate *Tuta absoluta* desde mediados de noviembre fue combatida mediante el uso de Clorfenapir en los invernáculos CQ y con Triflurmeturon en el tratamiento CB-CQ por ser un insecticida menos nocivo para la fauna benéfica (Riquelme *et al.* 2006) (Tabla 1).

Para todas las plagas los insecticidas a utilizar se seleccionaron del listado de productos permitidos para el cultivo del tomate según resolución del SENASA N° 256/2003 (Barón 2006) y del listado de productos y dosis recomendados por la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro (Polack *et al.* 2002).

Resultados y discusión

La temperatura durante el estudio varió entre $11,63 \pm 0,48^\circ\text{C}$ y $35,07 \pm 0,54^\circ\text{C}$ y la humedad relativa entre $41,21 \pm 3,18\%$ y $91,16 \pm 1,65\%$.

En ambos tratamientos se observaron tres picos en la población de adultos de mosca blanca, el primero de ellos (20 septiembre) producto de la introducción realizada *ex profeso* ante la falta de infestación natural. La población de moscas blancas aumentó hacia el 1ro noviembre con un promedio de 1,29 (CQ) y 1,87 (CB-CQ) adultos/2 hojas apicales. El siguiente pico ocurrió a las seis semanas (13 diciembre) con un promedio de 12,84 (CQ) y 9,70 (CB-CQ) adultos/2 hojas apicales (Fig. 1).

Las primeras ninfas de mosca blanca se observaron el 11 octubre en todos los invernaderos, lo que determinó el inicio de las liberaciones de *E. formosa* en el tratamiento CB-CQ

Tabla 1. Insecticidas utilizados en el tratamiento de control químico (CQ) y en el tratamiento de control biológico integrado con control químico (CB-CQ). Dosis: tiametoxan, 10g/hl; imidacloprid, 50cc/hl; buprofezin, 50g/hl; clorfenapir, 50cc/hl; abamectin, 100cc/hl; azufre, 1500g/hl.

Fecha	Mosca blanca		Polilla del tomate		Otras plagas
	CQ	CB-CQ	CQ	CB-CQ	CQ
13/10/05	Tiametoxan ^a				
21/10/05					Abamectin ^b
27/10/05					Azufre ^c
18/11/05			Clorfenapir ^d		
20/11/05				Triflumuron ^d	
23/11/05	Tiametoxan ^a			Triflumuron ^d	
30/11/05	Imidacloprid ^d		Clorfenapir ^d		
7/12/05	Tiametoxan ^d	Buprofezin ^d			
16/12/05	Imidacloprid ^d	Buprofezin ^d	Clorfenapir ^d	Triflumuron ^d	

^a aplicado en el cuello de la planta, ^b aplicado en focos de infestación de "ácaro del bronceado" (Acari: Eriophyidae), ^c aplicado en focos de infestación de hongos (*Erysiphe* spp.), ^d cobertura total.

(Fig. 1). Se observaron dos picos en la población de ninfas ocurridos a las 4 semanas de los dos primeros picos de adultos respectivamente. En el primero, hacia el 18 octubre, se registró un promedio de 10,33 (CQ) y 15,25 (CB-CQ) ninfas/foliolo, habiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{1,4} = 9,33$; $P = 0,04$). Dado que la cantidad de ninfas superó el nivel de tolerancia admitido, se decidió realizar una aplicación de insecticida en el tratamiento CQ (Tabla 1). En el tratamiento CB-CQ también se sobrepasó dicho umbral pero se decidió no realizar aplicaciones de agroquímicos para evitar que éstos afectaran nocivamente a *E. formosa* liberada en la semana previa (Tabla 2). La misma medida se tomó las dos semanas siguientes. Hacia el 15 noviembre la cantidad de ninfas cayó por debajo del nivel umbral de ocho ninfas/foliolo en ambos tratamientos (Fig. 1).

El segundo pico en la población de ninfas se produjo el 29 noviembre con 47,87 (CQ) y 40,79 (CB-CQ) ninfas/foliolo, valores que no resultaron significativamente diferentes ($F_{1,4} = 0,60$; $P = 0,48$). En el tratamiento CQ este aumento en la cantidad de ninfas llevó a la aplicación de insecticidas durante cuatro semanas, obteniéndose una drástica reducción de la población de adultos y ninfas de mosca blanca hacia el final de la experiencia. En el tratamiento CB-CQ se realizó una última liberación de *E. formosa* y en las dos semanas siguientes se aplicó un insecticida más inocuo para el parasitoide (buprofezin) (Tablas 1 y 2).

La acción combinada del control biológico y el químico en el tratamiento CB-CQ, produjo una disminución signi-

ficativamente mayor en la cantidad de ninfas (0,35 ninfas/foliolo) que la registrada en el tratamiento CQ (4,85 ninfas/foliolo) ($F_{1,4} = 380,26$; $P = 0,00004$) para la última fecha de muestreo (27 diciembre) (Fig. 1). Se realizaron en total ocho liberaciones de *E. formosa* en el tratamiento CB-CQ. El nivel de parasitismo se mantuvo entre 35 y 55% de ninfas parasitadas a lo largo del estudio y aumentó a 75% hacia fines de diciembre (Fig. 2). No obstante el buen nivel de parasitismo alcanzado hacia el final de la experiencia, la liberación semanal de tres *E. formosa* / planta no pudo por sí sola mantener la población de mosca blanca por debajo del nivel de acción admitido, particularmente durante el segundo pico de crecimiento de la población de ninfas, ocurrido hacia fines del mes de noviembre cuando la temperatura media diaria fue superior a 20°C. Esto hizo necesario integrar el uso del enemigo natural con el de los insecticidas. En este sentido, el uso combinado del parasitoide con buprofezin resultó satisfactorio ya que colaboró para disminuir la población de ninfas de mosca blanca sin afectar el parasitismo, que fue en aumento durante las semanas de aplicación del insecticida (Figs. 1 y 2).

Los resultados respecto del desarrollo de las poblaciones de mosca blanca y *E. formosa* son difícilmente comparables con los registrados por otros autores dada la disparidad de criterios para realizar las mediciones (ej. selección de la unidad de muestreo), los distintos esquemas de liberación del parasitoide y las diferentes condiciones ambientales, particularmente la temperatura. Sólo Fernández y Mezquiriz (2000) utilizaron metodologías semejantes al evaluar el estado sani-

Tabla 2. Efectos secundarios de los insecticidas utilizados en el estudio sobre la pupa y el adulto de *Encarsia formosa*. Los valores indican la toxicidad, con 1 = inocuo o mortalidad < 25%; 2 = levemente perjudicial o mortalidad entre 25-50%; 3 = moderadamente perjudicial o mortalidad entre 50-75% y 4 = muy perjudicial o mortalidad > 75%. La persistencia se indica en número de semanas. ? = no hay datos disponibles.

Principio activo	Pupa	Adulto	Persistencia
Abamectin ^a	1	4	3
Buprofezin ^a	2	1	0.5
Clorfenapir ^b	1	4	<1
Imidacloprid ^a	4	4	>2
Tiametoxam ^b	1	4	>4
Triflumuron ^c	?	?	?

^a fuente <http://www.koppert.nl>; Efectos secundarios database, ^b López y Riquelme, datos no publicados, ^c no existen datos publicados sobre Triflumuron.

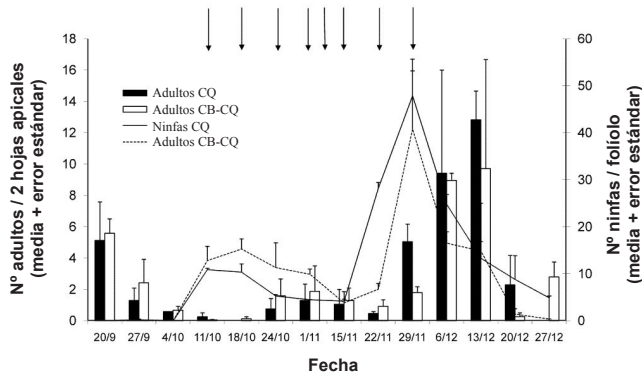


Figura 1. Desarrollo de la población de adultos y ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* (media + error estándar) en el tratamiento de control químico (CQ) y en el tratamiento de control biológico integrado con control químico (CB-CQ). Las flechas verticales señalan los momentos de liberación de *Encarsia formosa*.

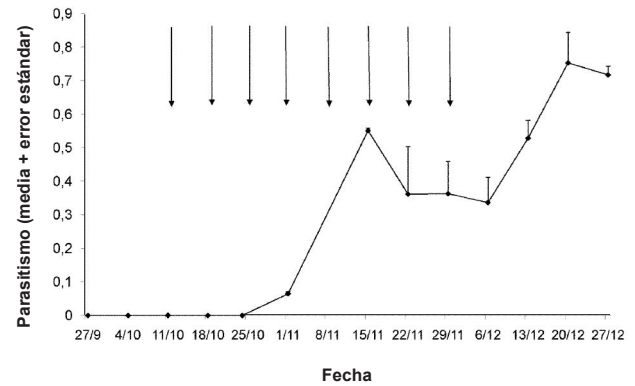


Figura 2. Proporción de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* parasitadas por *Encarsia formosa* (media + error estándar) en el tratamiento de control biológico integrado con control químico (CB-CQ). Las flechas verticales señalan los momentos de liberación de *Encarsia formosa*.

tario del cultivo de tomate comparando un manejo convencional y un manejo integrado de plagas, incluyendo liberaciones de *E. formosa*, en invernáculos experimentales en el Gran La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. En ambos tratamientos estos autores registraron niveles máximos de la población de adultos de la mosca blanca superiores a los hallados en el presente trabajo tanto para el tratamiento CQ como el CB-CQ. No ocurrió lo mismo con la población de ninfas que alcanzó niveles máximos semejantes en los dos tratamientos en ambos trabajos.

El porcentaje de parasitismo hallado en este estudio fue similar al de Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.* (1982a, 1982b) (promedio de 50% con máximos de 87%), algo menor que el de De Vis (2001) (entre 80 y 100%) y superior al de Fernández y Mezquiriz (2000) (máximo de 20% con tres introducciones de *E. formosa*) y Parrella *et al.* (1991) (máximo de 52%). No obstante, dada las diferencias entre los métodos empleados en cada caso, estas comparaciones sólo tienen un valor ilustrativo.

Uno de los factores de mayor incidencia en el control biológico de *T. vaporariorum* es la relación entre la cantidad de parasitoides introducidos y la cantidad de moscas blancas presentes en el cultivo al inicio de la infestación (De Vis 2001). Experiencias exitosas de control biológico con este sistema biológico partieron de bajas densidades de mosca blanca, tales como 0,0067 adultos/planta (Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.* 1982a, 1982b), 0,023-0,034 adultos/planta (De Vis 2001), 0,42 adultos/planta (Hulspas-Jordaan *et al.* 1987) y 0,001-0,10 adultos/planta (Woets 1978). En este sentido, puede inferirse que la infestación artificial de 10 adultos de moscas blancas / planta realizada en este estudio fue muy elevada, lo que provocó que muchos estados inmaduros hayan escapado a la acción del parasitoide, resultando en un bajo parasitismo inicial y un elevado crecimiento de la población de mosca blanca. Este punto deberá contemplarse con especial atención en futuras experiencias, partiendo de niveles naturales o artificiales más bajos de infestación de mosca blanca o bien aumentando la tasa de introducción de *E. formosa* de modo de alcanzar una relación enemigo natural: hospedero más favorable para la acción del parasitoide. No obstante este aspecto, el empleo eficiente en el tratamiento CB-CQ de un insecticida de bajo impacto sobre *E. formosa*

posibilitó corregir esta situación al reducir la población final de ninfas de modo significativo en comparación con la registrada en el tratamiento CQ. También, la integración de ambas tácticas en el tratamiento CB-CQ posibilitó reducir de cinco a dos la cantidad de aplicaciones necesarias para el control de la mosca blanca utilizando un producto más compatible con el ambiente.

Se concluye que el control de *T. vaporariorum* en tomate mediante estrategias de MIP que combinan el empleo de *E. formosa* y el uso racional de plaguicidas es una alternativa válida. Dado que este estudio se realizó en invernaderos experimentales y en un momento en el que la mayoría de las plagas no habían alcanzado su máxima abundancia y peligrosidad que es durante la etapa temprana de producción, nuevos estudios de integración de ambas estrategias de control deberán contemplar experiencias en invernáculo que cubran la totalidad del ciclo del cultivo. En este estudio no se realizó un análisis de los costos-beneficios asociados a cada estrategia de control por tratarse de un ensayo en pequeños cultivos experimentales y utilizando insectos provenientes de crías de laboratorio desarrolladas artesanalmente. Futuros estudios deberán incluir un análisis económico que evalúe los costos asociados al uso de los parasitoides, tanto en materiales como en labores, para evaluar la factibilidad económica del control biológico de esta plaga.

Agradecimientos

Agradecemos a Andrea Andorno, Carmen Hernández, Mariana Viscarret y dos revisores anónimos por las sugerencias y correcciones efectuados sobre el manuscrito. Este trabajo fue financiado con recursos provistos por el Proyecto PN 500 (INTA).

Literatura citada

- BARÓN, C. 2006. Aspectos reglamentarios de los plaguicidas permitidos en tomate según resolución. SENASA N° 256/2003. Boletín electrónico de tomate N° 5. <http://www.mercadocentral.com.ar/site2006/publicaciones/pdf/boletin05.pdf>
- BORDAS, E.; GABARRA, R.; ALOMAR, O.; CASADEVALL, M.; ALBAJES, R. 1981. La mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* en el maresme. III. Ensayo de con-

- trol mediante *Encarsia formosa* en cuatro variedades de tomate en un invernadero de polietileno. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias/Serie: Agrícola 16: 134-145.
- BOTTO, E.N.; CERIANI, S.A.; LÓPEZ, S.N.; SAINI, E.D.; CEDOLA, C.V.; SEGADÉ, G.; VISCARRET, M.M. 2000. Control biológico de plagas hortícolas en ambientes protegidos. La experiencia argentina hasta el presente. Revista de Investigaciones Agropecuarias 29 (1): 93-98.
- CASADEVALL, M.; BORDAS, E.; ALBAJES, R. 1979. La mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* en el maresme. I. Resultados preliminares de lucha integrada en un cultivo de tomate. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias/Serie: Agrícola 11: 45-56.
- DE VIS, R.M.J. 2001. Biological control of whitefly on greenhouse tomato in Colombia: *Encarsia formosa* or *Amitus fuscipennis*?. Doctoral Thesis. Wageningen University. ISBN nr. 90-5808-521-X.
- EGGENKAMP-ROTTEVEEL MANSVELD, M. H.; LENTEREN, J. C. VAN; ELLENBROEK, J. M.; WOETS, J. 1982a. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XII. Population dynamics of parasite and host in a large, commercial glasshouse and test of the parasite-introduction method used in the Netherlands (first part). Journal of Applied Entomology 93: 113-130.
- EGGENKAMP-ROTTEVEEL MANSVELD, M. H.; LENTEREN, J. C. VAN; ELLENBROEK, J. M.; WOETS, J. 1982b. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XII. Population dynamics of parasite and host in a large, commercial glasshouse and test of the parasite-introduction method used in the Netherlands (second part). Journal of Applied Entomology 93: 258-279.
- EVANS, G. A. 2007. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies. Disponible en: <http://www.sel.barc.usda.gov:591/1WF/World-Whitefly-Catalog.pdf>, Fecha de revisión: 10 abril 2007.
- FERNÁNDEZ, R.; MEZQUIRIZ, N. 2000. Evaluación de un sistema de manejo integrado de plagas (MIP), en un cultivo de tomate en invernáculo, con aplicación al suelo de alternativas físicas al bromuro de metilo - Ensayo demostrativo y avances experimentales -. En: Seminario de Cierre. Proyecto MP/ARG/97/186. Alternativas al uso del bromuro de metilo en frutilla, tomate y flores de corte. (Argentina). Pp. 119-128.
- FOSTER, G.N.; KELLY, A. 1978. Initial density of glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), Hemiptera) in relation to the success of suppression by *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera) on glasshouse tomatoes. Horticultural Research 18: 55-62.
- HODDLE, M. S.; van DRIESCHE, R. G.; SANDERSON, J. P. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. Annual Review of Entomology 43: 645-69.
- HULSPAS-JORDAAN, P.M.; CHRISTOCHOWITZ, E.E.; WOETS, J.; LENTEREN, J. C. VAN. 1987. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XXIV. Effectiveness of *Encarsia formosa* in the greenhouse at low temperature. Journal of Applied Entomology 103: 368-378.
- MOUND, L.A.; HALSY, S.H. 1978. Whitefly of the world. A systematic catalog of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum (Natural History) and John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto. 340 pp.
- NICOLI, G.; BENUZZI, M. 1989. Lotta biologica con *Encarsia formosa* Gahan (Hym. Aphelinidae) contro *Trialeurodes vaporariorum* (Wetw.) (Rhyn. Aleyrodidae) su pomodoro in coltura protetta. Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi", Università di Bologna 43: 139-156.
- PARRELLA, M.P.; PAINE, T.D.; BETHKE, J.A.; ROBB, K.L.; HALL, J. 1991. Evaluation of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) for biological control of sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia. Environmental Entomology 20(2): 713-719.
- POLACK, L.A.; MITIDIERI, M. 2002. Producción de tomate diferenciado. Protocolo preliminar de manejo integrado de plagas y enfermedades. Información para Extensión - Protección Vegetal n°20. Ediciones INTA. http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/ap_011.htm#objec
- POLACK, L.A.; SAINI, E.; GARCIA SAMPEDRO, C. 2002. Guía de Monitoreo y Reconocimiento de Plagas y Enemigos Naturales de Tomate y Pimiento. Boletín de Divulgación N° 13. EEA INTA San Pedro. Pp. 50.
- RIQUELME, M.B.; BOTTO, E.N.; LAFALCE, C. 2006. Evaluación de algunos insecticidas para el control de la "polilla del tomate", *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 65 (3-4): 57-65.
- STATSOFT INC., 2000. Statistica for Windows (Computer program manual), Tulsa, OK, USA
- VEIRE, M. VAN DE; VACANTE, V. 1984. Greenhouse whitefly control through the combined use of colour attraction system with the parasite wasp *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae). Entomophaga 29 (3): 303-310.
- WOETS, J. 1978. Development of an introduction scheme for *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) in greenhouse tomatoes to control greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 43(2): 379-386.

Recibido: 31-mar-2010 • Aceptado: 11-nov-2010

Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

La Selectividad de los reguladores de crecimiento y neonicotinoides para los adultos de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

GERALDO ANDRADE CARVALHO^{1*}, MAURÍCIO SEKIGUCHI GODOY^{1,2}, DOUGLAS SILVA PARREIRA^{1,3}, OLINTO LASMAR^{1,4}, JANDER RODRIGUES SOUZA^{1,5} and VALERIA FONSECA MOSCARDINI^{1,6}

Abstract: The objective of this study was to evaluate the residual and sublethal effects of the insecticides acetamiprid (0.05 g a.i./L), lufenuron (0.04 g a.i./L), imidacloprid (0.14 g a.i./L), novaluron (0.02 g a.i./L), triflumuron (0.14 g a.i./L), and pyriproxifen (0.1 g a.i./L) on adults from the maternal generation of *Trichogramma pretiosum*, as well as their subsequent effects on the F₁ and F₂ generations. Eggs of *Anagasta kuehniella* were glued to paper cards, UV-killed, and dip-treated in insecticide solutions. Next, the eggs were exposed for parasitism 1, 24, and 48 h after treatment, maintained that way for 24 h under controlled conditions (24 ± 2°C, 70 ± 10% relative humidity, 12-h photophase), until the emergence of the parasitoids. The insecticide toxicity was calculated based on the longevity and parasitism capacity of the maternal generation, as well as on the emergence rate, sex ratio, longevity, and parasitism capacity of the F₁ and F₂ generations. The insecticides were toxicologically classified according to IOBC. Pyriproxifen was slightly harmful (class 2) for the parasitism capacity of *T. pretiosum* maternal and F₁ generation females. Novaluron was slightly harmful for the emergence rate of the F₁ generation. Acetamiprid, imidacloprid, lufenuron, and triflumuron were harmless (class 1) to *T. pretiosum*.

Key words: Solanaceae. Egg parasitoids. Pesticides. Side-effects.

Resumen: Se evaluaron los efectos residuales y subletales de insecticidas acetamiprid (0,05 g i.a./L), lufenurón (0,04 g i.a./L), imidacloprid (0,14 g i.a./L), novaluron (0,02 g i.a./L), triflumurón (0,14 g i.a./L) y piriproxifen (0,1 g i.a./L) en la generación parental de adultos de *Trichogramma pretiosum*, tanto como sus efectos posteriores sobre las generaciones F₁ y F₂. Huevos de *Anagasta kuehniella* adheridos con goma árabe a cuadros de cartón fueron sacrificados con luz UV y tratados por inmersión en las soluciones de insecticida. Luego, se expusieron al parasitismo 1, 24 y 48 horas después del tratamiento durante 24 horas bajo condiciones controladas (24 ± 2°C, humedad relativa 70 ± 10%, 12-h fotofase) hasta la emergencia de los parasitoides. Se calculó la toxicidad de los insecticidas basados en la longevidad y la capacidad de parasitismo de las hembras de la generación materna, así como en la tasa de emergencia, la proporción de sexos, la longevidad y la capacidad de parasitismo de las generaciones F₁ y F₂. Los compuestos se clasificaron según la IOBC. Piriproxifen fue levemente perjudicial (clase 2) para la capacidad de parasitismo de las hembras maternas y la generación F₁ de *T. pretiosum*. Novaluron fue levemente perjudicial para la emergencia de la generación F₁. Acetamiprid, imidacloprid, lufenurón y triflumurón fueron inocuos (clase 1).

Palabras clave: Solanaceae. Parasitoides de huevos. Pesticidas. Efectos colaterales.

Introduction

Parasitoid insects are well known for their efficient control of pests in several cultures. Among these pest control agents, those from the *Trichogramma* genus have attracted attention worldwide (Scholz *et al.* 1998) for parasitizing eggs and killing hosts before pest emergence and plant attack (Lundgren *et al.* 2002).

In Brazil, 28 species of *Trichogramma* have been reported in almost all regions (Querino and Zucchi 2003) and associated with hosts such as *Tuta absoluta* (Meyrich, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyralidae), and *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), which are tomato crops pests (Zucchi and Monteiro 1997). Due to the importance of the *Trichogramma* species as a natural enemy of several tomato culture pests, studies on its use as a biological pest control agent together with other methods, particularly insecticides, as they are still used in large quantities in pest

control in tomato crops, are fundamental. The information obtained will be instrumental in decision-making in integrated pest management programs aiming at the use of these natural enemies in agroecosystems, the reduction of pesticide use, and the minimization of the related human health hazards (Ruberson and Tillman 1999; Carvalho *et al.* 2001; Medina *et al.* 2003; Moura *et al.* 2005).

Thus, the present work aimed to evaluate the residual and sublethal effects of the new insecticides recommended for tomato crops on adult specimens of the maternal generation of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 and F₁ and F₂ generation parasitoid specimens.

Material and Methods

Bioassays were carried out with *T. pretiosum* adult insects collected from *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in a maize crops in Piraçicaba city, São Paulo, Brazil. The parasitoid was reared on eggs

¹ Selectivity of pesticides for natural enemies. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, Minas Gerais, Brazil, C.P. 3037, CEP: 37200-000. * Prof. Dr. in Entomology, gacarval@den.ufla.br. Corresponding Author. ² Pós Dr. in Entomology. ³ M. Sc. in Entomology. ^{4,5,6} M. Sc. students in Agronomy / Entomology.

of factitious host *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) in laboratory at $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ relative humidity, and 12-h photophase.

The assayed insecticides in dosages higher recommended by the manufacturer for the tomato crop were acetamiprid (0.05 g a.i./L), lufenuron (0.04 g a.i./L), imidacloprid (0.14 g a.i./L), novaluron (0.02 g a.i./L), triflumuron (0.14 g a.i./L), and pyriproxifen (0.1 g a.i./L). Distilled water was used as a control treatment. Newly-emerged females (20) were submitted to individual treatment in 8-cm x 2.5-cm glass tubes and fed with honey droplets laid on the inside wall of the tubes. The tubes were closed with polyvinyl chloride (PVC) film.

About 125 eggs of *A. kuehniella* aged no more than 24 h were glued to 5cm x 0.5cm paper strips with 50% Arabic gum diluted in distilled water. The eggs were sterilized with a germicidal lamp (Parra 1997) and dip-treated in insecticide solutions or distilled water (control) for 5 s. The strips with the treated eggs were presented to *T. pretiosum* females one, 24, and 48 hours after treatment for 24 h. Next, the females were kept in the tubes and the paper strips with supposedly parasitized eggs were transferred to new recipients and kept in acclimatized chamber in the conditions previously described until the emergence of the F_1 generation.

The F_1 generation females newly-emerged from treated *A. kuehniella* eggs were placed in individual glass tubes with untreated host eggs glued to new paper strips. The same procedures described before for the maternal generation females were adopted in this step (number of females, paper strip size, number of host eggs). The longevity and parasitism capacity of the maternal generation females, the emergence ratio, the sex ratio, and the longevity and parasitism capacity of F_1 and F_2 generation specimens, were evaluated. Each treatment involved five repetitions. The control treatment involved four paper strips with parasitized host eggs. A completely randomized three x seven (three periods of parasitoid development vs. seven substances, totaling 21 treatments) factorial experimental design was used. The data obtained were submitted to variance analysis and the means were compared by the Scott-Knott grouping test at 5% significance (Scott and Knott 1974).

The evaluated insecticides were toxicologically classified in relation to their reduction of the parasitism capacity of maternal, F_1 , and F_2 generation females, as well as the emergence of F_1 and F_2 generation specimens in relation to the control treatment as follows: 1 = harmless (< 30% reduction), 2 =

slightly harmful (30-79% reduction), 3 = moderately harmful (80-99% reduction), and 4 = harmful (> 99% reduction), as recommended by the "International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants" (IOBC) (Sterk *et al.* 1999). The mean percent reduction of survival of the parasitoid was calculated with the following equation: % reduction = $100 - [(\% \text{ general mean of the treatment with the insecticide} / \% \text{ general mean of the control treatment}) \times 100]$.

Results and Discussion

Longevity of Maternal Generation. Insecticides acetamiprid, imidacloprid, lufenuron, triflumuron, and novaluron reduced the longevity of maternal generation females exposed to their residues 1 h after the treatment of the host eggs. Pyriproxifen was the only insecticide that did not affect this biological characteristic. No significant differences were observed in longevity of females exposed to treated host eggs 24 h after the insecticide treatment (Table 1). In turn, acetamiprid and pyriproxifen reduced the longevity of females exposed to treated host eggs 48 h after treatment by 6.1 and 6.0 days on average, respectively. Similar results were obtained for the toxicity of imidacloprid by Moura *et al.* (2004), who reported a reduction in longevity for females of *T. pretiosum* exposed to *A. kuehniella* eggs treated with 1.16 a.i./L of this insecticide 1 h after treatment.

No differences were observed in the mean longevity of *T. pretiosum* females exposed to host eggs treated with acetamiprid, lufenuron, and triflumuron between the exposure periods. Imidacloprid was the only insecticide that did not affect the longevity of females exposed to treated eggs after 48 h, while pyriproxifen reduced the longevity of females 24 and 48 h after exposure in relation to females exposed to host eggs 1 h after treatment. The longevity of females exposed to imidacloprid and novaluron increased with time. When the eggs were presented 1 h after treatment, the female longevity was 5.9 and 5.5 days, respectively. However, the exposure to host eggs 48 h after the treatment resulted in mean parasitoid longevity values of 7.8 and 8.6 days, respectively (Table 1).

Eggs Parasitized by Maternal Generation. The parasitism capacity of *T. pretiosum* females exposed to host eggs one, 24, and 48 h after treatment with pyriproxifen was reduced, presenting means of 21.8, 18.9, and 18.1 parasitized eggs per female, respectively, without significant differences

Table 1. Longevity (days) ($\pm$ EP) of *Trichogramma pretiosum* females (maternal generation) exposed to *Anagasta kuehniella* treated eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h
Control	$7.4 \pm 0.64\text{aA}^1$	$7.3 \pm 0.30\text{aA}^1$	$7.9 \pm 0.84\text{aA}^1$
Acetamiprid	$5.7 \pm 1.06\text{aB}$	$7.1 \pm 0.24\text{aA}$	$6.1 \pm 0.23\text{aB}$
Imidacloprid	$5.9 \pm 0.81\text{bB}$	$6.3 \pm 0.50\text{bA}$	$7.8 \pm 0.35\text{aA}$
Lufenuron	$6.3 \pm 0.65\text{aB}$	$7.0 \pm 0.23\text{aA}$	$7.8 \pm 0.41\text{aA}$
Triflumuron	$6.3 \pm 0.62\text{aB}$	$6.3 \pm 0.52\text{aA}$	$7.3 \pm 0.63\text{aA}$
Novaluron	$5.5 \pm 0.53\text{bB}$	$7.5 \pm 0.27\text{aA}$	$8.6 \pm 0.49\text{aA}$
Pyriproxifen	$8.2 \pm 0.69\text{aA}$	$5.9 \pm 0.44\text{bA}$	$6.0 \pm 0.55\text{bB}$
CV (%) = 18.4%			

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

Table 2. Number ($\pm$ EP) of eggs parasitized by the maternal generation of *Trichogramma pretiosum* exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h	Reduction (%) ²	Class ³
Control	29.8 $\pm$ 2.07aA ¹	30.1 $\pm$ 3.63aB ¹	27.7 $\pm$ 2.17aA ¹	–	
Acetamiprid	24.4 $\pm$ 3.28aA	28.6 $\pm$ 2.70aB	29.1 $\pm$ 1.25aA	6.2	1
Imidacloprid	21.2 $\pm$ 2.98bB	27.8 $\pm$ 2.05aB	18.1 $\pm$ 2.06bB	23.3	1
Lufenuron	28.0 $\pm$ 1.00aA	33.6 $\pm$ 1.91aA	27.6 $\pm$ 1.02aA	0.0	1
Triflumuron	19.6 $\pm$ 2.67cB	37.6 $\pm$ 1.32aA	27.2 $\pm$ 1.15bA	3.8	1
Novaluron	25.5 $\pm$ 2.16aA	26.9 $\pm$ 4.63aB	31.6 $\pm$ 1.73aA	4.1	1
Pyriproxifen	21.8 $\pm$ 2.00aB	18.9 $\pm$ 1.97aC	18.1 $\pm$ 1.29aB	32.9	2
CV (%) = 19.8					

¹ Means followed by the same letter, rows with lower case letters and columns with upper case letters, do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Percent parasitism reduction.

³Toxicity class recommended by Sterk *et al.* (1999): class 1 = harmless ($< 30\%$ reduction of parasitism) and class 2 = slightly harmful (30–79% reduction of parasitism).

between the exposure periods. The exposure to eggs treated with imidacloprid and triflumuron also reduced the parasitism capacity of insects exposed to the eggs 1 h after the treatment (Table 2). Similar results obtained in studies by Rocha and Carvalho (2004) also evidenced a reduction in the parasitism capacity of *T. pretiosum* females that had been exposed to triflumuron residues present on treated surfaces. Castelo Branco *et al.* (2003) also reported that triflumuron reduced the percentage of *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) eggs parasitized by *T. pretiosum*, which led the authors to recommend not employing it in areas where the use of the insecticide-parasitoid association was planned.

When *T. pretiosum* was exposed to host eggs 48 h after treatment with imidacloprid, its parasitism capacity was reduced to 18.1 eggs/female on average, in relation to the other post-treatment periods. In contrast, acetamiprid, lufenuron, and novaluron did not reduce this biological characteristic, regardless of the post-treatment time of exposure of the females to the treated eggs (Table 2). These results confirm those reported by Moura *et al.* (2004), possibly because the presence of acetamiprid residues on the host eggs did not repel the females and consequently did not affect the *T. pretiosum* reproduction capacity.

Moura *et al.* (2006) reported divergent results from the current ones for adult *T. pretiosum*. They observed that the parasitism capacity of females exposed to a glass surface containing acetamiprid residues was reduced by 98.3%. The toxic effect of acetamiprid on *T. pretiosum* females is thought

to be related to their larger exposure to residues on glass plates in relation to host egg cards. Due to the reduction of parasitism by pyriproxifen, it was placed in class 2, slightly harmful, while acetamiprid, imidacloprid, lufenuron, triflumuron, and novaluron were classified as harmless (class 1) (Table 2).

Emergence of F₁ Generation. The emergence of F₁ generation parasitoids was affected by novaluron when the females were exposed to host eggs one, 24, and 48 h after treatment (Table 3). Its toxicity increased with time, suggesting a larger concentration of these inside the host eggs, which increased the mortality of the parasitoid in the embryonic period, as also reported by Carvalho *et al.* (2001), Cònsoli *et al.* (2001), and Moura *et al.* (2005). Imidacloprid and triflumuron also affected the percent of emergence of F₁ generation parasitoids when the maternal generation females were exposed to the insecticides 1 h after egg treatment, resulting in mean emergence values of 79.1 and 72.8%, respectively (Table 3). Carvalho *et al.* (2003) obtained similar results for imidacloprid and triflumuron. They observed a reduction in the emergence of *T. pretiosum* F₁ generation specimens from factitious host eggs exposed for parasitism 1 h after treatment. They also confirmed the results of Moura *et al.* (2004), who observed that imidacloprid was harmful for the emergence of the *T. pretiosum* F₁ generation, regardless of the period of exposure of the maternal generation females to the treated host eggs.

Table 3. Emergence (%) ($\pm$ EP) of F₁ generation specimens from *Trichogramma pretiosum* females exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h	Reduction (%) ²	Class ³
Control	88.3 $\pm$ 1.91aA ¹	84.6 $\pm$ 4.70aA ¹	74.3 $\pm$ 8.68aB ¹	–	–
Acetamiprid	83.1 $\pm$ 11.03aA	83.0 $\pm$ 4.63aA	87.6 $\pm$ 1.10aA	0.0	1
Imidacloprid	79.1 $\pm$ 4.90aB	73.0 $\pm$ 6.38aA	59.9 $\pm$ 6.84aC	14.2	1
Lufenuron	90.0 $\pm$ 2.88aA	84.6 $\pm$ 2.35aA	94.5 $\pm$ 1.38aA	0.0	1
Triflumuron	72.8 $\pm$ 7.69bB	77.2 $\pm$ 4.45bA	90.2 $\pm$ 3.05aA	2.8	1
Novaluron	69.9 $\pm$ 5.06aB	51.2 $\pm$ 8.10bB	45.0 $\pm$ 2.25bC	32.8	2
Pyriproxifen	88.3 $\pm$ 4.67aA	79.4 $\pm$ 6.76aA	75.8 $\pm$ 2.63aB	1.5	1
CV (%) = 13.2					

¹ Means followed by the same letter, rows with lower case letters and columns with upper case letters, do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Mean percent reduction of emergence. ³Toxicity class recommended by Sterk *et al.* (1999), class 1 = harmless ($< 30\%$ reduction of emergence), class 2 = slightly harmful (30–79% reduction of emergence).

Table 4. Longevity (%) ($\pm$ EP) of *Trichogramma pretiosum* F₁ generation females exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h
Control	5.6 $\pm$ 0.27aA ¹	6.1 $\pm$ 0.48aB ¹	6.2 $\pm$ 3.27aA ¹
Acetamiprid	4.2 $\pm$ 0.26bA	5.4 $\pm$ 0.76aB	5.7 $\pm$ 2.03aA
Imidacloprid	5.8 $\pm$ 0.33aA	5.8 $\pm$ 0.35aB	6.6 $\pm$ 2.90aA
Lufenuron	5.7 $\pm$ 0.46aA	5.7 $\pm$ 0.52aB	6.5 $\pm$ 1.94aA
Triflumuron	4.7 $\pm$ 0.15bA	6.1 $\pm$ 0.25aB	5.9 $\pm$ 1.59aA
Novaluron	5.3 $\pm$ 0.41bA	7.9 $\pm$ 0.50aA	6.4 $\pm$ 3.53bA
Pyriproxifen	4.9 $\pm$ 0.23aA	4.5 $\pm$ 0.71aB	4.6 $\pm$ 2.12aB
CV (%) = 17.2			

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

No negative effects were observed on the emergence of F₁ generation specimens when maternal generation females were exposed to treated eggs 24 h after treatment with acetamiprid, imidacloprid, lufenuron, triflumuron, and pyriproxifen. Imidacloprid reduced the emergence of descendents of females exposed to *A. kuehniella* eggs 48 h after egg treatment (Table 3). Only acetamiprid and lufenuron did not affect the emergence of *T. pretiosum* F₁ generation specimens after exposure to treated host eggs at any of the periods.

When eggs of factitious host were treated with triflumuron and offered to the maternal generation females, one and 48 hours after contamination, the number of insects that emerged did not decrease, presenting averages of 72.8% and 90.2%, respectively. As novaluron reduced the emergence of F₁ generation parasitoids, it was classified as class 2 = slightly harmful (30-79% emergence reduction) and the other insecticides fell into class 1 = harmless (<30% emergence reduction) (Table 3).

Longevity of F₁ Generation. The longevity of F₁ generation females was not negatively affected by any of the insecticides when the maternal generation was exposed to treated host eggs one and 24 h after treatment (Table 4). However, Carvalho *et al.* (2003) observed negative effects on the longevity of *T. pretiosum* F₁ generation females exposed to host eggs dip-treated with lufenuron and triflumuron 1 h after treatment. The differences found for lufenuron are thought to result from the larger dose of this insecticide (0.4 g a.i./L) used in this study.

In contrast, pyriproxifen was the only product to reduce the longevity of exposed F₁ generation females 48 h after host egg treatment, with a mean of 4.6 days (Table 4). No significant difference was observed in mean longevity of F₁ generation females of *T. pretiosum* exposed to host eggs treated with imidacloprid, lufenuron, and pyriproxifen at the post-treatment exposure times investigated. Acetamiprid and triflumuron affected longevity only when the females were exposed to treated eggs 1 h after treatment. Novaluron reduced female longevity at 1-h and 48-h post-treatment exposure times in relation to a 24-h post-treatment exposure time (Table 4).

Eggs Parasitized by F₁ Generation Females. The parasitism capacity of F₁ generation *T. pretiosum* was not affected by any of the insecticides when the maternal generation females were exposed to treated eggs 1 h after treatment (Table 5). Exposure to acetamiprid and imidacloprid reduced the parasitism capacity of F₁ generation females 24 h after egg treatment, giving means of 24.1 and 18.9 parasitized eggs/female, respectively. Means of 14.3 and 8.8 parasitized eggs/female were obtained at 24 and 48 h after host egg treatment with pyriproxifen, demonstrating a reduction in parasitism capacity. It was also observed that this product caused a decrease in the number of eggs per female in relation to the evaluated times (Table 5).

Considering the effects of the compounds for the different post-host egg treatment times of exposure of *T. pretiosum* females, no significant difference was observed in the mean

Table 5. Number ($\pm$ EP) of parasitized eggs per *Trichogramma pretiosum* F₁ generation females exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h	Reduction (%) ²	Class ³
Control	39.0 $\pm$ 2.77aA ¹	33.6 $\pm$ 1.91aA ¹	25.6 $\pm$ 3.27bA ¹		
Acetamiprid	30.0 $\pm$ 2.32aA	24.1 $\pm$ 3.80aB	26.0 $\pm$ 2.03aA	18.3	1
Imidacloprid	29.7 $\pm$ 5.79aA	18.9 $\pm$ 3.44bB	28.0 $\pm$ 2.90aA	22.0	1
Lufenuron	33.3 $\pm$ 3.95aA	32.2 $\pm$ 2.70aA	25.6 $\pm$ 1.94aA	7.0	1
Triflumuron	31.0 $\pm$ 4.18aA	30.3 $\pm$ 3.33aA	25.3 $\pm$ 1.59aA	11.6	1
Novaluron	28.4 $\pm$ 3.37aA	34.4 $\pm$ 1.95aA	19.4 $\pm$ 3.53bA	16.2	1
Pyriproxifen	25.9 $\pm$ 3.05aA	14.3 $\pm$ 0.74bB	8.8 $\pm$ 2.12cB	50.2	2
CV (%) = 19.8					

¹ Means followed by the same letter, rows with lower case letters and columns with upper case letters, do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$), ²Mean percent reduction of emergence, ³Toxicity class recommended by Sterk *et al.* (1999), class 1 = harmless (< 30% reduction of emergence), class 2 = slightly harmful (30-79% reduction of emergence).

Table 6. Emergence (%) ($\pm$ EP) of *F*₂ generation *Trichogramma pretiosum* maternal generation females exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h	Reduction (%) ²	Class ³
Control	68.7 $\pm$ 7.50aB ¹	76.1 $\pm$ 5.95aB ¹	66.6 $\pm$ 3.08aB ¹	–	–
Acetamidrid	84.3 $\pm$ 5.44aA	72.4 $\pm$ 7.77aB	78.8 $\pm$ 7.54aA	0.0	1
Imidacloprid	60.6 $\pm$ 10.14bB	56.9 $\pm$ 4.74bB	92.6 $\pm$ 1.80aA	0.7	1
Lufenuron	73.3 $\pm$ 3.60aA	66.9 $\pm$ 9.20aB	62.4 $\pm$ 7.11aB	4.3	1
Triflumuron	85.4 $\pm$ 5.63aA	94.8 $\pm$ 1.90aA	85.3 $\pm$ 6.56aA	0.0	1
Novaluron	63.8 $\pm$ 9.99aB	65.3 $\pm$ 9.19aB	44.2 $\pm$ 6.02bC	18.0	1
Pyriproxifem	54.6 $\pm$ 5.85aB	67.3 $\pm$ 7.94aB	68.5 $\pm$ 2.01aB	9.9	1
CV (%) = 21.0					

¹ Means followed by the same letter, rows with lower case letters and columns with upper case letters, do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ²Mean percent reduction of emergence. ³Toxicity class recommended by Sterk *et al.* (1999), class 1 = harmless ($< 30\%$ reduction of emergence), class 2 = slightly harmful (30–79% reduction of emergence).

parasitism capacity of *F*₁ generation females exposed to host eggs treated with acetamidrid, lufenuron, and pyriproxifen. Imidacloprid had an effect only 24 h after treatment, while novaluron was active only after 48 h in relation to parasitoids exposed to host eggs 1 h after treatment (Table 5). Pyriproxifen reduced the parasitism capacity of *F*₁ generation females, fitting into class 2 = slightly harmful (30–79% reduction), and the other insecticides fell into class 1 = harmless ($< 30\%$ reduction) (Table 5).

Emergence of *F*₂ Generation. The emergence of *F*₂ generation specimens was not affected by any of the insecticides when maternal females were exposed to treated eggs 1 h and 24 h after treatment. Novaluron negatively affected the emergence percentage of *F*₂ generation insects from maternal generation females exposed to treated host eggs 48 h post-treatment, affording 44.2% emergence. Triflumuron produced higher emergence percentages for *F*₂ generation specimens, with means ranging from 85.3 to 94.8% (Table 6).

When the effect of exposure to the insecticides after the various times was evaluated, significant differences were found for mean emergence values of *F*₂ generation specimens exposed to host eggs treated with acetamidrid, lufenuron, triflumuron, and pyriproxifen. Imidacloprid did not have an effect at 48 h after treatment, while novaluron reduced only the parasitism capacity of females at this time in relation to those exposed to treated host eggs 1 h and 24 h after treatment (Table 6). Despite the negative effects on *F*₂ specimen emergence observed for some of the tested insecticides, all

fell into class 1 = harmless, according to the IOBC toxicity categories (Table 6).

Longevity of *F*₂ Generation. Acetamidrid, lufenuron, triflumuron, and novaluron produced a longevity reduction in *T. pretiosum* *F*₂ generation females when maternal generation females were exposed to treated host eggs 1 h after treatment. Yet only imidacloprid and triflumuron reduced the longevity of *F*₂ generation females exposed to their residues 24 h after treatment, giving means of 4.7 and 5.2 days, respectively. In contrast, none of the insecticides affected the longevity of *F*₂ generation females when maternal generation females were exposed to host eggs 48 h after treatment (Table 7).

No significant difference was observed in longevity of the *F*₂ generation females of *T. pretiosum* exposed to host eggs treated with triflumuron and pyriproxifen at the studied exposure times. Lufenuron and novaluron only affected the longevity of maternal generation females exposed to treated eggs 1 h after treatment, while imidacloprid reduced the longevity of females only at 24-h exposure after treatment in relation to specimens exposed to treated host eggs 1- and 48-h post treatment (Table 7).

Eggs Parasitized by *F*₂ Generation Females. Pyriproxifen reduced the parasitism capacity of *F*₂ generation females when the maternal generation was exposed to its residues one, 24, and 48 h after the treatment of host eggs. Acetamidrid, imidacloprid, and novaluron also reduced the parasitism of *F*₂ generation females, but only when the maternal generation was

Table 7. Longevity (days) ($\pm$ EP) of *Trichogramma pretiosum* *F*₂ generation females from maternal generation females exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h
Control	6.0 $\pm$ 0.31bA ¹	7.4 $\pm$ 0.28aA ¹	4.5 $\pm$ 0.61cB ¹
Acetamidrid	5.3 $\pm$ 0.16cB	7.6 $\pm$ 0.33aA	6.4 $\pm$ 0.34bA
Imidacloprid	7.0 $\pm$ 0.46aA	4.7 $\pm$ 0.60bB	6.5 $\pm$ 0.42aA
Lufenuron	5.2 $\pm$ 0.46bB	6.9 $\pm$ 0.32aA	6.4 $\pm$ 0.70aA
Triflumuron	5.3 $\pm$ 0.21aB	5.2 $\pm$ 0.41aB	4.9 $\pm$ 0.46aB
Novaluron	4.8 $\pm$ 0.11bB	6.5 $\pm$ 0.49aA	6.5 $\pm$ 0.27aA
Pyriproxifen	6.5 $\pm$ 0.41aA	6.7 $\pm$ 0.19aA	6.1 $\pm$ 0.36aA
CV (%) = 6.9			

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

Table 8. Number ($\pm$ EP) of parasitized eggs per *Trichogramma pretiosum* F₂ generation females when maternal females were exposed to *Anagasta kuehniella* eggs 1, 24, and 48 h after treatment.

Treatment	1 h	24 h	48 h	Reduction (%) ²	Class ³
Control	45.8 $\pm$ 3.32aA ¹	37.1 $\pm$ 1.70bA ¹	32.3 $\pm$ 1.46bA ¹		
Acetamiprid	35.0 $\pm$ 1.57aB	40.1 $\pm$ 1.21aA	32.9 $\pm$ 0.70aA	6.3	1
Imidacloprid	39.8 $\pm$ 1.21aB	42.4 $\pm$ 1.21aA	29.0 $\pm$ 3.10bA	3.4	1
Lufenuron	49.0 $\pm$ 1.56aA	37.5 $\pm$ 3.48bA	28.8 $\pm$ 0.77cA	0.0	1
Triflumuron	43.6 $\pm$ 1.88aA	34.5 $\pm$ 4.11bA	37.1 $\pm$ 2.16bA	0.0	1
Novaluron	42.0 $\pm$ 2.72aB	34.7 $\pm$ 2.69bA	34.5 $\pm$ 2.43bA	3.4	1
Pyriproxifen	41.0 $\pm$ 1.30aB	22.5 $\pm$ 4.22bB	19.5 $\pm$ 2.19bB	27.9	1
CV (%) = 14.7					

¹ Means followed by the same letter, rows with lower case letters and columns with upper case letters, do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). ² Mean percent reduction of emergence. ³ Toxicity class recommended by Sterk *et al.* (1999), class 1 = harmless ($< 30\%$ reduction of emergence), class 2 = slightly harmful (30-79% reduction of emergence).

exposed to treated host eggs 1 h after treatment. Lufenuron and triflumuron were harmless for parasitism capacity, resulting in mean oviposition values ranging from 29 to 49 eggs per female (Table 8).

No reduction in parasitism capacity was observed for F₂ generation females for acetamiprid, while lufenuron, triflumuron, and novaluron had no effect on the parasitism capacity of maternal generation females only in the circumstance where they were exposed to treated eggs 1 h after treatment. Imidacloprid reduced the parasitism capacity of females only for exposure 48 h after treatment in relation to specimens exposed to treated host eggs 1- and 24-h post treatment (Table 8). Considering the effects of the insecticides on the parasitism capacity of F₂ generation, they belong to class 1 = harmless, according to IOBC (Table 8).

In summary, pyriproxifen was slightly harmful (class 2) for the parasitism capacity of maternal and F₁ generation females of *T. pretiosum*. Novaluron was slightly harmful (class 2) for the emergence of F₁ generation specimens. Acetamiprid, imidacloprid, lufenuron, and triflumuron were harmless (class 1) to *T. pretiosum* and are recommendable for integrated pest management programs aiming at the preservation of this parasitoid species.

Acknowledgements

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

Literature cited

- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BAPTISTA, G. C. 2001. Impacto de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro na fase adulta de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciência e Agrotecnologia* (Brasil, Lavras) 25 (3): 560-568, Jul./Set.
- CARVALHO, G. A.; FUINI, L. C.; ROCHA, L. C. D.; MORAES, J. C.; ECOLLE, C. C. 2003. Avaliação da seletividade de inseticidas utilizados na tomaticultura a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ecossistema* (Brasil, Espírito Santo do Pinhal) 28 (1/2): 23-30.
- CASTELO BRANCO, M.; PONTES, L. A.; AMARAL, P. S. T.; MESQUITA FILHO, M. V. 2003. Inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e broca-grande e seu impacto sobre *Trichogramma pretiosum*. *Horticultura Brasileira* (Brasil, Brasília) 21 (4): 652-654.
- CÔNSOLI, F. L.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P. 2001. Selectivity of insecticides to the egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hym., Trichogrammatidae). *Journal of Applied Entomology* 125 (1/2): 37-43.
- LUNDGREN, J. G.; HEIMPEL, G. E.; BOMGREN A. S. 2002. Comparison of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) augmentation with organic and synthetic pesticides for control of cruciferous Lepidoptera. *Environmental Entomology* 31 (6): 1231-1239.
- MEDINA, P.; SMAGGHE G.; BUDIA, F.; TIRRY, L.; VIÑUELA E. 2003. Toxicity and absorption of azadirachtin, diflubenzuron, pyriproxifen, and tebufenozide after topical application in predatory larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 32 (1): 196-203.
- MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; RIGITANO, R. L. O. 2004. Efeito residual de novos inseticidas utilizados na cultura do tomateiro sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Acta Scientiarum Agronomy* (Brasil, Maringá) 26 (2): 231-237.
- 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* (Brasil, Brasília) 40 (3): 203-210.
- MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; PEREIRA, A. E.; ROCHA, L. C. D. 2006. Selectivity evaluation of insecticides used to *Trichogramma pretiosum*. *Biocontrol* 51 (6): 769-778.
- PARRA, J. R. P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. cap.4, pp.121-150. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. FEALQ. Brasil. Piracicaba. 324 p.
- QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. 2003. New species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with lepidopterous eggs in Brazil. *Zootaxa* (Auckland) 163 (1): 1-10.
- ROCHA, L. C. D.; CARVALHO, G. A. 2004. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. *Acta Scientiarum Agronomy* (Brasil, Maringá) 26 (3): 315-320.
- RUBERSON, J. R.; TILLMAN P. G. 1999. Effect of selected insecticides on natural enemies in cotton: laboratory studies. pp. 1210-1213. In: *Proceedings, Beltwide Cotton Conferences*. 3-7 January 1999, New Orleans, LA. National Cotton Council Orlando, Florida. USA.
- SCHOLZ, B. C. G.; MONSOUR C. J.; ZALUCKI M. P. 1998. An evaluation of selective *Helicoverpa armigera* control options

- in sweet corn. Australian Journal of Experimental Agriculture (Australia, Collingwood) 38 (6): 601-607.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A. 1974. cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics 30 (3): 507-512.
- STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J. N. M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J. J.; VAINIO, A.; 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.
- ZUCCHI, R. A.; MONTEIRO, R. C. 1997. O gênero *Trichogramma* na América do Sul. cap.2, pp. 41-66. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. FEALQ. Brasil. Piracicaba. 324 p.

Recibido: 21-oct-2009 • Aceptado: 30-may-2010

Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Selectividad de insecticidas usados en maíz a los adultos *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

JADER BRAGA MAIA¹, GERALDO ANDRADE CARVALHO², MARIA ISABELLA SANTOS LEITE³,
RODRIGO LOPES DE OLIVEIRA⁴ and LETÍCIA MAKYAMA⁵

Abstract: The aim of this work was to evaluate the toxicity of the insecticides imidacloprid/β-cyfluthrin (Connect 100/12.5 SC), chlorfenapyr (Pirate 240 SC), chlorpyrifos (Astro 450 EW), novaluron (Rimon 100 CE), spinosad (Tracer 480 SC) and triflumuron (Certero 480 SC), as used in corn crops (*Zea mays*), to parent generation females and to F₁ and F₂ generation specimens of *Trichogramma atopovirilia*. Eggs of *Anagasta kuehniella* were glued to cardstock strips and placed under a germicidal lamp to kill embryos. These were then sprayed with the chemical products using a Potter tower and exposed to parasitism 24, 48, and 96 hours after application of the compounds for a span of 24 hours. We evaluated the number of dead specimens and the number of eggs parasitized by parent generation females, as well as the percent emergence and parasitic capacity of the F₁ and F₂ generations. Chlorfenapyr, spinosad, chlorpyrifos, and imidacloprid/β-cyfluthrin were moderately harmful to adult *T. atopovirilia*, while novaluron was slightly harmful. Triflumuron was harmless and could be used in integrated pest management programs intended to preserve adult *T. atopovirilia* in corn crops.

Key words: Pesticides. Parasitoids. *Zea mays*. Toxicity. *Anagasta kuehniella*.

Resumen: Se evaluó la toxicidad de los insecticidas imidacloprid/β-ciflutrina (Connect 100/12,5 SC), clorfenapir (Pirate 240 SC), clorpirifos (Astro 450 EW), novalurom (Rimon 100 CE), spinosade (Tracer 480 SC) y triflumurom (Certero 480 SC), utilizados en el cultivo de maíz (*Zea mays*), para adultos de la generación maternal de *Trichogramma atopovirilia* y para especímenes de las generaciones F₁ y F₂. Huevos de *Anagasta kuehniella* fueron adheridos a cartulinas e irradiados con una lámpara antigérmica para matar a los embriones. Luego, se les aplicó mediante una torre de Potter los productos químicos y se expusieron durante 24 h a parasitismo a las 24, 48 y 96 h después de la aplicación de los compuestos. Se evaluó el número de especímenes muertos y el número de huevos parasitados por hembra de la generación maternal, también el porcentaje de emergencia y la capacidad de parasitismo de las generaciones F₁ y F₂. Clorfenapis, espinosade, clorpirifos e imidacloprid/β-ciflutrina fueron moderadamente perjudiciales para los adultos de *T. atopovirilia*, mientras novalurom fue levemente perjudicial. Triflumurom fue inocuo y puede ser utilizado en programas de manejo integrado de plagas donde se busque preservar adultos de *T. atopovirilia* en el cultivo de maíz.

Palabras clave: Pesticidas. Parasitoides. *Zea mays*. Toxicidad. *Anagasta kuehniella*.

Introduction

Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) is the most common pest to affect corn crops, being present every crop year and causing increasingly extensive damage to plantations, potentially affecting as much as 37% of the crop (Mendes *et al.* 2008). That and other pests of corn crops are mainly controlled by chemical products, which in turn have been causing emergence of secondary pests, resurgence and selection of resistant populations, in addition to causing a negative impact on the environment (Economic and Social Research Council 2009). Bearing that in mind, the use of alternative pest control methods to protect corn crops is a matter of the greatest importance as an effort to minimize these damaging effects, including biological control using parasitoids and predators.

Among natural enemies that help control fall armyworm in corn crops are parasitoids of the genus *Trichogramma*, drawing worldwide attention for being egg parasites and killing their hosts before emergence and attack to the plant (Lundgren *et al.* 2002).

Some authors noted the presence of *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing eggs of *S. frugiperda* in field conditions, demonstrating their potential as pest control agents in corn crops (Alvarez and Roa 1995; Zucchi and Monteiro 1997). Beserra and Parra (2004) evaluated the parasitic capacity and number of adults emerging per egg of *S. frugiperda* in a laboratory and observed that mean values were higher for *T. atopovirilia* than for *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). They reported that *T. atopovirilia* has stronger chances of increasing its population in a shorter time than *T. pretiosum*, thus being apparently more suitable for biological control of *S. frugiperda*.

The effectiveness of these parasitoids in integrated pest control management programs, however, is conditional on the use of chemical products that will not affect the parasitism and development of parasite populations, in other words, it is conditional to the application of selective compounds (Carvalho *et al.* 2002; Degrande *et al.* 2002; Foerster 2002).

In studying the effect of 40 agrochemicals in various commercial formulations on adult individuals of *T. atopovirilia*

¹ Ph.D. candidate in Entomology at the Department of Entomology, Federal University of Lavras (UFLA). Cx. Postal: 3037, CEP: 37200-000, Lavras. Minas Gerais, Brazil. maiajader@yahoo.com.br Corresponding author. ² Dr. Prof. gacarval@den.ufla.br. ³ M.Sc. maryisabella@yahoo.com.br. ⁴ Undergraduate student of Agronomy. rodrigo_lopes_oliveira@yahoo.com.br. ⁵ Undergraduate student of Zootechny. lemakiyama@gmail.com.

virilia, Manzoni *et al.* (2007) verified that 45% (18) were found to be harmless, 15% (6) were slightly harmful, 12.5% (5) were moderately harmful and 27.50% (11) were harmful. The variations in how this parasitoid species responded to pesticides demonstrate the need for studies in search of new molecules to find compatibility between chemical and biological methods for this particular parasitoid species.

Given the above, the objective of this work is to evaluate the effect of new insecticides recommended for corn crops on *T. atopovirilia* in order to gather information that will help decision making as to which pesticides to use in pest management programs involving corn crops, ultimately seeking to preserve this parasitoid species.

Material and Methods

The following insecticides were used in this study (technical and commercial name, formulation, dosage and chemical group are listed for each one): imidacloprid/β-cyfluthrin (Connect 100/12.5 SC - 0.33/0.04 g a.i. L⁻¹, Neonicotinoid/Pyrethroid), chlorfenapyr (Pirate 240 SC - 0.6 g a.i. L⁻¹, Pyrazole Derivative), chlorpyrifos (Astro 450 EW - 0.75 g a.i. L⁻¹, Organophosphate), novaluron (Rimon 100 CE - 0.05 g a.i. L⁻¹, Benzoylurea), spinosad (Tracer 480 SC - 0.16 g a.i. L⁻¹, Spinosyn) and triflumuron (Certo 480 SC - 0.048 g a.i. L⁻¹, Benzoylurea). Water was used as control treatment.

Twenty females up to 24 hours old per treatment were collected from a laboratory nursery and were placed separately in 8 cm x 2.5 cm glass tubes, fed with honey droplets smeared on the inside of the tubes which were then sealed with PVC film. Approximately 125 eggs of *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) up to 24 hours old were glued to 5 cm x 0.5 cm strips of blue cardstock and placed under a germicidal lamp to kill embryos according to Parra (1997), then pulverized with chemical compounds using a Potter spray tower regulated at a pressure of 15 lb/in² and applied volume of 1.5 ± 0.5 μL/cm².

The treated eggs were placed in an environmental chamber at 24±2°C, RH 70±10%, with 14 hours of photophase, being then offered to female individuals of *T. atopovirilia* 24, 48, and 96 hours after application of the insecticides, for 24 hours. The female individuals were then kept in the same tubes in order to assess their mortality throughout, while the cards containing the supposedly parasitized eggs were transferred into new tubes and stored in an environmental cham-

ber until emergence of F₁ generation parasitoids. Items being assessed included daily mortality over eight days, parasitic capacity, and percentage of insect emergence.

To evaluate the effects of pesticides on the newly emerged F₁ generation adults originating from the eggs of *A. kuehniella* previously treated and then exposed to parasitism 24, 48, and 96 hours after application of the products, twenty female individuals of *T. atopovirilia* per treatment were placed in separate glass tubes, each receiving 125 untreated eggs of *A. kuehniella* up to 24 hours old, glued to card strips and placed under a germicidal lamp to kill embryos, as mentioned previously. The parasitic period was 24 hours, at the end of which the females were discarded and the card strips containing the supposedly parasitized eggs were kept in an environmental chamber under the above mentioned conditions, until full development and emergence of F₂ generation parasitoids was reached. Items assessed included parasitic rate of F₁ generation females and emergence percentage of F₂ generation specimens.

Each treatment consisted of five replicates and each experimental portion comprised four card strips with eggs previously offered to the wasps for parasitization. The bioassays used a completely randomized design in a three exposure times x seven compounds factorial arrangement, totaling 21 treatments.

The data were submitted to analysis of variance and the mean values were compared using the Scott-Knott cluster analysis at the 5% significance level (Scott and Knott 1974). The evaluated pesticides were further grouped into the following toxicity categories as a function of the reduction in parasitoid survival rate according to IOBC recommendations: class 1 = harmless (<30% reduction), class 2 = slightly harmful (30% to 79% reduction), class 3 = moderately harmful (80% to 99% reduction) and class 4 = harmful (>99% reduction) (Sterk *et al.* 1999, Van de Veire *et al.* 2002). The control treatment was used as reference parameter. The mean percentage of reduction in parasitoid survival was obtained using the following equation: % of reduction = 100 - [(% general mean of treatment with pesticide / % general mean of control treatment) x 100].

Results and Discussion

The parasitic capacity of female individuals of *T. atopovirilia* that had come into contact with host eggs 24, 48, and 96

Table 1. Number (±SE) of eggs parasitized by parent generation females of *Trichogramma atopovirilia* after coming into contact the eggs of *Anagasta kuehniella*, 24h, 48h and 96h after their contamination with the compounds.

Treatment	24h	48h	96h	Reduction (%) ²	Classes ³
Control	16.30±1.17bB ¹	28.42±0.70aB	12.20±1.80bA	—	—
Chlorfenapyr	3.61±0.57aC	4.00±0.37aC	1.42±0.24aB	84.1	3
Spinosad	4.40±0.34aC	4.80±0.26aC	1.51±0.28aB	81.0	3
Triflumuron	16.90±1.20bB	36.41±0.93aA	5.50±0.78cB	0.0	1
Chlorpyrifos	1.71±0.22aC	1.21±0.10aC	1.31±0.14aB	92.4	3
Imidacloprid/ β-cyfluthrin	0.92±0.08aC	3.52±0.41aC	0.43±0.04aB	91.3	3
Novaluron	21.20±0.80bA	37.50±0.96aA	9.20±1.14cB	0.0	1
CV (%) = 37.75					

¹ Means followed by the same lower-case letter in a row and same upper-case letter in a column do not differ by the Scott-Knott test (P>0.05); ² Mean percentage of reduction in parasitism; ³ Toxicity class according to Sterk *et al.* (1999).

Table 2. Emergence (%) ($\pm$ SE) of F₁ generation *Trichogramma atopovirilia* originating from females that had come into contact with eggs of *Anagasta kuehniella*, 24h, 48h and 96h after their contamination with the compounds.

Treatment	24h	48h	96h	Reduction (%) ²	Classes ³
Control	99.22 $\pm$ 0.24aA ¹	98.24 $\pm$ 2.39aA	96.88 $\pm$ 0.70aA	—	—
Chlorfenapyr	39.92 $\pm$ 4.69aB	8.53 $\pm$ 2.36bC	26.44 $\pm$ 5.88aC	74.55	2
Spinosad	85.57 $\pm$ 1.01aA	70.44 $\pm$ 0.20aB	65.75 $\pm$ 6.72aB	24.65	1
Triflumuron	94.83 $\pm$ 0.74aA	97.49 $\pm$ 0.00aA	68.64 $\pm$ 7.78bB	11.33	1
Chlorpyrifos	96.67 $\pm$ 0.00aA	100.00 $\pm$ 0.00aA	90.84 $\pm$ 2.91aA	2.31	1
Imidacloprid/ β -cyfluthrin	100.00 $\pm$ 1.22aA	95.96 $\pm$ 1.15aA	73.33 $\pm$ 8.70bB	8.50	1
Novaluron	85.66 $\pm$ 0.52aA	67.42 $\pm$ 6.50aB	31.35 $\pm$ 3.86bC	37.33	2
CV (%) = 25.2					

¹ Means followed by the same lower-case letter in a row and same upper-case letter in a column do not differ by the Scott-Knott test ($P > 0.05$); ²Mean percentage of reduction in emergence; ³Toxicity class according to Sterk *et al.* (1999).

hours after their contamination was reduced by virtually every compound, although triflumuron and novaluron allowed 100% parasitism and thus these were classified as harmless (class 1); the remaining products were considered moderately harmful (class 3) (Table 1). These results agree with Carvalho *et al.* (2001) and Parreira (2007), who failed to identify negative effects of triflumuron and novaluron respectively on the parasitic capacity of *T. pretiosum* when exposed to eggs of *A. kuehniella* 24 and 48 hours after contamination with the product.

A substantial decrease in the number of eggs parasitized by parent generation females of *T. atopovirilia* when exposed to eggs treated with chlorpyrifos 24, 48 and 96 hours after contamination was also verified by Moscardini *et al.* (2008). These authors evaluated fenitrothion and methidathion, organophosphate products, and concluded that the reduced parasitism probably resulted from the mortality inflicted on female individuals, whether by direct contact with residues or by ingestion of such products during the parasitic process.

As for emergence of F₁ generation parasitoids, chlorfenapyr was noted to be slightly harmful to females exposed to host eggs 24, 48 and 96 hours after application of the compound. Insecticide novaluron was slightly harmful, noting that 96 hours after application it presented one of the lowest mean values of emergence, approximately 31.3%. The remaining compounds were rated as harmless (class 1) (Table 2).

Parreira (2007) verified that novaluron caused a reduction in the emergence percentage of F₁ generation individuals of *T. pretiosum* when exposed to treated eggs of alternative host *A. kuehniella*, similarly to the result found in this work, where novaluron was rated as slightly harmful (class 2) (Table 2).

The parasitic capacity of F₁ generation females of *T. atopovirilia* could not be evaluated in chlorfenapyr and chlorpyrifos treatments when the parent generation females were exposed to contaminated eggs 24, 48 and 96 hours after contamination due the high mortality inflicted by these products soon after insect emergence (Table 3).

None of the insecticides were noted to affect the number of eggs parasitized by the F₁ generation of *T. atopovirilia* 24 hours after application of the compounds, with novaluron causing a decreasing reduction in the number of parasitized eggs throughout the evaluations. When parasitoids came into contact with host eggs 48 and 96 hours after contamination with triflumuron and novaluron, no reduction occurred in the parasitic rate, with mean values 46,9 and 43,9, and 21,1 and 22,4 for parasitized eggs / female respectively (Table 3).

Similar results for triflumuron and novaluron were found by Carvalho *et al.* (2001) and Stefanello Jr *et al.* (2008), who, in evaluating the effects of these products on the parasitic capacity of *T. pretiosum* on treated eggs of *A. kuehniella*, observed that they were slightly harmful.

Table 3. Number ($\pm$ SE) of eggs parasitized by F₁ generation of *Trichogramma atopovirilia*, after parent females had come into contact with eggs of *Anagasta kuehniella*, 24h, 48h and 96h after their contamination with the compounds.

Treatment	24h	48h	96h	Reduction (%) ²	Classes ³
Control	48.80 $\pm$ 1.03aA ¹	31.60 $\pm$ 1.38bB	34.60 $\pm$ 0.66bA	—	—
Chlorfenapyr	*	*	*	*	*
Spinosad	42.50 $\pm$ 1.24aA	34.23 $\pm$ 1.10aB	21.90 $\pm$ 3.01bA	14.2	1
Triflumuron	48.10 $\pm$ 1.51aA	46.95 $\pm$ 0.89aA	21.10 $\pm$ 0.07bA	0.0	1
Chlorpyrifos	*	*	*	*	*
Imidacloprid/ β -cyfluthrin	44.68 $\pm$ 1.09aA	27.45 $\pm$ 1.29bB	24.80 $\pm$ 4.59bA	15.8	1
Novaluron	55.95 $\pm$ 0.69aA	43.96 $\pm$ 1.36bA	22.45 $\pm$ 1.52cA	0	1
CV(%) = 24.5					

¹ Means followed by the same lower-case letter in a row and same upper-case letter in a column do not differ by the Scott-Knott test ($P > 0.05$); ²Mean percentage of reduction in number of parasitized eggs; ³Toxicity class according to Sterk *et al.* (1999). *The number of insects was insufficient to assess this characteristic.

Table 4. Emergence (%) ($\pm$ SE) of *F₂* generation of *Trichogramma atopovirilia* originating from *F₁* generation females that had come into contact with eggs of *Anagasta kuehniella*, 24h, 48h and 96h after their contamination with the compounds.

Treatment	24h	48h	96h	Reduction (%) ²	Classes ³
Control	96.80 $\pm$ 0.25aA ¹	99.15 $\pm$ 0.10aA	97.20 $\pm$ 0.46aA	—	—
Chlorfenapyr	*	*	*	*	*
Spinosad	99.20 $\pm$ 0.22aA	99.42 $\pm$ 0.11aA	76.68 $\pm$ 8.59aB	6.0	1
Triflumuron	96.80 $\pm$ 0.37aA	99.77 $\pm$ 0.06aA	97.66 $\pm$ 0.34aA	0.0	1
Chlorpyrifos	*	*	*	*	*
Imidacloprid/ β -cyfluthrin	98.80 $\pm$ 0.26aA	99.44 $\pm$ 0.25aA	58.98 $\pm$ 10.77bB	12.3	1
Novaluron	97.03 $\pm$ 0.29aA	99.76 $\pm$ 0.10aA	95.49 $\pm$ 0.97aA	0.3	1
CV(%) = 19.2					

¹ Means followed by the same lower-case letter in a row and same upper-case letter in a column do not differ by the Scott-Knott test ($P>0.05$); ²Mean percentage of reduction in emergence; ³Toxicity class according to Sterk *et al.* (1999). *The number of insects was insufficient to assess this characteristic.

As for the emergence of *F₂* generation of *T. atopovirilia* originating from *F₁* generation females that had come into contact with eggs of *A. kuehniella* 24 hours after their contamination, it was noted that parasitoid emergence was not affected, with mean values ranging from 96.8% to 99.2% (Table 4).

Chlorfenapyr and chlorpyrifos caused 100% of mortality in *F₁* generation insects immediately after their emergence (Tables 3 and 4), preventing evaluation of the emergence percentage of *F₂* generation specimens. Similar results were found by Moscardini *et al.* (2008), who, in evaluating the effect of fenitrothion and methidathion on *T. pretiosum*, failed to obtain the emergence percentage of *F₂* generation specimens due to 100% of mortality in *F₁* generation parasitoids.

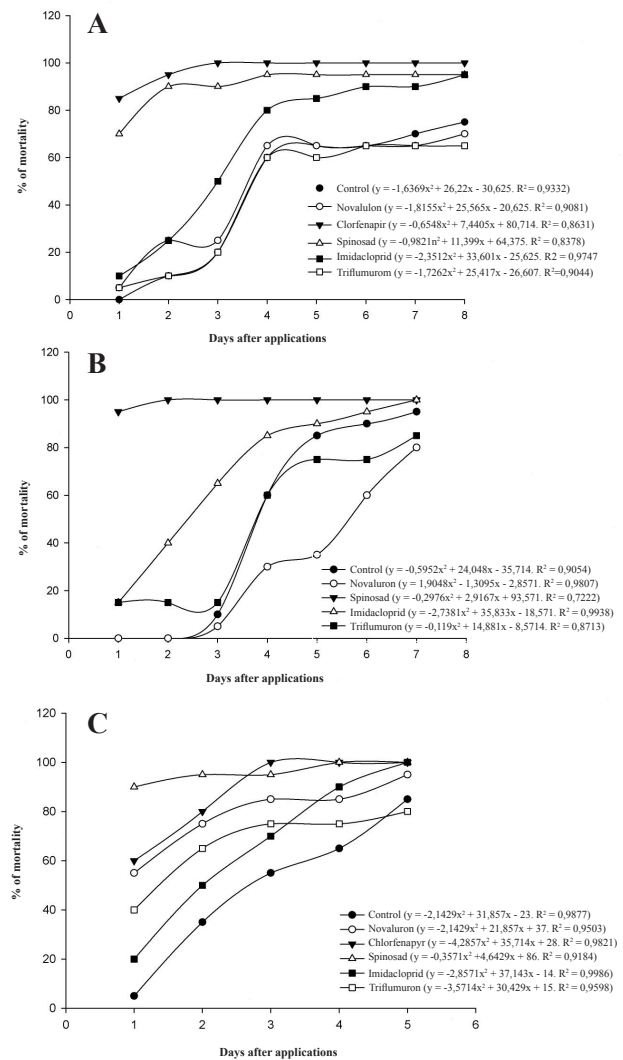
Spinosad, triflumuron and novaluron did not affect the emergence of *F₂* generation females throughout the evaluation period, being rated as harmless (class 1). The evaluation at 96 hours revealed that spinosad and imidacloprid reduced the percentage of parasitoid emergence, with mean values 76.7% and 58.9% respectively (Table 4).

Parreira (2007) evaluated the action of triflumuron, imidacloprid and novaluron on the emergence of *F₂* generation specimens of *T. pretiosum* originating from *F₁* generation females that had come into contact with eggs of *A. kuehniella* 24 and 48 hours after contamination and noted that these compounds did not cause reduction in the emergence percentage, being thus rated as harmless. Carvalho *et al.* (2003) studied the effect of triflumuron on *T. pretiosum* and also observed innocuousness when this parasitoid was exposed to eggs of alternative host *A. kuehniella* 24 and 48 hours after application of the product, causing no reduction in the emergence of *F₂* generation insects.

As a function of the reduction in emergence percentage of *F₂* generation females as caused by spinosad, triflumuron, imidacloprid/ β -cyfluthrin and novaluron, these products were rated as class 1 = harmless (Table 4).

Spinosad and chlorpyrifos caused 95% and 100% of mortality in the fourth evaluation (4 days after application) and on the first evaluation (24 hours after application) respectively, while triflumuron caused 65.0% of mortality eight days after application. Imidacloprid/ β -cyfluthrin only caused 10.0% of mortality 24 hours after application, increasing throughout the evaluation period to 95.0% of mortality on

day eight. Novaluron revealed a similar pattern to the control treatment, presenting a peak mortality of 70.0% (Fig. 1A).

**Figure 1.** Mortality curves over time of parent generation females of *Trichogramma atopovirilia* after they had come into contact with eggs of *Anagasta kuehniella* treated and exposed to parasitism, 24h **A**, 48h **B** and 96h **C** after their contamination.

Chlorfenapyr and chlorpyrifos caused 100% of mortality in insects right in the first evaluation, while spinosad caused 100% of mortality in the second evaluation. Triflururon and novaluron revealed a similar pattern to the control treatment, with mean values of mortality at around 95.0% and 80.0% on the last evaluation day respectively (Fig. 1B).

Chlorpyrifos caused 100% of mortality 24 hours after being applied, while chlorfenapyr caused 60.0% of mortality in the first evaluation, reaching 100% on day three. Spinosad presented 90.0% of mortality right on day one and 100% on day four. Triflururon, imidacloprid/ β -cyfluthrin and novaluron caused 40.0%, 20.0% and 55.0% of mortality respectively in the first evaluation, increasing to around 95.0% on the last day. The control treatment presented 5.0% of mortality in the first evaluation, increasing to around 85.0% on the last day (Fig. 1C).

The results found in this work can contribute to a better understanding of the potentialities of combined use of parasitoids *T. atovovirilia* and selective compounds, ultimately seeking to control fall armyworm infestation in corn crops. However, additional studies are required using natural hosts, preferably under field conditions, to finally validate or refute the toxicity of compounds to this beneficial species.

Acknowledgments

Many thanks to the Research Aid Foundation of Minas Gerais State (FAPEMIG) and CNPq for providing the necessary financial support to accomplish this work.

Cited literature

- ÁLVAREZ, L. R.; ROA, F. G. 1995. Comportamento parasítico de *Telenomus* sp. em *Spodoptera frugiperda*. Revista Colombiana de Entomología 21(2): 191-196.
- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. 2004. Biología e parasitismo de *Trichogramma atovovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Revista Brasileira de Entomologia 48(1): 119-126.
- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BAPTISTA, G. C. 2001. Impacto de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro na fase adulta de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ciência e Agrotecnologia 25 (3): 560-568.
- CARVALHO, G. A.; REIS, P. R.; MORAES, J. C.; FUINI, L. C.; ROCHA, L. C. D.; GOUSSAIN, M. M. 2002. Efeitos de alguns inseticidas utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ciência e Agrotecnologia 26 (6): 1160-1166.
- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BATISTA, G. C. 2003. Efeito de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 nas gerações F1 e F2 em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). Ciência e Agrotecnologia 27(2): 295-304.
- DEGRANDE, E. P.; REIS, P. R.; CARVALHO, G. A.; BELARMINO, L. C. 2002. Metodologia para Avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. p.71- 93. In PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SIMÕES BENTO, J. M. (Ed). Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole. 609p.
- ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH COUNCIL (2008 October 10). 2009. Biological Alternatives to Chemical Pesticides. Science Daily. In <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/10/081008065841.htm>. [Date of revision: 14 april 2009].
- FOERSTER, L. A. 2002. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides. p.95-114. In PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SIMÕES BENTO, J. M. Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole. 609p.
- LUNDGREN, J. G.; HEIMPEL, G. E.; BOMGREN A.S. 2002. Comparison of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) augmentation with organic and synthetic pesticides for control of cruciferous Lepidoptera. Environmental Entomology 31(6):1231-1239.
- MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F. P.; HÄRTER, W. R.; CASTILHOS, R.V.; PASCHOAL, M. D. F. 2007. Seletividade de Agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitóides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma atovovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). BioAssay 2 (1): 11p. Available at: <http://www.bioassay.org.br/articles/2.1/BA2.1.pdf>. [Date of revision: 27 July 2008].
- MENDES, S. M.; MARUCCI, R. C.; MOREIRA, S. G.; WAQUIL, J. M. 2008. Milho Bt: avaliação preliminar da resistência de híbridos comerciais à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). Comunicado técnico 157, 8p. Sete Lagoas, MG.
- MOSCARDINI, V. F.; MOURA, A.P.; CARVALHO, G. A. LASMAR, O. 2008. Efeito residual de inseticidas sintéticos sobre *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae) em diferentes gerações. Revista Acta Scientiarum 30(2): 177-182.
- PARRA, J. R. P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*, p.121-150. In J. R. P. Parra & R. A. Zucchi (eds.), *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba, Fealq. 324p.
- PARREIRA, D. S. 2007. Seletividade de inseticidas reguladores de crescimento de neonicotinóides a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). 52p. (Masters dissertation in Agronomy/Entomology) Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics 30(3): 507-512.
- STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANSPELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; 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.
- STEFANELLO J.R., G.J., GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; DALMAZO, G.O.; PASCHOAL, M. D. F.; HÄRTER, W.R. 2008. Efeito de inseticidas usados em cultura de milho sobre a capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Arquivos do Instituto Biológico 75(2): 187-193.
- VAN DE VEIRE, M.; STERK, G.; VAN DER STAAIJ, M.; RAMAKERS, P. M. J.; TIRRY, L. 2002. Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. BioControl 47(1): 101-113.
- ZUCCHI, R. A.; MONTEIRO, R. C. 1997. O gênero *Trichogramma* na América do Sul. p. 41-66. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Ed.) *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba: FEALQ. 324p.

Evaluación de nematodos entomopatógenos para el manejo de *Phyllophaga bicolor* (Coleoptera: Melolonthidae)

Evaluation of entomopathogenic nematodes for the management of *Phyllophaga bicolor* (Coleoptera: Melolonthidae)

ELSA LILIANA MELO M.¹, CARLOS ALBERTO ORTEGA O.², ANDREAS GAIGL³ y ANTHONY BELLOTTI⁴

Resumen: Las larvas de escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) son plagas muy importantes en diversidad de cultivos y climas debido a las pérdidas que producen en la calidad y rendimiento de los productos agrícolas. Una alternativa para su manejo biológico son los nematodos entomopatógenos, parásitos generalistas de éstas, y controladores efectivos en pruebas de laboratorio y campo. Se evaluaron aislamientos de nematodos entomopatógenos nativos e introducidos sobre larvas de tercer estadio de *Phyllophaga bicolor*. Se determinaron la infectividad y mortalidad de aislamientos de *Steinernema* (*S. riobraviss*-Sr, *S. carpocapsae* all Strain-Sc, *Steinernema* sp.-SNI, *S. arenarium* -Sa y *S. feltiae*-Sf1 y Sf2) y *Heterorhabditis* (*H. bacteriophora*-Hb1, Hb2 y Hb3) con una concentración de 10.000 IJs/ml, a 23°C y 70 ± 5% H.R. La evaluación se hizo en larvas de uno, dos y tres meses. Los aislamientos más infectivos fueron los de *Heterorhabditis* (93,75%-Hb2, 89,58%-Hb1 y 64,58%-Hb3), comparados con los de *Steinernema* (10,42%-SNI; 12,50%-Sr; 16,67%-Sa; 22,92%-Sc; 33,34%-Sf2; 66,67%-Sf1). Las menores mortalidades se produjeron con los aislamientos de *Steinernema* (0%-Sc y SNI; 2,08%-Sr; 6,25%-Sa; 6,25%-Sf2 y 47,92%-Sf1) mientras que las mayores con los de *Heterorhabditis* (52,09%-Hb3; 72,92%-Hb1 y 91,67%-Hb2). Dependiendo de la madurez de la larva se presentaron diferencias en infección (1 = 65,64%; 2 = 42,50%; 3 = 29,17%) y mortalidad (1 = 53,33%; 2 y 3 promediaron 31,46%), notándose una disminución en la magnitud de estas variables al acercarse a prepupa. El género *Heterorhabditis* es el más promisorio para el manejo de chisas especialmente aplicado a las larvas jóvenes.

Palabras clave: *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Control biológico. Chisa.

Abstract: Scarab larvae (Coleoptera: Melolonthidae) are important pests in a diversity of crops and climates owing to their damage to the quality and yield of agricultural products. An alternative for their biological control are the entomopathogenic nematodes, generalist parasites and effective control agents in laboratory and field trials. Isolates of introduced and native entomopathogenic nematodes were evaluated against third instar larvae of *Phyllophaga bicolor*. We determined the infectivity and mortality of isolates of *Steinernema* (*S. riobraviss*-Sr, *S. carpocapsae* Strain all-Sc, *Steinernema* sp.-SNI, *S. arenarium*-Sa and *S. feltiae*-Sf1 and Sf2) and *Heterorhabditis* (*H. bacteriophora*-Hb1, Hb2 and Hb3) at a concentration of 10,000 IJs/ml at 23°C and 70 ± 5% R.H. The evaluation was done on larvae that were one, two and three months old. The most ineffective isolates were those of *Heterorhabditis* (93.75%-Hb2; 89.58% and 64.58%-Hb1-Hb3), compared to those of *Steinernema* (10.42%-SNI; 12.50%-Sr; 16.67%-Sa, 22.92%-Sc; 33.34%-Sf2; 66.67%-Sf1). The lowest mortalities resulted from *Steinernema* isolates (0%-Sc and SNI; 2.08%-Sr, 6.25%-Sa; 6.25%-Sf2 and 47.92%-Sf1) while the highest were from *Heterorhabditis* (52.09%-Hb3; 72.92% and 91.67%-Hb1-Hb2). Differences were noted in infection (1 = 65.64%, 2 = 42.50%, 3 = 29.17%) and mortality (1 = 53.33%, 2 and 3 averaged 31.46%), depending on larval maturity, with a noticeable reduction in these variables when approaching the prepupa. The genus *Heterorhabditis* is the most promising for the white grub management, especially when applied to young larvae.

Key words: *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Biological control. White grub.

Introducción

Las larvas de la familia Melolonthidae (Coleoptera) son muy importantes desde el punto de vista ecológico por participar en el reciclaje de material orgánico y en el enriquecimiento del suelo. Sin embargo, varias especies se han convertido en plagas de importancia económica, entre las que se destacan especies de las subfamilias Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae y Cetoniinae; éstas representan gran parte de las pérdidas en zonas agrícolas debido a la gravedad del daño que producen y a su permanencia en los sitios donde se cultiva; este hecho se observa en el Oriente Antioqueño (Noroccidente colombiano), donde estos insectos se han incrementado desde 1988, igualmente el daño que ocasionan en los cultivos (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000; Pardo-Locarno 2002; Londoño 2001).

Las larvas de Melolonthidae son plagas de importancia a nivel del suelo en diferentes cultivos del mundo; solamente las larvas de tercer instar causan daños significativos actuando como tierreros o trozadores al roer y consumir raíces; en las etapas avanzadas de los cultivos causan amarillamiento del área foliar, pasando por plasmólisis hasta la marchitez en plantas jóvenes, debido al consumo de raíces pequeñas completas y hasta corteza de raíces grandes lo que involucra la zona cambial; este daño depende igualmente de la población del rizófago, edad del cultivo y la cobertura vegetal que lo rodea, así como de los macro y micro organismos entomopatógenos y entomófagos cohabitantes en el sustrato (Posada 1993; Ortega 2005); este estado, además de ser el estado más voraz, es también el de mayor duración (171 días) comparado con el primer estadio larval que se desarrolla en 24 días y

¹ M. Sc. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. A.A. 6713, tel.: 445 0000, fax: 445 00 73. e.l.melo@cgiar.org. Autora para correspondencia. ² M. Sc. Laboratorios de Biotecnología LABIOTSA, Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. caortegao@gmail.com. ³ Ph. D. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Sede Bogotá, agaigl@unal.edu.co. ⁴ Ph. D. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. A. A. 6713, Cali, a.bellotti@cgiar.org.

el segundo con un promedio de 29 días, lo que posibilita su daño por un tiempo mayor (CIAT 2004). El adulto no es tan dañino como la larva, pero ocasionalmente afecta las inflorescencias de cultivos como el maíz o el follaje de arbustos árboles y ciertas plantas anuales entre las que se destacan las familias Papilionaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Poaceae, entre otras (Ortega 2005).

En Colombia estas larvas se conocen comúnmente como chisas, cuyos adultos son escarabajos o cucarrones que varían en tamaño, coloración, forma y hábitos de acuerdo con la especie. Varias especies de estos melolonthidos constituyen un complejo de plagas que afectan en forma severa una gran diversidad de cultivos, como plagas rizófagas o plagas de follaje y fruto (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000).

Los mayores daños económicos que ocasionan estos rizófagos están relacionados con los cultivos de yuca, frijol, papa, cereales, maíz y hortalizas, donde las pérdidas alcanzan entre el 10 y el 95% de las cosechas (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000).

Experimentos realizados en campos de yuca en el Norte del Departamento del Cauca, sur occidente colombiano, con el complejo de larva de tercer instar de *Phyllophaga* spp. (Melolonthidae) mostraron pérdidas de 26% en material fresco y 30% en almidón; además en condiciones controladas se observó que densidades entre cinco a siete larvas por estaca consumen más del 95% de corteza y 35% de médula, en un período de dos meses, y que el daño realizado por una chisa resulta en el 53% de pérdidas de su potencial productivo por el consumo de la corteza, médula y raíces de las estacas; esto muestra la severidad del problema, especialmente si la siembra se da en el momento de la aparición del estado más agresivo de la plaga (Ortega 2005).

Colecciones de larvas realizadas en este sitio han mostrado una multiplicidad de especies, donde las más abundantes son *Plectris fassli* (Moser, 1919), *P. pavidus* (Burmeister, 1855), *Anomala cincta* Say, 1835, *Ceraspis innotata* (Blanchard, 1850) y un complejo de especies del género *Phyllophaga*, género más importante entre las más dañinas por su carácter rizófago estricto, ciclo anual y larvas de mayor porte, destacándose *P. menetriesi* Blanchard, 1850 y *P. bicolor* (Moser, 1921) (Pardo-Locarno 2002; CIAT 2004). Esta última no reportada antes para Colombia, ni mencionada por su importancia agrícola (J. Neita, com. pers.), hasta que en los estudios del Proyecto Insectos de Suelo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT; municipio de Palmira - suroccidente colombiano), se la encontró en gran abundancia alimentándose de raíces de diversos cultivos en la región.

Esta plaga subterránea se maneja mediante métodos tradicionales; el agricultor recurre al control químico, sin obtener resultados positivos, lo cual lo lleva a la sobredosis y el uso irracional de los insecticidas, generando en su lugar el exterminio de controladores naturales además del incremento de la contaminación de suelos y aguas subterráneas así como la pérdida de la calidad del suelo (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000).

Manejar la fecha de siembra distante de la aparición de la larva de tercer instar podría convertirse en una medida de control cultural económico y de fácil manejo para los agricultores (Ortega 2005). Otra forma de manejo es el control biológico con microorganismos y los agentes más usados en la actualidad son los bacterios, hongos, virus y nematodos entomopatógenos, éstos son los más exitosos por su alta especificidad (Jackson 1993). Un ejemplo del uso de nematodos

entomopatógenos, se dio con el aislamiento de *Steinernema glaseri* (Steiner, 1929) encontrado en la chisa *Popillia japonica* Newman, 1841 en Nueva Jersey, es el primer reporte de uso de entomopatógenos para el control de plagas (Glaser 1932); sin embargo, el desconocimiento de la interacción de este nematodo con su bacteria simbiote produjo resultados desalentadores, resultando en la pérdida de interés. Pese a esto, los estudios se retomaron hacia los años ochentas cuando los aislamientos de *Heterorhabditis* spp. y *S. glaseri* se comportaban mejor que otros (*S. feltiae* Filipjev, 1934 y *S. carpocapsae* (Weiser, 1955)). Los noventa se caracterizaron por estudios más profundos, donde se investigaba la causa de la resistencia de las chisas frente a los nematodos, además de hallar avances en producción y tecnología de estos últimos. Todo esto hizo más fácil su implementación dentro de programas de control biológico para diferentes especies de chisas (Klein 1990; Georgis y Gaugler 1991; Gaugler *et al.* 1992; Klein 1993).

Estudios realizados por diferentes autores como Villani y Wright (1988), Forschler y Gardner (1991), Klein (1992), Lacey *et al.* (1993), Gaugler *et al.* (1994) con diversas especies de chisas controladas con diferentes especies de NEPs (nematodos entomopatógenos), descubrieron que su uso es promisorio y su efectividad es mayor cuando las dosis de NEPs usadas son altas; además por la capacidad de reproducción y supervivencia de los nematodos es posible reducir el número de aplicaciones y eliminar el uso de algunos insecticidas.

La presente investigación, se estableció para buscar una alternativa viable para el control de la chisa rizófaga, *P. bicolor*, evaluando la infectividad y mortalidad de esta plaga con diferentes aislamientos nativos e introducidos de nematodos entomopatógenos.

Materiales y Métodos

Este experimento se llevó a cabo en condiciones de laboratorio en el campo experimental del CIAT, Valle del Cauca, Colombia, en un ambiente con $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y $70 \pm 5\%$ de H.R.

Especie objetivo. Se trabajó con la chisa plaga *P. bicolor*, obtenida a partir de capturas en la región de Caldo del departamento del Cauca (1570 msnm; 18°C). Se seleccionó para este experimento el tercer instar. El efecto de los NEPs sobre este estadio en sus diferentes grados de madurez se evaluó con un mes de diferencia (tercer estadio inicial, intermedio, y final cercano a prepupa). Previamente estas larvas se mantuvieron en cuarentena en el laboratorio para descartar cualquier enfermedad adquirida en campo. La cría en laboratorio se mantuvo en un cuarto de crecimiento acondicionado (19°C y $70 \pm 5\%$ de H.R.), dentro de vasos plásticos con tapa (volumen de 100 ml), con arena y suelo orgánico estéril (1:3) alimentadas con trozos de zanahoria (3,5 g).

Nematodos. Se evaluaron nueve aislamientos de NEPs nativos e introducidos (Tabla 1), éstos se multiplicaron para cada experimento en larvas de último instar de *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae), obteniéndose juveniles infectivos (JI); éstos se mantuvieron en agua destilada estéril (ADE) a 15°C . Este procedimiento se hizo una semana antes de la aplicación.

Diseño Experimental. Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro repeticiones, con arreglo factorial,

Tabla 1. Aislamientos de nematodos entomopatógenos nativos e introducidos, evaluados para el manejo la chisa *Phyllophaga bicolor* en condiciones de laboratorio.

Especie	Lugar de origen		Almacenamiento	
	País	Institución	CIAT*	Fuente
<i>Steinernema riobravus</i> (Sr)	EUA	Certis	Ene - 03	Certis
<i>Steinernema feltiae</i> (Sf1)	Colombia	Universidad Nacional	Mar-03	J. C. Parada
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Hb1)	Italia	CABI/Bioscience	2002	J. C. López
<i>Steinernema carpocapsae</i> (Sc)	EUA	CABI/Bioscience	2002	J. C. López
<i>Steinernema</i> sp. (SNI)	Colombia	CENICAFÉ	2002	J. C. López
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Hb2)	Colombia	CENICAFÉ	2002	J. C. López
<i>Steinernema arenarium</i> (Artyukhovsky, 1967); (Sa)	Rusia	E-NEMA	Jun - 03	R-H. Ehlers
<i>Steinernema feltiae</i> (Sf2)	Alemania	E-NEMA	Jun - 03	R-H. Ehlers
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Hb3)	Alemania	E-NEMA	Jun - 03	R-H. Ehlers

* Fecha desde la cual se tiene el aislamiento en el CIAT.

donde los factores fueron los aislamientos de NEPs y la edad de la larva tres. El testigo absoluto solo recibió agua destilada estéril. Se trabajó con 12 individuos. La dosis empleada fue de 10.000 JI/larva. Las evaluaciones se realizaron 10 días después de la infección. En el primer experimento se consideraron los aislamientos como un factor y en el segundo y tercer experimento los factores fueron los aislamientos de NEPs y la edad del tercer instar.

Inicialmente se evaluaron nueve aislamientos. Estos comprendían aislamientos nativos e introducidos de diversas especies. Posteriormente se evaluaron siete de estos y finalmente, se hizo una evaluación con cinco aislamientos, seleccionándolos del segundo y tercer experimento por ocasionar la mayor mortalidad en las pruebas previas. Además, por su amplio uso para el manejo de diversidad de plagas, *S. carpocapsae* (Sc) se utilizó para el segundo experimento. El aislamiento *S. feltiae* de Colombia (Sf1) se seleccionó en el segundo y tercer experimento, por ser nativo, por lo cual se considera importante compararlo con las especies de *H. bacteriophora* Poinar, 1975 (Hb) nativas e introducidas. *S. riobravus* Cabanillas, Poinar y Raulston, 1994 proveniente de Estados Unidos (Sr) se seleccionó por ser una especie usada comercialmente en el mundo. Además, estas especies presentaron la mejor reproducción *in vivo* durante este estudio, característica importante para un controlador. La evaluación en diferentes edades se realizó para determinar el efecto de la madurez de las larvas tres sobre la patogenicidad de los NEPs.

Se evaluaron las variables infección y mortalidad, para ambos casos se disectaron larvas vivas y muertas del insecto para verificar la presencia de NEPs en su interior. Se consideró que hubo infección para las larvas vivas o muertas si se encontraron nematodos en su interior; y se consideró mortalidad por nematodos cuando el nematodo se encontraba dentro de la larva muerta. Durante el experimento no se encontraron larvas muertas que no estuvieran parasitadas por nematodos.

La unidad experimental consistió en un vaso plástico de 56 ml con tapa, con suelo-arena estéril en proporción (3:1), donde se aplicó 1 ml de la suspensión de nematodos y 3 ml de agua destilada estéril (ADE) para ajustar la humedad a capacidad de campo. En el experimento se aplicaron los NEPs un día después de colocar la larva con un pedazo de zanahoria (3,5 g) como alimento. Las unidades así constituidas

se mantuvieron en un cuarto de crecimiento en condiciones controladas ($23 \pm 2^\circ\text{C}$ y $70 \pm 5\%$ de H.R.).

Análisis Estadístico. Se hizo un análisis de varianza con separación de medias para las variables significativas (Tukey $P \leq 0.05$) con ayuda del paquete estadístico Infostat (2009), con una transformación previa utilizando la fórmula $\sqrt{x+1}$ para corregir el efecto de valores cero en los datos y facilitar el análisis estadístico y la expresión del efecto de los tratamientos. Para las gráficas se utilizaron los datos en porcentaje, considerando el promedio de las cuatro repeticiones; la variabilidad de la distribución (como medida de dispersión) respecto de su media, se calculó tomando las desviaciones al cuadrado (varianza).

Resultados y Discusión

En el primer experimento se encontró el mayor rango de infección para *H. bacteriophora*: Hb2 (CENICAFÉ) y Hb1 (Italia) ($F_{8,24} = 28,16$; $P \leq 0,0001$) y *S. feltiae* (Sf1) (Fig. 1). Las infecciones más bajas corresponden a las especies de *Steinernema*: SN1; Sr; Sa; Sc; Sf2. La mortalidad ($F_{8,24} = 49,45$; $P \leq 0,0001$) fue mayor con el aislamiento nativo de CENICAFÉ (Hb2) (Fig. 1). Según Klein (1990, 1993) generalmente el complejo de especies de *Heterorhabditis* resulta más virulento que los de *Steinernema*; sin embargo, en una evaluación hecha sobre *P. bicolor* frente a la especie *S. scarabaei* (Stock y Köppenhöfer, 2003), aplicándole concentraciones menores, se observaron altas mortalidades. Esta nueva especie de *Steinernema* ha mostrado ser promisorio para el manejo de diversas especies de chisas (Köppenhöfer y Fuzy 2004; Melo *et al.* 2006).

En el segundo experimento donde se evaluaron siete aislamientos, los NEPs del género *Heterorhabditis* fueron los más infectivos: Hb3; Hb1 y Hb2 ($F_{6,18} = 21,26$; $P < 0,0001$), y los que produjeron mayor mortalidad fueron Hb3; Hb2; Hb1 ($F_{6,18} = 23,01$; $P < 0,0001$) (Fig. 2). Además al comparar el efecto del tiempo sobre estas dos variables, se observa que en la segunda evaluación los valores bajaron significativamente así, la infección pasó de 52,38% a 33,63%; ($F_{1,48} = 13,51$; $P < 0,0001$); la mortalidad pasó de 38,99% a 26,49%, ($F_{6,48} = 7,15$; $P < 0,0102$); del mismo modo, el comportamiento de los aislamientos en estos dos tiempos para las chisas de tercer

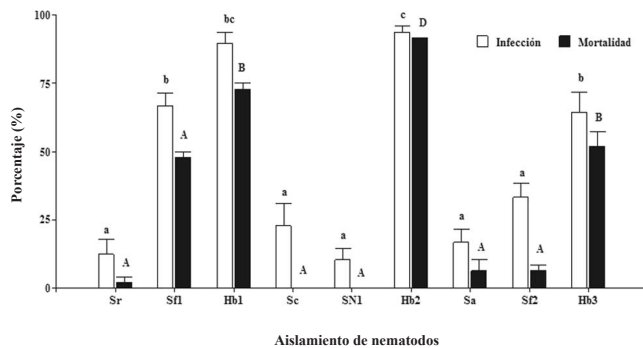


Figura 1. Porcentaje de infección y mortalidad de nueve aislamientos de NEPs sobre *Phyllophaga bicolor*. Sr: *Steinernema riobravus*; Sf1: *S. feltiae*; Hb1: *Heterorhabditis bacteriophora* (Italia); Sc: *S. carpocapsae*; SNI: *Steinernema* sp.; Hb2: *H. bacteriophora* (Cenicafé); Sa: *S. arenarium*; Sf2: *S. feltiae* (Alemania); Hb3: *H. bacteriophora* (Alemania). Se incluyen sobre las barras el Error Estándar. Porcentajes seguidos de la misma letra no muestran significancia; minúsculas = infección, mayúsculas = mortalidad.

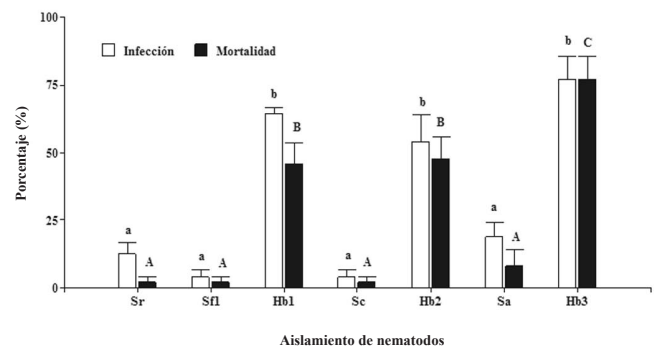


Figura 2. Porcentaje de infección y mortalidad de siete aislamientos de NEPs sobre *Phyllophaga bicolor*. Sr: *Steinernema riobravus*; Sf1: *S. feltiae*; Hb1: *Heterorhabditis bacteriophora* (Italia); Sc: *S. carpocapsae*; Hb2: *H. bacteriophora* (Cenicafé); Sa: *S. arenarium*; Hb3: *H. bacteriophora* (Alemania). Se incluyen las barras el Error Estándar. Porcentajes seguidos de la misma letra no muestran significancia; minúsculas = infección, mayúsculas = mortalidad.

instar, Hb, tanto en infección ($\bar{x} = 73,95\%$) ($F_{6,48} = 18,77$; $P < 0,0001$) como en mortalidad ($\bar{x} = 64,58\%$) ($F_{6,18} = 33,47$; $P < 0,0001$) fueron más patógenos que los de *Steinernema* ($\bar{x}$ Inf = 19,8%; $\bar{x}$ Mort: 8,85%). Esto es coherente con lo hallado en los estudios de Melo *et al.* (2007) y Koppenhöfer y Fuzy (2004), donde un incremento en la edad de las chisas *P. menetriesi*, *Anomala inconstans* Burmeister, 1844, *P. japonica* y *A. orientalis* Waterhouse, 1875, disminuyó la efectividad de *H. bacteriophora*.

Al analizar con cinco aislamientos de NEPs, frente a la edad de la larva tres se obtuvieron datos constantes a través del tiempo, al presentarse disminución de la infección y mortalidad con la madurez de ésta (Inf.: de 65,42% a 29,17%; Mort.: de 53,33% a 27,92%). Los aislamientos de *Heterorhabditis* se destacan frente a los otros en infección ($F_{4,12} = 31,26$; $P \leq 0,0001$). Los resultados fueron similares para la mortalidad ($F_{4,12} = 27,44$; $P \leq 0,0001$) (Fig. 3).

Finalmente se comparó la infección ($F_{2,45} = 40,60$; $P \leq 0,0001$) y mortalidad en las tres edades ($F_{2,45} = 29,26$; $P \leq 0,0001$) (Fig. 4), los mayores valores se obtuvieron para las larvas más jóvenes siendo ésta la mejor edad para controlar la plaga con los NEPs; en la interacción de estos dos factores en estudio, edad y aislamientos, las cepas más infectivas fueron

las de *H. bacteriophora* presentándose datos tan contrastantes como 93,7% para Hb2 en las larvas más jóvenes, seguidos de Hb1 en la misma edad y por Hb3 en la edad intermedia frente a Sf1 (4,14% y 8,33% en la edad más avanzada y la intermedia, respectivamente) ($F_{8,45} = 7,64$; $P \leq 0,0001$) al igual que en la infección, la que produjo más mortalidad fue la de Hb2 en las larvas más jóvenes (91,7%) y la de menor mortalidad fue Sf1 (2,1%) en la edad intermedia, compartiendo rango con Sr para las tres edades ($F_{8,45} = 11,13$; $P \leq 0,0001$) el aislamiento nativo Hb2 mostró ser más efectivo para controlar esta plaga.

Se observa que a medida que la larva del tercer instar aumenta la edad, la infección y mortalidad disminuyen, sin embargo los nematodos de la especie *H. bacteriophora*, muestran ser más efectivos lo que puede deberse, entre muchas causas, a que posee un diente que le facilita el ingreso por cualquier parte de la cutícula de la chisa sin depender el ingreso exclusivamente de sus orificios naturales, como espiráculos, boca y ano; no obstante, esta característica podría enfrentarlo eventualmente a dificultades como la reacción inmunológica a los nematodos. Los resultados soportan el supuesto de que las larvas con la edad se hacen más fuertes

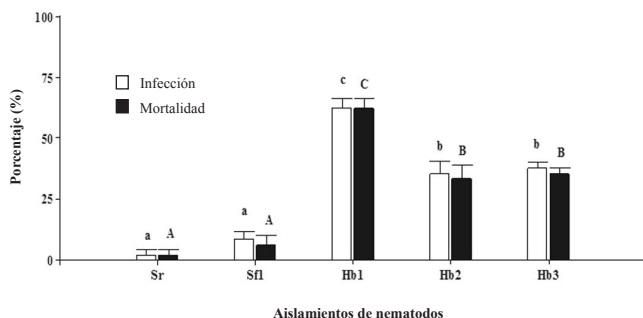


Figura 3. Porcentaje de infección y mortalidad promedio de larvas de tercer instar de *Phyllophaga bicolor* con cinco aislamientos de NEPs en tres tiempos. Se incluyen las barras el Error Estándar. Porcentajes seguidos de la misma letra no muestran significancia; minúsculas = infección, mayúsculas = mortalidad.

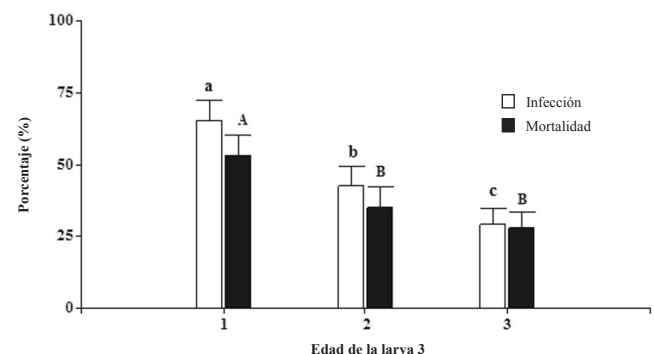


Figura 4. Porcentaje de infección y mortalidad de cinco aislamientos de NEPs sobre larvas III de *Phyllophaga bicolor* en tres tiempos. 1= larvas III de un mes; 2= larvas III de dos meses; 3= larvas III de tres meses. Se incluyen las barras el Error Estándar. Porcentajes seguidos de la misma letra no muestran significancia; minúsculas = infección, mayúsculas = mortalidad.

al ataque de los NEPs. En experimentos hechos por Melo *et al.* (2006) se observó que las prepupas eran más resistentes al efecto de los nematodos que larvas más jóvenes y Koppenhöfer y Fuzy (2004) encontraron en otros géneros de chisas el mismo comportamiento, aunque resultados específicos sobre el efecto de los nematodos sobre el mismo ínstar a diferentes edades no se han reportado antes. Algunos de los aspectos que pueden estar influyendo en el efecto de los NEPs es el hecho de poseer placas sobre los espiráculos que impiden la penetración del patógeno; la frecuente defecación, en la que se expulsa a los nematodos; el poseer un comportamiento defensivo y evasivo, en los cuales rompen los nematodos con las mandíbulas, además que se desplazan rápidamente cuando se ven atacados; una fuerte respuesta inmune asociada a la edad, donde estados más desarrollados pueden eliminar patógenos invasores, y por último la cutícula en Larva III es muy gruesa lo cual dificulta ser penetrada (Kaya 1985; Jackson y Brooks 1995; Koppenhöfer *et al.* 2004).

Como otros insectos del suelo, las chisas están expuestas a ser atacadas por los nematodos entomopatógenos y muchos de éstos han sido aislados naturalmente de estas larvas. Sin embargo al coevolucionar con estos patógenos, las chisas han desarrollado varios mecanismos de resistencia en su comportamiento y una fuerte respuesta inmune (Klein 1990, 1993; Peters 1996; Shapiro-Ilan *et al.* 2002). Adicionalmente, la efectividad de los entomopatógenos sobre los insectos está sujeta a su interacción con el ambiente y su variación, lo que también entra a jugar un papel importante en esta relación (Shannon 1994; Shannon y Carballo 1996).

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Cooperación Económica (BMZ) de Alemania y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los autores agradecen a Germán Andrés Calberto, Rodrigo Zúñiga, Oscar Yela y Rómulo Riascos por el suministro y mantenimiento del material insectil.

Literatura citada

- CIAT. 2004. Soil pests-Cassava and other crops, pp. 116-165. En: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Annual Report. Integrated pest and disease management in major agroecosystems. Cali, Colombia. 417 p.
- FORSCHLER, B. T.; GARDNER, W. A. 1991. Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. *Journal of Economic Entomology* 84 (3): 841-843.
- GAUGLER, R.; CAMPBELL, J. F.; SELVAN, S.; LEWIS, E. E. 1992. Large-scale inoculative releases of entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri*: assessment 50 years later. *Biological Control* 2: 181-187.
- GAUGLER, R.; WANG, Y.; CAMPBELL, J. F. 1994. Aggressive and evasive behaviours in *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae: defences against entomopathogenic nematode attack. *Journal of Invertebrate Pathology* 64: 193-199.
- GEORGIS, R.; GAUGLER, R. 1991. Predictability in biological control using entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology* 84: 713-720.
- GLASER, R. 1932. Studies on *Neoaplectana glaseri*, a nematode parasite of the Japanese beetle (*Popillia japonica*). New Jersey Department of Agriculture. Circular 211. Trenton, NJ. 34 p.
- INFOSTAT. 2009. Manual del usuario. Grupo INFOSTAT, FCA., Universidad Nacional de Córdoba. 1 Ed. Editorial Brujas, Argentina. 318 p.
- JACKSON, T. A. 1993. Developing microbial controls for scarab pest. En: Diversidad y manejo de plagas subterráneas. Memorias de la IV mesa redonda sobre plagas subterráneas 14 y 15 de Octubre, Instituto de Ecología, AC. Xalapa, Veracruz, México. Sociedad Mexicana de Entomología, AC. Instituto de Ecología. AC. 261 p.
- JACKSON, J. J.; BROOKS, M. A. 1995. Parasitism of western corn rootworm larvae and pupae by *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Nematology* 27 (1): 15-20.
- KAYA, H. K. 1985. Susceptibility of early larval stages of *Pseudaletia unipuncta* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 46: 58-62.
- KLEIN, M. G. 1990. Efficacy against soil-inhabiting insects pests, pp. 195-214. En: Gaugler, R.; Kaya, H. K. (Eds.), *Entomopathogenic nematodes in biological control*. CRC. Press, Boca Raton, Florida. 365 p.
- KLEIN, M. G. 1992. Use of *Bacillus popilliae* in Japanese beetle control, pp. 179-190. En: Jackson, T. A.; Glare, T. R. (Eds.). *Use of pathogens in scarab pest management*. Intercept Andover. Hampshire, England. 298 p.
- KLEIN, M. G. 1993. Biological control of scarabs with entomopathogenic nematodes, pp. 49-57. En: Bedding, R.; Akhurst, R.; Kaya, H. (Eds.). *Nematodes and the biological control of insects*. CSIRO, East Melbourne.
- KOPPENHÖFER, A. M.; FUZY, E. M. 2004. Effect of white grubs developmental stage on susceptibility to entomopathogenic nematodes. *Journal of the Entomological Society of America* 97 (6): 1842-1849.
- KOPPENHÖFFER, A. M.; FUZY, E. M.; CROCKER, R. L.; GELERTNER, W. D.; POLAVAPARU, S. 2004. Pathogenicity of *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema glaseri*, and *S. scarabaei* (Rhabditida: Heterorhabditidae, Steinernematidae) against 12 white grubs species (Coleoptera: Scarabaeidae). *Bio-control Science and Technology* 14 (1): 87-92.
- LACEY, L. A.; BETTENCOURT, R.; GARRETT, F. J.; SIMÕES, N. J.; GAUGLER, R. H. 1993. Factors influencing parasitism of adult Japanese beetles, *Popillia japonica* (Col.: Scarabaeidae) by entomopathogenic nematodes. *Entomophaga* 38 (4): 501-509.
- LONDOÑO, M. 2001. Las chizas y su manejo, hortalizas, plagas y enfermedades. Corpoica-Sociedad Colombiana de Entomología. Rionegro. p. 36-47.
- MELO, E. L.; ORTEGA, C. A.; GAIGL, A.; KOPPENHÖFER, A.; BELLOTTI, A. C. 2006. Evaluación de patogenicidad e infección de la nueva especie *Steinernema scarabaei* Stock & Koppenhöfer (Rhabditida: Steinernematidae), sobre la chisa rizófaga *Phyllophaga pos. Bicolor*, pp. 127-136. En: Parada, S. J.C.; Luque, J. E.; Piedrahita, C. W. de J. (Eds.). *Nematodos entomoparásitos: experiencias y perspectivas*. Editorial Unibiblos. 193 p.
- MELO, E. L.; ORTEGA-OJEDA, C. A.; GAIGL, A. 2007. Efecto de nematodos sobre larvas de *Phyllophaga menetriesi* y *Anomala inconstans* (Coleoptera: Melolonthidae). *Revista Colombiana de Entomología* 33(1): 21-26.
- ORTEGA, C. A. 2005. Estudios metodológicos para evaluar el impacto económico de escarabajos Melolonthidae (Insecta: Coleoptera) en tres cultivos tropicales. Trabajo de grado de Master en Ciencias en Fitoprotección. Escuela Politécnica del Ejército. Quito, Ecuador. 109 p.
- PARDO-LOCARNO, L. C. 2002. Aspectos sistemáticos y bioecológicos del complejo chisa (Col. Melolonthidae) de Caldon, Norte del Cauca, Colombia. Trabajo de grado de Maestría en Biología. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Santiago de Cali. 145 p.

- PETERS, A. 1996. The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insects populations. *Bio-control Science and Technology* 6: 389-402.
- POSADA, O. L. 1993. Las chisas, sus enemigos naturales y recomendaciones sobre su manejo. *Agricultura Tropical* 30 (3): 71-79.
- RESTREPO-GIRALDO, H.; LÓPEZ-ÁVILA, A. 2000. Especies de chisas (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. 62 p.
- SHANNON, P. J. 1994. Control microbiano de *Phyllophaga* spp. (Col: Melolonthidae), pp. 80-92. En: Memoria Seminario - Taller sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. Informe Técnico No. 277. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- SHANNON, P.; CARBALLO, M. 1996. Biología y control de *Phyllophaga* spp., pp. 80-93. En: Seminario-Taller Centroamericano sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. Serie Técnica. Informe Técnico 227. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- SHAPIRO-ILAN, D. I.; GOUGE, D. H.; KOPPENHÖFER, A. M. 2002. Factors affecting commercial success: case studies in cotton, turf and citrus, pp. 333-355. En: Gaugler, R. (Ed.). *Entomopathogenic nematology*. CAB International. Wallingford.
- VILLANI, M. G.; WRIGHT, R. J. 1988. Entomogenous nematodes as biological control agents of European chafer and Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae infesting turfgrass. *Journal of Economic Entomology* 81 (2): 484-487.

Recibido: 25-jun-2009 • Aceptado: 24-jul-2010

Determination of the median lethal concentration (LC₅₀) of mycoinsecticides for the control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)

Determinación de la concentración letal media (CL₅₀) de micoinsecticidas para el control de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)

FLÁVIA QUEIROZ DE OLIVEIRA¹, JACINTO DE LUNA BATISTA², JOSÉ BRUNO MALAQUIAS³,
DALVA MARIA ALMEIDA⁴ and ROBÉRIO DE OLIVEIRA⁵

Abstract: The aim of this study was to determine the median lethal concentration (LC₅₀) of the commercial products Boveril WP® (*Beauveria bassiana*) and Metarril WP® (*Metarhizium anisopliae*) on the larvae and pupae of the fruit fly, *Ceratitis capitata*. Insects used in this study came from a laboratory colony. The evaluated product concentrations were 10.00, 15.00, 20.00 and 25.00 g/L of water, which correspond, respectively, to 5.00x10⁹, 7.50x10⁹, 10.00x10⁹ and 12.50x10⁹ viable conidia/L of water for the two products, and in the control only water was applied. Third instar larvae and pupae of *C. capitata* were used in this study. Results showed an overall mortality of larvae with all conidial concentrations of *M. anisopliae*. The LC₅₀ values for larvae were 2.99 and 2.97 g/L for Boveril® and Metarril®, respectively, while for pupae they were 3.12 and 4.74 g/L for Boveril® and Metarril®, respectively. The high pathogenicity demonstrated by lower conidial concentrations of the tested products may mean greater efficiency from both economic and environmental points of view.

Key words: Mycoinsecticides. Mediterranean fruit fly.

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar la concentración letal media (CL₅₀) de los productos comerciales Boveril WP® (*Beauveria bassiana*) y Metarril WP® (*Metarhizium anisopliae*) para el control de larvas y pupas de la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata*. Los insectos utilizados en el experimento provinieron de una cría de laboratorio. Las concentraciones de los productos evaluados fueron: 10,00; 15,00; 20,00 y 25,00 g/L de agua, lo que corresponde, respectivamente, a 5,00x10⁹; 7,50x10⁹; 10,00x10⁹; 12,50x10⁹ conidias viables/L de agua para los dos productos; en el control sólo se aplicó agua. Se usaron larvas de tercer estadio y pupas de *C. capitata*. Se registró la mortalidad general de las larvas de tercer instar en todas las concentraciones de conidios de *M. anisopliae*. Los valores de CL₅₀ para las larvas fueron 2,99 y 2,97 g/L para Boveril® y Metarril®, respectivamente, mientras que para las pupas fueron 3,12 y 4,74 g/L para Boveril® y Metarril®, respectivamente. La alta patogenicidad demostrada en una baja concentración de conidios de los productos probados, indica una mejor eficiencia desde el punto de vista económico y ambiental.

Palabras clave: Micoinsecticidas. Mosca mediterránea de la fruta.

Introduction

The fruit cultivation has stood out as an excellent agricultural activity in the irrigated areas from northeastern Brazil. The fruit cultivation for export has shown promise, but the occurrence of fruit flies is one of the limiting factors for achieving success in this activity (Carvalho and Nascimento 2002), in addition, it has been verified a growing increase in the frequency of these insects, as a result of the natural dispersion processes or the unintentional transport of infested fruit from one region to another.

The mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), is considered cosmopolitan, infesting more than 250 host plant species widely distributed in South America (Gallo *et al.* 2002). The indiscriminate use of pesticides to control fruit flies causes a serious ecological imbalance and triggers the emergence of other pest populations by eliminating natural enemies, and lead to human and environmental infection. The biological control

of fruit flies interacts with a set of integrated management strategies meeting the demands of consumer markets (Oliveira 2010). Biological control can serve as a tool available to the producer to control this pest, resulting in fruit with lower levels of pesticide residues and lesser impact on the environment (Oliveira *et al.* 2010a).

The entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bal-samo) Vuill and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok. are well-known and being used worldwide as biocontrol agents of many agricultural pests, they have potential to control several insects of different orders (Bridge *et al.* 1990; Alves 1992; Pereira *et al.* 1993; Silva 2001). The use of entomopathogenic fungi for pest control can be alternative candidates to solve the problems of resistance (Omoto *et al.* 1994). The microbial control of fruit flies can be a process that can partially replace other control methods in integrated management programs for these insects, especially the use of agrochemicals, presenting economic and environmental advantages for tropical fruit (Oliveira *et al.* 2010b).

¹ M. Sc. Student in Environmental Science & Technology of Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Brazil. Bodocongó, Campina Grande, Paraíba, Brazil. Cep.: 58.100-001. flavinha2010@ibest.com.br. Corresponding autor. ² Ph. D. Professor of Entomology of Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Departamento de Fitotecnia, campus II/Areia-PB. Paraíba, Brazil. Cep.: 58397-000. jacinto@cca.ufpb.br. ³ M. Sc. Student in Entomology of Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq)/Universidade São Paulo (USP), Brazil. Rua Santos Dumont, Vila Independência, Piracicaba, São Paulo, Brazil. Cep.: 13418-120. jbmalaquias@ig.com.br. Corresponding author. ⁴ Agronomy Student (UFPB). Departamento de Fitotecnia, campus II/Areia-PB. Paraíba, Brazil. Cep.: 58397-000. dalvaalmeida@hotmail.com. ⁵ M. Sc. Student in Agronomy (UFPB). Departamento de Fitotecnia, campus II/Areia-PB. Paraíba, Brazil. Cep.: 58397-000. roberio_b19@yahoo.com.br.

Information about effects of different concentrations of commercial products produced by these entomopathogenic micro-organisms in the mortality of immature stages of Tephritidae are still very incipient, this way, this study aims at determining the mean lethal concentration (LC₅₀) of the fungal commercial products Boveril WP® (*Beauveria bassiana*) and Metarril WP® (*Metarhizium anisopliae*), on the larvae and pupae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) as a first step towards effective mycoinsecticidal control of this destructive pest.

Materials and Methods

Insects. The research was carried out in the Entomology Laboratory of the Plant Department, Universidade Federal da Paraíba - UFPB/CCA, Areia-PB. The *C. capitata* fruit flies were obtained from the Entomology Laboratory rearing from CCA-UPFB, Areia-PB. The larvae were fed with artificial diet consisting of beer yeast (120 g), raw carrot (600 g) and Nipagin (5 g). Adult flies were kept in cages and fed daily with a solution of 25% honey in water, provided in cotton placed on top of the cage (50x50x60 cm) during the oviposition period. All stages were kept at 25 ± 2°C, 12 h of photophase and relative humidity of 80 ± 10%.

Bioassay. In this study, the commercial fungal products used were for *B. bassiana* and *M. anisopliae*, (Boveril WP® and Metarril WP® respectively) (ITAFORTE Bioproducts Company, Brazil). The concentrations used were 10.00, 15.00, 20.00 and 25.00 g/L of water, which is equivalent to a minimum of 5.00x10⁹; 7.50x10⁹; 10.00x10⁹ and 12.50x10⁹ viable conidia/L of water from each product, and de H₂O was used for control (0.0 g/L of water). The viability of isolated evidence of pathogenicity and virulence were evaluated according to the method described by França *et al.* (2006). In the viability test two Petri dishes containing PDA (potato dextrose agar) as culture media were used, incubated in BOD at 25 ± 2°C, 12 h of photophase and relative humidity of 80 ± 10% for 24 hours, later to perform readings in a light microscope by determining the percentage of germinated and not germinated. To test the pathogenicity and virulence of the isolates used in this study, there was a bioassay spraying a suspension of 5.00x10⁹ conidia/L, 25 larvae of *C. capitata* first instar for each species of fungus, these larvae were used because are highly susceptible to entomopathogenic stage and due to its ease of laboratory rearing (Oliveira 2010; Oliveira *et al.* 2010b).

Larvae were kept on artificial diet in Petri dishes, while pupae were subjected to substrate containing washed sand. Fungal suspensions of each concentration from either fungal product were topically applied with the deposition of 5 µl of the suspensions of the fungi on the whole larvae or pupae using micro-spray, later the insects were transferred to Petri dishes lined with filter paper, at 25 ± 2°C, 12 h of photophase and relative humidity of 80 ± 10%. To ensure fungal effect, mortality of treated larvae or pupae was verified eight days post-fungal application in each concentration of either fungi. The mortality was confirmed by sporulation. Mortality was then calculated and compared to a control (un-treated) group using the suitable statistical analysis.

Statistical analysis. The experimental design was completely randomized for five replicates (20 insects each) (larvae or

pupae) for each concentration from each fungus. However mortality data (%), presented in the figure, were corrected by Abbott's formula $Ma = (Mt - Mc) / (100 - Mc) \times 100$, where Ma = mortality corrected for control treatment; Mt = mortality observed in dealing with the mycoinsecticides and Mc = mortality observed in the control treatment (Abbott 1925). Data were analyzed by probit analysis (Finney 1971) (SAS Institute Inc. 2003), and significance was assessed by the degree of overlap of 95% CL, i.e.

Results and Discussion

The entomopathogenic fungi have affected the mortality of *C. capitata*. A high mortality of larvae and pupae at all concentrations of conidia of *M. anisopliae* and *B. bassiana* was recorded (Fig. 1). None of the concentrations of conidia of both products adopted in this study provided a lower mortality LC₅₀ (Fig. 1, Table 1).

The values of LC₅₀ for larvae were 2.99 g/L and 2.97 g/L products Boveril® and Metarril®, respectively, while the pupae were 3.12 g/L and 4.74 g/L products Boveril® and Metarril®, respectively (Table 1). The lower concentrations needed to obtain the LC₅₀ for larvae perhaps are associated with an increased exposure route of infection, in case, coat and digestive tract of the insect fungal spores contained in the fungal solution. The results shown in this study are similar to those reported by Loureiro and Moino Jr. (2006) about the total mortality caused by *B. bassiana* in aphids, *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) and *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphidae) and to these of Almeida *et al.* (2007) on *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) (Hemiptera: Aphidae). In fact, we reported in this study high levels of mortality in all concentrations applied both for specimens that received conidia of *B. bassiana* and *M. anisopliae* (Fig. 1). The value found by Loureiro and Moino Jr. (2006) of LC₅₀ of Boveril® (*B. bassiana*) in aphids was 0.233 g/L.

Entomopathogenic fungi can be used in programs to control *C. capitata* through the application in the soil against their larvae and pupae, offering great advantages because it allows the multiplication of pathogens in agroecosystems. Mochi *et al.* (2006) found that the application of conidial suspension of *M. anisopliae* on the soil surface has provided a decrease in the survival of the pupal and adult phase of *C. capitata*. According to Onofre *et al.* (2002) this is a promising alternative

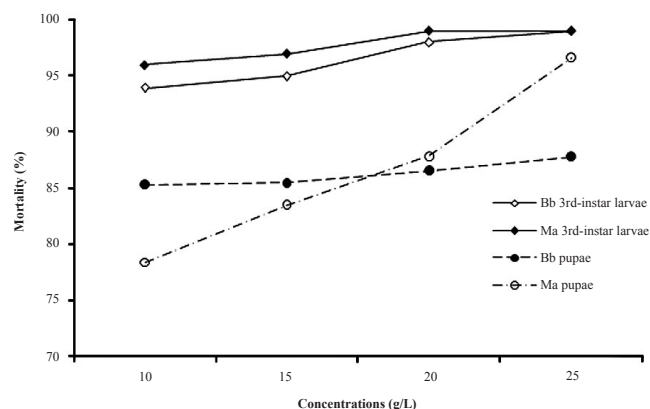


Figure 1. Average mortality of 3rd-instar larvae and pupae of *Ceratitis capitata* treated topically (n = 100) with *Beauveria bassiana* (Bb) and *Metarhizium anisopliae* (Ma).

Table 1. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to third instar larvae and pupae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) via topical exposure at $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 12h of photophase and relative humidity of $80 \pm 10\%$. The value of each χ^2 refers the probability of the angular coefficient > 0 . LC - values and slopes (in g/L) were estimated by probit procedure (SAS Institute Inc., 2003). Values followed by the same letter within row are not significantly different if their 95% CL overlap.

Fungi	Stage	Slope $\pm$ SE	LC ₅₀ (95%FL)	χ^2 ; P
<i>B. bassiana</i>	3rd-instar larvae	1.11 $\pm$ 0.23	2.99 (2.33 – 3.48) a	63.45; 0.0001
<i>M. anisopliae</i>		1.03 $\pm$ 0.03	2.97 (2.44 – 3.37) a	80.05; 0.0001
<i>B. bassiana</i>	Pupae	1.76 $\pm$ 0.34	3.12 (2.80 – 3.43) b	179.10; 0.0001
<i>M. anisopliae</i>		1.63 $\pm$ 0.42	4.74 (3.08 – 5.25) c	98.66; 0.0001

for controlling fruit flies, as they are known to be pathogenic to Diptera like African fly tsé-tsé *Glossina morsitans morsitans* Westwood, 1851 (Diptera: Glossinidae) (Kaaya and Munyinyi 1995), *C. capitata* (Castillo *et al.* 2000; Ekesi *et al.* 2002; Dimbi *et al.* 2003; Alves *et al.* 2004; Mochi *et al.* 2006) and *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) (Steinkraus *et al.* 1990).

The results of this study encourage the use of *B. bassiana* and *M. anisopliae* as a further measure of *C. capitata* control, because the larvae present in infested fruits lying on the ground represent a great advantage in the multiplication of entomopathogenic microorganisms and in preventing the spread of these insects in the field. Results obtained by Reys (2003) on the effect of the *M. anisopliae* on the larvae of Mexican fly, *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae), revealed high levels of pathogenicity of the *M. anisopliae* to larvae of this insect pest. Quesada-Moraga *et al.* (2006) observed lethal suspensions of *B. bassiana* and *M. anisopliae* in *C. capitata*, causing mortality in adult *C. capitata*, ranging from 30 to 100%. Dimbi *et al.* (2003), reported an overall mortality of adult *C. capitata*, *C. rosa* variety fasciventris Karsch and *C. cosyra* (Walker, 1849) (Diptera: Tephritidae) submitted applications with low concentrations of conidia of *B. bassiana* and *M. anisopliae*.

The high pathogenicity levels demonstrated in lower conidial concentrations of the tested products, means a better efficiency from the point of economy and environment. The alternate application of spray products mycoinsecticides increases the possibility of success, because the entomopathogenic fungi are more susceptible to the action of adverse environmental factors such as high temperature, low humidity and high incidence of UV that can occur after each spraying, thus jeopardizing its survival in the environment (Ignoffo 1992; Grijalba *et al.* 2009). Moreover the efficiency spraying as it allows lower costs to the products and also through the use of low conidia concentrations of *B. bassiana* and *M. anisopliae* can enhance the selectivity of these organisms to the complex of natural enemies involved in agroecosystems.

Acknowledgements

The authors thank the Brazilian agency Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for support. They also express their appreciation to two anonymous experts for reviews of the manuscript.

Literature cited

ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.

- ALMEIDA, G. B.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; HOLTC, A. M.; VICENTINI, V. B. 2007. Determinação da concentração letal média (CL₅₀) de *Beauveria bassiana* para o controle de *Brevicoryne brassicae*. *Idesia* 25: 69-72.
- ALVES, S. B. 1992. Perspectivas para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27: 77-86.
- ALVES, S. B.; ROSSI, L. S.; WALDER, J. M.; VIEIRA, S. A. 2004. Avaliação de fungos entomopatogênicos para *Ceratitis capitata*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 72: 31-38.
- BRIDGE, P. D.; ABRAHAM, Y. J.; CORNISH, M. C.; PRIOR, C.; MOORE, D. 1990. The chemotaxonomy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) isolated from coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Mycology* 111: 85-90.
- CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, A. S. 2002. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae), pp. 165-179. In: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. M.; Correa-Ferreira, B.; Bento, J. M. S. Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores Editora Manole. 609 p.
- CASTILLO, M. A.; MOYA, P.; HERNÁNDEZ, E.; PRIMO-YÚFERA, E. 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedmann (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extracts. *Neotropical Entomology* 19: 274-282.
- DIMBI, S.; MANIANIA, N. K.; LUX, S. A.; EKESI, S.; MUEKE, J. K. 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit by species: *Ceratitis capitata* (Weidemann), *C. rosa* var. fasciventris Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae). *Mycopathologia* 156: 375-382.
- EKESI, S.; MANIANIA, N. K.; LUX, S. A. 2002. Mortality in three african tephritid fruit by puparia and adults caused by the entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science Technology* 12: 7-17.
- FINNEY, D. J. 1971. Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge University Press. Cambridge. 246 p.
- FRANÇA, I. W. B.; MARQUES, E. J.; TORRES, J. B.; OLIVEIRA, J. V. 2006. Efeitos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre o percevejo predador *Podisus nigripisnus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 35: 349-356.
- 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, 920 p.
- GRIJALBA, B.; VILLAZAR, E. P.; COTES, A. M. 2009. Evaluación de la estabilidad de *Paecilomyces* sp. y *Beauveria bassiana* frente a la radiación ultravioleta. *Revista Colombiana de Entomología* 35 (1): 1-6.
- IGNOFFO, C. M. 1992. Environmental factors affecting persistence of entomopathogens. *Florida Entomologist* 75: 516-525.

- KAAYA, G. P.; MUNYINYI, D. M. 1995. Biocontrol potential of the entomogenous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for tsetse flies (*Glossina* spp.) at developmental sites. *Journal of Invertebrate Pathology* 66: 237-241.
- LOUREIRO, E. S.; MOINO JR., A. 2006. Patogenicidade de fungos hifomicetos aos pulgões *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* 35: 660-665.
- MOCHI, D. A.; MONTEIRO, A. C.; BORTOLI, A. S.; DÓRIA, H. O. S.; BARBOSA, J. C. 2006. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in soil with different pesticides. *Neotropical Entomology* 35: 382-389.
- OLIVEIRA, F. Q. 2010. Biological control of fruit flies. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 5: 23-30.
- OLIVEIRA, F. Q.; MALAQUIAS, J. B.; FERREIRA, L. L.; RIBEIRO, T. S.; PEREIRA, A. I. A. 2010a. Efficacy of molasses and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill on the control of *Cosmopolites sorditus* Germar, 1824. *Engenharia Ambiental (Unipinhal)* 7: 127-132.
- OLIVEIRA, F. Q.; BATISTA, J. L.; MALAQUIAS, J. B. 2010b. Biological control of fruit flies with entomopathogenic fungi, pp. 187-192. In: Seabra, G.; Novaes da Silva, J. A.; Mendonça, I. T. L. (eds). *A Conferência da Terra Fórum Internacional do Meio Ambiente*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB.
- OMOTO, C.; DENNEHY, C. J.; MCCOY, C. W.; CRANE, S. E.; LONG, J. W. 1994. Detection and characterization of the interpopulation variation of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) resistance to dicofol in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 87: 566-572.
- ONOFRE, S. B.; VARGAS, L. R. B.; ROSSATO, M.; BARROS, N. M.; BOLDO, J. T.; NUNES, A. R. F.; AZEVEDO, J. L. 2002. Controle biológico de pragas na agropecuária por meio de fungos entomopatogênicos, pp. 297-347. In: Serafini, L. A.; Barros, N., M., Azevedo, J. L. (eds.) *Biotechnology na agricultura e na agroindústria*. Guaíba. Livraria e Editora Agropecuária 463pp.
- PEREIRA, R. M.; STIMAC, J. L.; ALVES, S. B. 1993. Soil antagonism affecting the dose-response of workers of the red imported fire ant *Solenopsis invicta*, to *Beauveria bassiana* conidia. *Journal Invertebrate Pathology* 61: 156-161.
- QUESADA-MORAGA, E.; RUIZ-GARCIA, A.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 26: 1955-1966.
- REYS, E. G. 2003. Effect de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo, sobre la patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) em larvas de *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). Tesis Doctorado em Ciencias: Biotecnología. Universidad de Colima. 165 p.
- SAS/STAT User's Guide, (2003). Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SILVA, C. A. D. 2001. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* patogênicos ao bicudo do algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 243-247.
- STEINKRAUS, D. C.; GEDEN, C. J.; RUTZ, D. A.; KRAMER, J. P. 1990. First report of the natural occurrence of *Beauveria bassiana* (Moniliales: Moniliaceae) in *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Journal of Medical Entomology* 27: 309-312.

Recibido: 26-ene-2010 • Aceptado: 26-ago-2010

Eficiencia de dos sistemas para la aspersión de plaguicidas en árboles de cítricos

Effectiveness of two systems for the spraying of pesticides in citrus trees

RUBÉN C. VELIZ¹, CASIMIRO D. GADANHA JR.² y JAVIER A. VÁSQUEZ-CASTRO³

Resumen: En la citricultura normalmente se utilizan volúmenes elevados en los caldos de plaguicidas (de 2.000 a 5.000 L.ha⁻¹) para controlar las plagas y las enfermedades que afectan el cultivo, lo cual genera un incremento en los costos de operación. Por ese motivo, se vienen desarrollando diversos sistemas de aplicación que disminuyen los volúmenes de aplicación y mejoran la uniformidad de deposición de los plaguicidas. El presente trabajo evaluó la eficiencia de dos sistemas de aplicación de plaguicidas en árboles de cítricos. Un sistema utilizó un prototipo de aplicación terrestre con atomizadores rotativos de discos que son ampliamente empleados en aviación agrícola, el otro sistema utilizó puntas hidráulicas de chorro cónico vacío. Para el tratamiento de los árboles se utilizó el insecticida metidation en la dosis de 180 g por hectárea. Para estudiar el espectro de gotas se instalaron papeles hidrosensibles en diferentes posiciones en la copa de los árboles y para el estudio de la deposición del insecticida se colectaron hojas de las plantas tratadas. Los papeles hidrosensibles se recolectaron y analizaron a través de un sistema de análisis de imagen computarizado (e-Sprinkle, EMBRAPA, Sao Paulo, Brasil) y las hojas se analizaron mediante técnica de cromatografía gaseosa. La deposición del plaguicida fue similar en ambos sistemas de aplicación, aunque el volumen de caldo utilizado por el sistema de aplicación equipado con atomizadores rotativos de disco representó un cuarto del volumen utilizado por el sistema de aplicación equipado con puntas hidráulicas, esto disminuye considerablemente los costos de los tratamientos fitosanitarios.

Palabras clave: Control químico. Tecnología de aplicación. Atomizadores rotativos. Puntas hidráulicas. Cromatografía.

Abstract: Citriculture normally uses high application volumes in pesticide solutions (of 2.000 to 5.000 L ha⁻¹) to control pests and diseases that affect the crop, which generates an increase in operational costs. For this reason, diverse systems of application are being developed to reduce application volumes and improve the uniformity of pesticide deposition. The goal of this work was to evaluate the efficiency of two application systems of pesticides in citrus trees. One system used a prototype for terrestrial application with rotary disc atomizers that are widely used in agricultural aviation, and the other system used hollow cone tip hydraulics. For the treatment of the trees the insecticide Metidation was used at the dose of 180 gr per hectare. To study the droplet spectrum, water-sensitive papers were installed at different positions in the trees canopy, and for the study of insecticide deposition leaves of the treated plants were collected. The water-sensitive papers were collected and analyzed using a computerized image analysis system (e-Sprinkle, EMBRAPA, Sao Paulo, Brazil), and the leaves analyzed by the technique of gas chromatography. Pesticide deposition was similar in both application system, although the solution volume used by the application system equipped with rotary disc atomizers was one quarter of the volume used by the application system equipped with hydraulic tips, reducing considerably the cost of the phytosanitary treatments.

Key words: Chemical control. Application technology. Rotary atomizers. Hydraulic tips. Chromatography.

Introducción

Mejoras en la uniformidad, eficiencia de deposición del plaguicida y reducción de los volúmenes de aplicación, son requisitos importantes para el éxito del control químico de plagas. Frecuentemente, la plaga se localiza o prefiere ciertas áreas sobre la planta, requiriéndose así una deposición precisa del plaguicida. La irregularidad en la deposición de plaguicidas ocasionará áreas con sub y sobredosis en los campos tratados, lo que podría provocar una presión de selección importante sobre la plaga, favoreciendo la evolución de la resistencia (Vásquez-Castro 2008). Por otro lado, existe tendencia a reducir el volumen de los caldos en las aplicaciones fitosanitarias, para la disminución de costos y el aumento de la eficiencia de pulverización, lo que es posible mediante el uso de sistemas que proporcionen una deposición y un espectro de gotas uniformes (Voll *et al.* 2006).

En el sistema de pulverización, la “punta” de pulverización es el componente más importante, pues ella es la responsable del caudal, generación y distribución de gotas que

cargan el plaguicida hasta el blanco a ser controlado. Las puntas de pulverización son clasificadas básicamente por la forma de energía utilizada para la producción de gotas (energía gaseosa, centrífuga, térmica, eléctrica, hidráulica y combinados). Entre ellas, las puntas hidráulicas son las más importantes en la aplicación de plaguicidas. En ellas, un líquido bajo presión es forzado a través de una pequeña abertura de tal forma que el líquido se esparce, formando una lámina que posteriormente se desintegra en gotas de diferentes tamaños (Vásquez-Castro *et al.* 2007). Otro tipo de sistema utilizado principalmente para la pulverización en la aviación agrícola es el atomizador rotativo de discos, el cual utiliza la energía centrífuga para la formación de gotas. Diversos trabajos han demostrado las ventajas de estos atomizadores frente a las puntas hidráulicas entre las que se destacan la homogeneidad en el espectro de gotas y la reducción en el volumen de aplicación, características que conducen a una mayor eficiencia biológica y reducción de los costos de operación (Bals 1978; Derksen y Bode 1986).

¹ M.Sc. en Máquinas Agrícolas, consultor privado, Lima, Perú. rdcollantes@hotmail.com, ² Prof. Dr. Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, SP 13418-900, Brazil. cdgadanha@esalq.usp.br, ³ Prof. Dr. Departamento de Entomología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Universidad s/n, apartado 456, Lima100, Perú. jaque@lamolina.edu.pe Autor para correspondencia.

En la literatura internacional se encuentran algunos trabajos científicos que demuestran la mayor deposición de plaguicidas cuando se disminuyen los volúmenes de aplicación (Hall *et al.* 1981; Carpenter *et al.* 1983; Bukovac 1985; Vanee *et al.* 1985; Raetano 1996; Ramos *et al.* 2004). Sin embargo, existen otros reportes demostrando lo contrario (Rigolin y Tersi 1999; Farooq y Salyani 2002). Por otro lado, la eficiencia en la deposición y penetración de las gotas en la copa de los árboles va a depender de la arquitectura de la planta (Travis *et al.* 1987) y del diámetro de las gotas (Salyani 1988). Los mayores depósitos de plaguicidas ocurren en la parte externa e inferior de la copa de los árboles las cuales son fácilmente alcanzadas por el chorro del pulverizador, al contrario de lo que ocurre con las partes interna y superior de la copa las cuales reciben muy poco o nada del producto químico (Morgan 1981; Palladini 1990; Juste *et al.* 1990). Esa característica operacional ocasionará problemas de residuo de plaguicidas ya que las frutas más expuestas recibirán sobredosis del producto químico y a pesar de cumplirse con el periodo de carencia ese tiempo será insuficiente para que el plaguicida se degrade a niveles por debajo del Límite Máximo de Residuo (LMR) permitido por la Ley, lo cual coloca en riesgo la salud del consumidor y la economía del productor (Vásquez-Castro 2006).

Las pulverizaciones de plaguicidas son generalmente clasificadas en función del tamaño de la gota con particular referencia al diámetro mediano volumétrico (DMV), definido como el diámetro de la gota que divide el volumen de pulverización en dos partes iguales. Así, la mitad del volumen pulverizado formará gotas con diámetros mayores al DMV y la otra mitad con diámetros menores al DMV (Matthews 2000). La variación entre los diámetros de las gotas de una pulverización determina el espectro de gotas, característica definida como amplitud relativa (AR). Si las gotas presentan una diferencia pequeña entre sus diámetros, la pulverización tendrá un espectro de gotas homogéneo. De lo contrario el espectro será heterogéneo. Otra característica importante que debe ser evaluada en las pulverizaciones es la densidad de gotas (DG), definida como la cantidad de gotas por unidad de superficie (Monteiro 2006). A mayor densidad de gotas mayor eficiencia biológica ya que habrá mayor probabilidad que la plaga entre en contacto con la superficie tratada.

De esa forma, la aplicación de plaguicidas se torna una operación bastante compleja debido a muchos factores que intervienen durante su ejecución. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de dos sistemas de aplicación de plaguicidas en árboles de cítricos.

Materiales y Métodos

Los experimentos se realizaron en un huerto de naranjas de la variedad “Valencia” de 10 años de edad, con árboles distanciados a 6 m entre hileras y 3,5 m entre plantas, y con altura promedio de 4 m. Se evaluaron cuatro árboles para cada sistema de aplicación, los cuales fueron seleccionados por sus semejanzas en la arquitectura de la copa a fin de estandarizar ese factor. Las aplicaciones para ambos sistemas se realizaron con un pulverizador hidroneumático de tipo chorro transportado Arbus 2000, con deflector unilateral de tipo “camarón” con ventilador de 0,85 m de diámetro, el cual genera un flujo de aire de $12,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ según indicaciones del fabricante, tanque de fibra de vidrio de 2000 L de capacidad, bomba modelo JP-150 de $150 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, comando convencional y filtro modelo FVS-200. Para accionar el pulverizador se usó un tractor agrícola Massey Ferguson, modelo 5285 con motor Perkins, modelo 4001 de 85 CV de potencia en el motor.

Para el sistema de aplicación equipado con puntas hidráulicas se utilizó solamente el ramal inferior del deflector, provisto de 13 puntas de chorro cónico vacío modelo AD3 con difusor AC 45. La presión del sistema fue de 827 kPa, según recomendación del fabricante. Para el sistema de aplicación equipado con atomizadores rotativos se montó una estructura de fibra de vidrio con soportes para colocar cinco atomizadores rotativos de discos, modelo TT-88B (Fig. 1) con las siguientes características técnicas: cuatro discos de plástico con periferia aserrada y diámetro de 0,088 m accionado por motor eléctrico, el cual recibe energía de la batería del tractor, disco de orificio D-4, velocidad de operación de 1,4 a $8,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, velocidad de rotación de 2000 a 6000 rpm con un peso aproximado de 1,67 kg. El control de las rotaciones de los discos del atomizador se realizó mediante un controlador de rotación marca Motron, modelo VV 8702, el cual recibía energía de la batería del tractor. La presión del sistema fue de 276 kPa.



Figura 1. Sistemas de aplicación equipados con puntas hidráulicas A y con atomizadores rotativos de disco B.

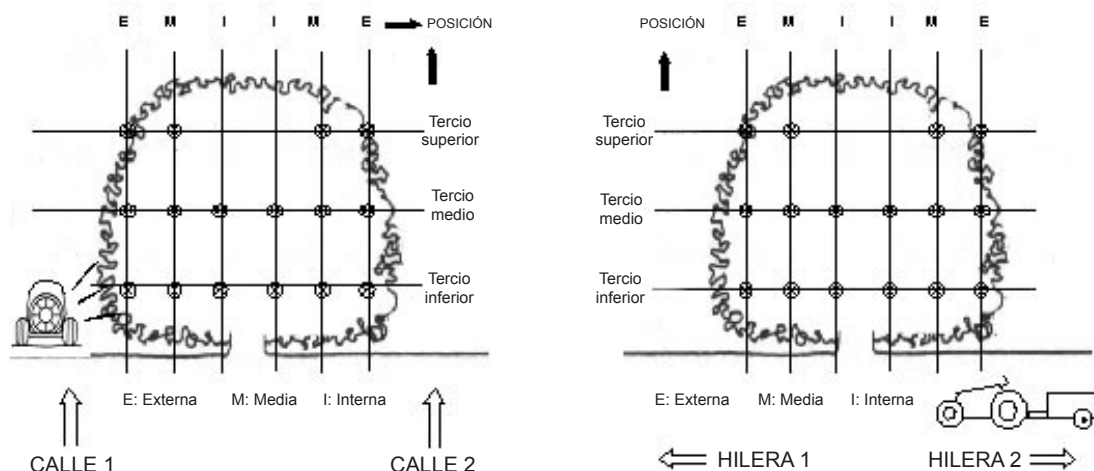


Figura 2. División imaginaria de la copa del árbol y puntos de muestreo.

Para la obtención del caudal real correspondiente para cada sistema de aplicación en las presiones de trabajo indicadas se recolectó durante un minuto el volumen en probeta de 2 L de capacidad. La velocidad de operación para el sistema de aplicación equipado con puntas hidráulicas fue de 0,83 m.s⁻¹ correspondiente a la marcha del tractor 2ª baja y para los atomizadores rotativos fue de 1,66 m.s⁻¹ correspondiente a la marcha del tractor 3ª baja.

El volumen de caldo a utilizar en cada sistema de pulverización y la cantidad de insecticida (producto comercial) por hectárea se calcularon a través de las fórmulas 1 y 2 citadas por Ramos y Pio (2003).

$$Q = \frac{600 \times q}{V \times e} \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde: **Q** es el volumen de aplicación (L.ha⁻¹), **q** es el caudal colectado de los atomizadores rotativos o puntas hidráulicas (L.min⁻¹), **V** es la velocidad del conjunto tractor-pulverizador (km.h⁻¹) y **e** es la distancia entre las hileras de los árboles (m).

$$Pc = \frac{D \times Ct}{Q} \quad \text{Fórmula 2}$$

Donde: **Pc** es la cantidad de producto comercial (L), **D** es la dosis del producto (L.ha⁻¹), **Ct** es la capacidad del tanque (L) y **Q** es el volumen de aplicación (L.ha⁻¹).

Para el estudio del espectro de gotas se utilizó el método propuesto por Derksen y Gray (1995) con algunas modificaciones. Los papeles hidrosensibles (0,076 m de largo, 0,026 m de ancho) se colocaron en diferentes lugares de la planta. La copa fue imaginariamente dividida en dos sectores, hilera de plantas y calle; cada sector fue dividido en tres tercios, inferior, medio y superior, y cada tercio fue dividido en tres profundidades, externa, media e interna, generando así 32 puntos de muestreo por árbol (Fig. 2). Para el tratamiento de los árboles se utilizó el insecticida Metidation (Supracid

400 CE®) en la concentración de 0,05 g por 100 L de agua. Después de la pulverización, los papeles hidrosensibles se colectaron y analizaron a través de un sistema de análisis de imagen computarizado, e-Sprinkle EMBRAPA, Sao Paulo, Brasil. Durante los ensayos se registraron temperaturas entre 28 y 30°C, humedades relativas del aire entre 55 y 60% y velocidades de viento entre 2,9 y 4,3 km.h⁻¹.

Para el análisis de la deposición del insecticida sobre las hojas de los árboles se utilizó el método propuesto por Hoffmann y Salyani (1996) con algunas modificaciones. Cuatro hojas de cada punto de muestreo fueron colectadas y almacenadas en cámara fría (-20 ± 5°C) hasta la extracción y cuantificación de los depósitos. El método analítico fue adaptado a partir de Andersson y Palsheden (1998). Para la extracción de los residuos, se colocaron cuatro muestras circulares de hojas de 25 mm de diámetro en tubos de ensayo de 50 mL. Luego se adicionaron 15 mL de acetato de etilo y 2 g de sulfato de sodio, siendo posteriormente, el conjunto homogenizado en Vortex y Ultrason por espacio de 1 y 10 minutos, respectivamente. Se transfirieron alícuotas de 12 mL del sobrenadante a tubos de ensayo de 15 mL, adicionando inmediatamente 50 µL de dodecano. Los extractos se evaporaron en Turbo-Vap LV, en baño-maría a 30°C, con auxilio de aire circulante, previamente secado en filtro de silica-gel desecante azul. Los residuos se resuspendieron en 2 mL de una mezcla de ciclohexano/acetato de etilo (1:1, v/v), homogenizados en Vortex y Ultra-son, y se filtraron a través de un filtro de membrana, Millipore, FG, poro 0,2 µm montado en jeringa hipodérmica de plástico (5 mL). La limpieza de los extractos se realizó mediante técnica de Cromatografía de Permeación en Gel (GPC), utilizando una mezcla de ciclohexano/acetato de etilo (1:1, v/v). Las muestras se analizaron con Cromatografía en Fase Gaseosa, utilizándose cromatógrafo a gas, Hewlett-Packard, modelo 6890, equipado con detector selectivo de masas. Los residuos se calcularon usando el software ChemStation versión B.01.00. El método analítico utilizado para las hojas de cítricos se validó mediante fortificación de la matriz con los niveles de 0,05, 0,5 y 5,0 mg.kg⁻¹, con tres repeticiones para cada nivel y las recuperaciones entre 70-120% se consideraron aceptables.

Para el análisis estadístico se consideró cada árbol como parcela experimental y cada punto de muestreo como subpar-

cela. Los datos se sometieron al análisis de variancia, utilizándose modelo matemático para el diseño completamente al azar en el esquema de parcelas subdivididas (split-plot). El efecto de los sistemas de aplicación se asoció a la parcela, mientras que el efecto de los puntos de muestreo (combinación de sector, altura y profundidad) se relacionó a la subparcela. El análisis se realizó a través del procedimiento MIXED del programa SAS (1999).

Resultados y discusión

El caudal promedio del atomizador rotativo de discos fue 2,15 L.min⁻¹. De esa forma, el caudal total del sistema (cinco atomizadores rotativos) fue 10,75 L.min⁻¹. La velocidad de operación del conjunto tractor-pulverizador fue 1,67 m.s⁻¹. Como se utilizó apenas un lado del pulverizador para la aplicación, la distancia entre las hileras de árboles fue dividida en dos a fin de calcular el volumen del caldo, cuyo valor según la Fórmula 1 fue de 368 L.ha⁻¹. De acuerdo con la recomendación del fabricante del insecticida, el producto comercial se utilizó a la concentración de 0,125%. Por lo anterior, se utilizaron 500 L de agua y 0,625 L del producto comercial para preparar el caldo insecticida. Con el objetivo de utilizar la misma dosis del insecticida en ambos sistemas de aplicación se despejó la Fórmula 2, cuyo valor fue de 0,45 L.ha⁻¹ del producto comercial (180 gr de Metidation por hectárea). El caudal promedio de la punta hidráulica fue 1,7 L.min⁻¹. De esa forma, el caudal total del sistema (13 puntas hidráulicas) fue 22,1 L.min⁻¹. La velocidad de operación del conjunto tractor-pulverizador se estimó en 0,83 m.s⁻¹ (Fórmula 1) con el fin de aplicar el volumen de caldo recomendado por el fabricante del insecticida de 1500 L.ha⁻¹. Esos resultados muestran que el sistema de aplicación equipado con atomizadores rotativos de disco utilizó apenas un cuarto del volumen de caldo utilizado por los sistemas de aplicación tradicionales (puntas hidráulicas). Debido al comportamiento diferencial de las plagas donde

algunas se localizan en la parte externa de la copa de los árboles y otras en la parte interna, y a la gran variabilidad en la arquitectura de las copas, las pulverizaciones generalmente se realizan con volúmenes de caldo elevados en la errónea creencia de que así, aumentará la eficacia del producto químico. Por otro lado, el alto costo de operación de las aplicaciones de plaguicidas asociado al requerimiento de las empresas agrícolas de reducir sus costos de producción se ha creado la imperiosa necesidad de mejorar la eficiencia de los sistemas de aplicación tradicionales.

En relación con el espectro de gotas, se observó que el efecto principal del sistema de aplicación solamente fue significativo para el diámetro mediano volumétrico (Tablas 1, 2 y 3). El sistema de aplicación equipado con puntas hidráulicas presentó un DMV (679 µm) significativamente superior al del sistema equipado con atomizadores rotativos (278 µm). En el proceso de formación de gotas, la energía hidráulica del líquido se transforma en energía cinética de las gotas (Lefebvre 1989). Así, las gotas grandes poseen mayor masa y, por lo tanto adquieren mayor energía cinética. De ese modo, gotas grandes tendrán mayor capacidad para vencer la resistencia del aire al desplazamiento horizontal, llegando a recorrer distancias superiores en relación a las gotas pequeñas (Vásquez-Castro et al. 2007). Por otro lado, las gotas pequeñas tienen mayor capacidad para penetrar la copa de los árboles, llegando a lugares donde las gotas grandes no pueden hacerlo. Sin embargo, las gotas muy pequeñas se evaporan fácilmente o son transportadas por el viento para áreas que no son objeto de tratamiento (deriva), ocasionando pérdidas del plaguicida. En ese sentido, el diámetro de gota más adecuado para el tratamiento de árboles de cítricos parece estar comprendido entre 240 y 340 µm (Salyani 1988) tal como se observó en el sistema de pulverización equipado con atomizadores rotativos de disco.

Los porcentajes de recuperación del insecticida en las hojas de cítricos fueron aceptables (70-120%), validándose

Tabla 1. Promedios y desviaciones estándares del depósito de Metidation y del espectro de gotas en función del sistema de aplicación y del sector de la planta.

Sistema de Aplicación	Sector de la planta		Promedio
	Hilera	Calle	
Deposición en las hojas (ng/cm²)			
Punta hidráulica	2,102±0,421	2,697±0,421	2,400±0,388
Atomizador rotativo	3,007±0,421	3,573±0,421	3,290±0,388
Promedio	2,555±0,298 b¹	3,135±0,298 a	
Diámetro mediano volumétrico (µm)			
Punta hidráulica	585,03±164,89	772,80±164,89 A	678,92±144,02 A
Atomizador rotativo	236,42±113,53	318,68±113,53 B	277,55±80,28 B
Promedio	410,73±100,10	545,74±100,10	
Amplitud relativa			
Punta hidráulica	1,087±0,048 A	1,091±0,048 B	1,089±0,034
Atomizador rotativo	0,907±0,077 bB	1,310±0,077 aA	1,109±0,069
Promedio	0,997±0,045 b	1,201±0,045 a	
Densidad de gotas (N/cm²)			
Punta hidráulica	178,84±15,95	184,52±15,95	181,68±12,37
Atomizador rotativo	163,65±15,95	219,29±15,95	191,47±12,37
Promedio	171,24±11,28 b	201,90±11,28 a	

¹ Promedios seguidos por letras minúsculas distintas en las líneas o por letras mayúsculas distintas en las columnas difieren significativamente por el test F ($P < 0,05$).

Tabla 2. Promedios y desviaciones estándares del depósito de Metidation y del espectro de gotas en función del sistema de aplicación y del tercio de la copa.

Sistema de aplicación	Tercio de la copa			Promedio
	Inferior	Medio	Superior	
Deposición en las hojas (ng/cm²)				
Punta hidráulica	3,807±0,428 aB ¹	2,259±0,428 b	1,139±0,492 b	2,400±0,388
Atomizador rotativo	5,466±0,428 aA	2,319±0,428 b	2,164±0,492 b	3,290±0,388
Promedio	4,636±0,303 a	2,289±0,303 b	1,652±0,348 b	
Diámetro mediano volumétrico (µm)				
Punta hidráulica	920,54±169,37 A	467,05±169,37	665,94±207,55	678,92±144,02 A
Atomizador rotativo	309,62±119,95 B	295,43±119,95	214,00±169,64	277,55±80,28 B
Promedio	615,08±103,77	381,24±103,77	439,97±134,03	
Amplitud relativa				
Punta hidráulica	1,119±0,051	1,123±0,051	1,020±0,072	1,089±0,034
Atomizador rotativo	1,265±0,079 a	1,004±0,079 b	1,051±0,094 b	1,109±0,069
Promedio	1,192±0,047 a	1,064±0,047 b	1,035±0,059 b	
Densidad de gotas (N/cm²)				
Punta hidráulica	207,24±16,67	179,31±16,67	155,20±22,45	181,68±12,37
Atomizador rotativo	210,81±16,67	176,60±16,67	191,96±22,45	191,47±12,37
Promedio	209,03±11,79	177,96±11,79	173,58±15,87	

¹ Promedios seguidos por letras minúsculas distintas en las líneas difieren significativamente por el test de Tukey-Kramer ($P \leq 0,05$); promedios seguidos por letras mayúsculas distintas en las columnas difieren significativamente por el test F ($P \leq 0,05$).

el método analítico. En el testigo no se detectó el insecticida Metidation, indicando que las hojas estaban libres de este compuesto. En la Tabla 1 se observa que independientemente del sistema de aplicación utilizado, hubo mayor depósito de Metidation en el sector de la copa expuesta a la calle en comparación con la hilera. Así mismo, los valores de amplitud relativa y densidad de gotas fueron superiores en ese sector.

A mayor valor de amplitud relativa, el espectro de gotas será más heterogéneo. Es decir, habrá una mayor variabilidad en el tamaño de gotas que componen el chorro, característica indeseable en las aplicaciones de plaguicidas. En la Tabla 2 se observa que independientemente del sistema de aplicación utilizado, hubo mayor depósito del insecticida en el tercio inferior de la copa frente a los tercios medio y superior. A

Tabla 3. Promedios y desviaciones estándares del depósito de Metidation y del espectro de gotas en función del sistema de aplicación y de la profundidad de la copa.

Sistema de aplicación	Profundidad de la copa			Promedio
	Externa	Media	Interna	
Deposición en las hojas (ng/cm²)				
Punta hidráulica	2,976±0,428	2,442±0,428	1,810±0,492	2,400±0,388
Atomizador rotativo	3,829±0,428	3,137±0,428	2,760±0,492	3,290±0,388
Promedio	3,402±0,303 a ¹	2,790±0,303 b ¹	2,285±0,348 b	
Diámetro mediano volumétrico (µm)				
Punta hidráulica	837,90±169,37 A	474,34±169,37	689,08±207,55	678,92±144,02 A
Atomizador rotativo	305,89±119,95 B	300,65±119,95	232,75±169,64	277,55±80,28 B
Promedio	571,89±103,77	387,49±103,77	460,92±134,03	
Amplitud relativa				
Punta hidráulica	1,094±0,051	1,079±0,051	1,073±0,072	1,089±0,034
Atomizador rotativo	1,023±0,079	1,050±0,079	1,241±0,094	1,109±0,069
Promedio	1,058±0,047	1,065±0,047	1,157±0,059	
Densidad de gotas (N/cm²)				
Punta hidráulica	176,06±16,67	187,01±16,67	178,39±22,45	181,68±12,37
Atomizador rotativo	205,05±16,67	172,48±16,67	193,48±22,45	191,47±12,37
Promedio	190,56±11,79	179,74±11,79	185,94±15,87	

¹ Promedios seguidos por letras minúsculas distintas en las líneas difieren significativamente por el test de Tukey-Kramer ($P \leq 0,05$); promedios seguidos por letras mayúsculas distintas en las columnas difieren significativamente por el test F ($P \leq 0,05$).

su vez, los depósitos fueron superiores en la parte externa de la copa frente a las partes media e interna (Tabla 3). Esos resultados demuestran que la parte externa del tercio inferior de la copa del árbol de naranja es la región que recibe mayor cantidad de plaguicidas durante el tratamiento. Por otro lado, las ramas y hojas del árbol se comportan como un “filtro de gotas”, reteniendo las gotas grandes en la parte externa y dejando pasar las gotas pequeñas al interior de la copa. En la literatura se encuentran diversos trabajos que presentan resultados similares (Morgan 1981; Matuo 1988; Derksen y Gray 1995; Hoffmann y Salyani 1996; Cunningham y Harden 1998; Ramos *et al.* 2004). Finalmente, a pesar de que ambos sistemas de aplicación no presentaron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros evaluados, el sistema de aplicación equipado con atomizadores rotativos de disco utilizó apenas un cuarto del volumen de caldo utilizado por el sistema de aplicación tradicional (puntas hidráulicas), lo cual representa beneficio económico para el productor agrícola. Es obvio que una reducción en el volumen de agua utilizado en las aplicaciones de plaguicidas reducirá el costo de operación y por ende habrá un beneficio económico para el productor. La cuantificación de ese beneficio económico es materia de otra investigación.

Agradecimientos

A la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Brasil por la concesión de la beca al primer autor y a los Drs. Gilberto Casadei de Baptista y Luiz Roberto Pimentel Trevizan por la orientación durante los análisis cromatográficos.

Literatura Citada

- ANDERSSON, A.; PALSHEDE, H. 1998. Multi-residue method for the analysis of pesticides in fruit and vegetables using acetate extraction, GPC clean up and GC determination. En: National Food Administration. Pesticide Analytical in Sweden. Uppsala, p. 9-41.
- BALS, E.J. 1978. The reason for C.D.A. (controlled drop application). Proceedings British Crop Production. Weeds 2: 659-666.
- BUKOVAC, M.J. 1985. Spray application technology: shortcomings and opportunities with especial reference to tree fruits. In: Proceedings of the conference by agricultural research institute, Bethesda. p. 25-38.
- CARPENTER, T.G.; REICHARD, D.L.; KHAN, A.S. 1983. Spray deposition from a row-crop airblast sprayer. Transactions of the ASAE 26(2): 338-342.
- CUNNINGHAM, G.P.; HARDEN, J. 1998. Reducing spray volumes applied to mature citrus trees. Crop Protection 17(4): 289-292.
- DERKSEN, R.C.; BODE, L.E. 1986. Droplet size comparisons from rotary atomizers. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 29(5): 1204-1207.
- DERKSEN, R.C.; GRAY, L.E. 1995. Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchard sprayers. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 38(1): 5-11.
- FAROOQ, M.; SALYANI, M. 2002. Spray penetration into the citrus tree canopy from two air-carrier sprayers. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 45(5): 1287-1293.
- HALL, F.R.; REICHARD, D.L.; KRUEGER, H.R. 1981. Effects of spray volume and nozzle pressure on orchard spray deposits. Journal of Economic Entomology 74(4): 461-465.
- HOFFMAN, W.C.; SALYANI, M. 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 39(1): 17-22.
- JUSTE, F.; SANCHEZ, S.; IBAÑEZ, R.; VAL, L.; GARCIA, C. 1990. Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchard. Journal of Agricultural Engineering Research 46: 187-196.
- LEFEBVRE, A.H. 1989. Atomization and sprays. Ed. Taylor & Francis, USA.
- MATTHEWS, G.A. 2000. Pesticide application methods. 3rd ed. Blackwell science, London.
- MATUO, T. 1988. Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros. Tesis de libre-docencia, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinaria, Universidade Estadual Paulista, "Julio de Mesquita filho", Jaboticabal, Brasil. 167 p.
- MONTEIRO, M.V. 2006. Compêndio de aviação agrícola. Sorocaba, Brasil. 298 p.
- MORGAN, N.G. 1981. Minimizing pesticide waste in orchard spraying. Outlook on Agriculture 10: 342-344.
- PALLADINI, L.A. 1990. Efeito de condições operacionais de um turboatomizador na cobertura de folhas de citros. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinaria, Universidade Estadual Paulista, "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, Brasil. 93 p.
- RAETANO, C. 1996. Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros. Tesis de doctorado, Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil. 93 p.
- RAMOS, H.; PIO, L.C. 2003. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: Zambolim L, Zuppi M, Da Conceição, Santiago T (Ed.). O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários, Viçosa, Brasil. 376 p.
- RAMOS, H.; KIYOSHI, Y.; CORRÊA, M.; BASSANEZI, R.B.; GARCIA, L.C. 2004. Efeito do volume de calda aplicado com turbopulverizador sobre a deposição e cobertura em folhas, ramos, e frutos de citros. In: Anales del simposio internacional de tecnologia de aplicación de agrotóxicos, Botucatu-Brasil: Fepaf, p. 144-147.
- RIGOLIN, A.T.; TERSI, F.E.A. 1999. Redução nos custos de aplicação dos defensivos em citros. Laranja 20(1): 93-106.
- SAS institute. 1999. Sas/stat user's guide 8.0. Cary: SAS Institute inc., 1 Cd-Rom.
- SALYANI, M. 1988. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 31(6): 1680-1684.
- TRAVIS, J.W.; SKROCH, W.A.; SUTTON, T.B. 1987. Effect of canopy density on pesticide deposition and distribution in apple trees. Plant Diseases 71(7): 613-615.
- VANEE, G.R.; LEDEBUHR, R.L.; POTTER, H.S. 1985. Air curtain sprayer increases spraying efficiency. Journal of Agriculture Engineering Research 66(7): 15-17.
- VÁSQUEZ-CASTRO, J.A. 2006. Resíduos de fenitrotrion e esfenvalerato em grãos de milho e trigo, em alguns de seus produtos processados e sua ação residual sobre *Sitophilus oryzae* (L., 1763), *Sitophilus zeamais* Motsch., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (Fabr., 1792) (Coleoptera: Bostrichidae). Tesis de doctorado, Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil. 213 p.
- VÁSQUEZ-CASTRO, J.A. 2008. Tecnología de aplicación de pesticidas. Revista Agronomía 139: 47-52.
- VÁSQUEZ-CASTRO, J.A.; BAPTISTA, G.C.; GADANHA Jr., C.D.; TREVIZAN, L.R.P. 2007. Influence of emulsifiable concentrate formulation on the physical properties of the fluid, spray characteristics, and insecticide deposits on stored grains. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 3529-3534.
- VOLL, C.E.; VÁSQUEZ-CASTRO, J.A.; GADANHA Jr., C.D.; LINO, P.L. 2006. Distribución volumétrica de la boquilla de pulverización XR 11003. Revista Peruana de Entomología 45:95-99.

Infestación natural de Lonchaeidae (Diptera) en variedades de melocotón

Natural infestation of peach varieties by Lonchaeidae (Diptera)

SÔNIA MARIA N. M. MONTES¹, ADALTON RAGA², APARECIDA C. BOLIANI³,
PEDRO C. STRIKIS⁴ y PEDRO C. DOS SANTOS³

Resumen: Se estudió la ocurrencia de Lonchaeidae en variedades de melocotón, conducidos sobre los patrones 'Okinawa' y Umê: Tropical, Ouromel 3, Jóia 4, Régis, Talismã, Aurora 2, Aurora 1, Dourado 2 y Doçura 2. Se colectaron muestras de 30 frutos por planta en el Banco de Germoplasma en Presidente Prudente, Brasil. Se obtuvieron 633 especímenes de Lonchaeidae; 394 de ellos en frutos de variedades sobre 'Okinawa' y 239 sobre Umê. Se capturaron especies como *Neosilba zadolicha*, *N. inesperata*, *N. pendula*, *N. certa* y *Neosilba* spp. (hembras). *N. zadolicha* y *N. inesperata*, se observaron en 77,78% de las muestras de las variedades sobre 'Okinawa'. Sobre el patrón Umê la mayor incidencia fue de *N. zadolicha*, *N. inesperata* y *N. pendula* (55,6%, 33,3% y 33,3% respectivamente). Las variedades Ouromel 3, Talismã, Doçura 2 y Aurora 2 presentaron mayores infestaciones por Lonchaeidae. *N. certa* tuvo una menor incidencia y sólo se observó en la variedad Doçura 2 sobre 'Okinawa'. Plantas con mayor número de frutos presentaron mayor incidencia de moscas por fruto; sin embargo, no hubo correlación entre peso del fruto y número de moscas. No se observó diferencia para peso del fruto y número de moscas por fruto entre los dos patrones, 'Okinawa' y Umê. Melocotones crecidos en los patrones 'Okinawa' y Umê en Presidente Prudente están infestados por especies de Lonchaeidae que presentan preferencia independientemente del peso de los frutos. El aporte de este trabajo al conocimiento de la comunidad de especies de Lonchaeidae ofrece una base para su control.

Palabras clave: *Prunus persica*. *Neosilba*. Tephritoidea. Mosca de la fruta.

Abstract: The occurrence of Lonchaeidae was studied in peach fruit varieties on the rootstocks 'Okinawa' and Umê: Tropical, Ouromel 3, Jóia 4, Régis, Talismã, Aurora 2, Aurora 1, Dourado 2 and Doçura 2. Samples of 30 fruits were collected from each available plant in the Germoplasm Bank located in Presidente Prudente, Brazil. A total of 633 specimens of Lonchaeidae were obtained with 394 from fruit varieties on 'Okinawa' and 239 on Umê. Captured species included *Neosilba zadolicha*, *N. inesperata*, *N. pendula*, *N. certa*, and *Neosilba* spp. (females). *N. zadolicha* and *N. inesperata* were observed in 77.78% of samples from the varieties on 'Okinawa'. On the Umê rootstock, the greatest incidence was of *N. zadolicha*, *N. inesperata* and *N. pendula* (55.6%, 33.3% and 33.3%). The varieties Ouromel 3, Talismã, Doçura 2 and Aurora 2 had the highest infestation rates by Lonchaeidae. *N. certa* had the lowest incidence and was only observed in the variety Doçura 2 on 'Okinawa'. Plants with more fruits showed a higher incidence of flies per fruit. Nevertheless, there was no significant correlation between fruit weight and fly number. No significant difference was observed in fruit weight and number of flies per fruit between the two rootstocks, 'Okinawa' and Umê. Peaches grown on 'Okinawa' and Umê rootstocks in the city of Presidente Prudente, are infested by Lonchaeidae species that present a preference for the different varieties, independent of fruit weight. This is a contribution to an understanding of the community of Lonchaeidae species, which provides a basis for their control.

Key words: *Prunus persica*. *Neosilba*. Tephritoidea. Fruit fly.

Introducción

Los insectos de la familia Lonchaeidae (Diptera) se han destacado como plagas importantes de árboles frutales y verduras cultivadas en varios países debido a su aparición como plaga primaria en diversos cultivos de importancia económica. Según Norrbom y McAlpine (1996), las especies frugívoras de mayor importancia en la familia Lonchaeidae pertenecen a los géneros *Dasiops* y *Neosilba*. Aunque hay relatos de Lonchaeidae infestando frutos desde la década de los años 30, en Brasil, por un largo período, los Lonchaeidae fueron olvidados en las encuestas de moscas frugívoras, principalmente debido a la falta de conocimientos taxonómicos (Araujo y Zucchi 2002). En la actualidad los estudios taxonómicos han sido desarrollados para las especies de *Neosilba* (Strikis y Prado 2005, 2009) pero debido a la falta de estudios básicos y bioecológicos de ese grupo que han obstaculizado el esta-

blecimiento de estrategias de gestión de la población de estas moscas (Uchôa-Fernandes y Zucchi 1999).

En frutos como el melocotón no se percibe la plaga de la mosca de la fruta porque siguen con su apariencia externa sin cambios, pero cuando se toca la fruta, se nota una pérdida de consistencia y resistencia (Salles 1998).

Especies de *Neosilba* fueron asociadas por Silva (1993) a 19 especies de frutos, en cuatro localidades en el estado de Amazonas. Raga *et al.* (1996, 1997), tomando nota de la incidencia de las moscas de la fruta (Tephritoidea) en frutos de café (*Coffea* spp., Rubiaceae) y naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, Rutaceae), en el Estado de São Paulo, Brasil, informaron que 17,0 y 4,9% de las muestras, respectivamente, pertenecían a la familia Lonchaeidae. También en São Paulo, Brasil, Souza-Filho (1999) constató Lonchaeidae asociados a 40 especies de frutos. En la vegetación típica del Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, los Lonchaeidae estaban aso-

¹ Dra. PqC. APTA-Pólo Regional Alta Sorocabana Rodovia Raposo Tavares Km 561 Caixa 298 Presidente Prudente, SP, Brasil CEP 19015-970.

² soniamontes@apta.sp.gov.br Corresponding author, ³ Dr. PqC. Centro Experimental Central-Instituto Biológico Rodovia Heitor Penteado Km 3, Caixa 70 Campinas, SP, Brasil CEP- 13001-970. adalton@biologico.sp.gov.br; ⁴ Dr Prof. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP Av. Brasil, 56 Ilha Solteira CEP 15.385-000. boliani@agr.feis.unesp.br; santospc@agr.feis.unesp.br; ⁵ Dr. Departamento de Parasitologia do Instituto de Biologia/UNICAMP, em Campinas. strikis@uol.com.br

ciados a 22 especies de frutas (Uchôa-Fernandes y Zucchi 1999), y las larvas de *Neosilba* colonizaron mayor número de árboles frutales en la vegetación nativa que las larvas de Tephritidae (Uchôa-Fernandes *et al.* 2002).

Debido la falta de información científica sobre la presencia de Lonchaeidae en la región de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la incidencia natural de este grupo de insectos en variedades de melocotón en los dos patrones, 'Okinawa' y Umê.

Material y métodos

El experimento se llevó a cabo en el huerto de melocotón que consta de plantas injertadas en dos patrones ubicado en el Pólo Regional de Alta Sorocabana, Agencia Paulista de Tecnología de Agronegócios, de la Secretaría de Agricultura y de Abastecimiento, ubicado en Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, (UTM 7545288, 76m N, 459930, 31m E, altitud 424,2m).

Las variedades de melocotón injertadas sobre el patrón 'Okinawa' presentaba el espacio de 6,0 x 3,0m (556 plantas/ha) y las injertadas en Umê presentaron un espacio de 6,0 x 1,5m (1.111 plantas/ha). Se evaluó en 2006 la infestación de Lonchaeidae en las siguientes variedades de cada patrón: Tropical, Talismã, Aurora 2, Aurora 1, Dourado 2, Régis, Ouromel 3, Jóia 4 y Doçura 2. El experimento se diseñó en bloques aleatorios con cinco repeticiones. Cada parcela estuvo representada por una planta. Los tratamientos culturales consistieron en poda, defoliación, rompimiento de la latencia, raleo de frutas, fertilización, riego y control de la maleza, como se recomienda para huertos comerciales (Pereira *et al.* 2002), excepto la aplicación de insecticidas.

Para evaluar la incidencia y la diversidad de Lonchaeidae en el período de agosto hasta a noviembre de 2006, se incluyeron aleatoriamente frutos maduros en la muestra en función de la fenología de cada variedad. En el laboratorio, los frutos

de las muestras fueron pesados y embalados individualmente en macetas desechables de plástico con una capacidad de 500 mL. Los contenedores contenían una mezcla de arena + vermiculita hasta a 1/3 del volumen y se cubrieron con tejido transparente, se mantuvo en el laboratorio en condiciones de temperatura y humedad ambiente durante aproximadamente 30 días. Los Lonchaeidae surgidos y respectivos puparios se separaron del substrato por medio de un colador y se acondicionaron en recipientes de vidrio con alcohol 70% para su posterior identificación.

La identificación se adelantó con base en las claves de McAlpine y Steyskal (1982) y Strikis y Prado (2009). Una muestra representativa de especies identificadas fue depositada en la colección de referencia de Lonchaeidae del Departamento de Parasitología del Instituto de Biología/UNICAMP, Campinas, SP.

Los datos fueron sometidos a análisis de variación individual y conjunta y sometidos al test Scott-Knott; también se hicieron análisis de correlación de Pearson. Las variables, número de moscas de la fruta y el porcentaje de infestación se presentaron a la prueba de normalidad Lilliefors según Ribeiro Junior (2001). Como no seguían la distribución normal, los datos se transformaron a $\sqrt{x+0,5}$ y $\arcsen \sqrt{x/100}$ respectivamente (Banzatto y Kronka 1989).

Resultados y discusión

Se recogieron 633 especímenes de Lonchaeidae en las variedades de melocotón en el año 2006, 394 en las cultivares sobre 'Okinawa' y 239 sobre Umê. Se encontraron las siguientes especies en las muestras de melocotón: *Neosilba zadolicha* (McAlpine y Steyskal, 1982), *N. inesperata* Strikis y Prado, 2005, *N. pendula* (Bezzi, 1919), *N. certa* (Walker, 1850) y *Neosilba* sp. (Tabla 1). Las especies que presentaron en mayor número de variedades (Aurora 2, Régis, Ouromel 3, Talismã, Jóia 4, Dourado 2 y Doçura 2) fueron *N. zadoli-*

Tabla 1. Diversidad de Lonchaeidae en variedades de melocotón. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2006.

Variedades	Patrón	Especies de Lonchaeidae				
		<i>N. zadolicha</i>	<i>N. inesperata</i>	<i>N. certa</i>	<i>N. pendula</i>	<i>Neosilba</i> sp.
Aurora 2	Okinawa	X	X		X	
	Umê	X			X	
Tropical	Okinawa					X
	Umê					
Régis	Okinawa	X	X			
	Umê					X
Ouromel 3	Okinawa	X	X			
	Umê	X	X			
Talismã	Okinawa	X	X			
	Umê					
Jóia 4	Okinawa	X	X			
	Umê					
Dourado 2	Okinawa	X	X		X	
	Umê	X	X			
Doçura 2	Okinawa	X	X	X	X	
	Umê	X	X		X	
Aurora 1	Okinawa					X
	Umê	X			X	

Tabla 2. Porcentaje medio de infestación de los Lonchaeidae en cultivos de melocotón injertados sobre 'Okinawa' y Umê. Presidente Prudente. São Paulo, Brasil, 2006.

Variedades	Infestación (%)		
	Patrón		
	Patrón Okinawa	Patrón Umê	Análisis conjunto
Ouromel 3	10,14 ± 3,73	12,93 ± 4,36	11,54 ± 2,75 a ¹
Tropical	3,02 ± 4,14	0,00 ± 0,00	1,51 ± 1,00 b
Aurora 1	8,16 ± 5,20	5,94 ± 6,68	7,05 ± 3,03 b
Talismã	14,39 ± 4,40	16,00 ± 7,56	15,19 ± 4,13 a
Dourado 2	8,28 ± 1,15	3,29 ± 2,08	5,79 ± 1,39 b
Doçura 2	11,08 ± 2,39	15,79 ± 5,48	13,43 ± 2,93 a
Aurora 2	12,59 ± 1,58	15,36 ± 12,10	13,97 ± 5,77 a
Régis	9,91 ± 5,69	2,22 ± 2,22	6,06 ± 3,15 b
Jóia 4	5,09 ± 2,41	4,51 ± 3,25	4,80 ± 1,91 b
Media	9,18	8,45	8,82
C.V. (%)	•	•	88,45
F	•	•	2,58*

Media ± SE (datos originales). ¹Promedios seguidos por la misma letra no difieren al 5% nivel de probabilidad por la prueba de Scott-Knott. * Efecto significativo.

cha y *N. inesperata*, en 77,78%; *N. certa* presentó solamente sobre la Doçura 2 (11,11%); *N. pendula* en 33,33% de las variedades (Aurora 2, Dourado 2 y Doçura 2) y *Neosilba* sp. en 22,22% de las variedades (Tropical y Aurora 1) sobre 'Okinawa'. Sobre el patrón Umê, las especies que se registraron en mayor número de variedades fue *N. zadolicha* (Aurora 2, Ouromel 3, Dourado 2, Doçura 2 y Aurora 1) en 55,56% de las variedades, *N. inesperata* (Ouromel 3, Dourado 2 y Doçura 2) en 33,33% de las variedades, *N. pendula* (Aurora 2, Doçura 2 y Aurora 1), en 33,33% de las variedades y *Neosilba* sp. (Régis) en 11,11% de las variedades.

La variedad sobre 'Okinawa' y Umê que presentó el mayor porcentaje de infestación de los frutos es Talismã y la más baja es Tropical (Tabla 2). Variedades con alto porcentaje de infestación de los frutos para los dos patrones fueron Ouromel 3, Talismã, Doçura 2 y Aurora 2; sin embargo, en los análisis individuales de variación, no hubo significación para la variedad ($P < 0,05$) y ni para el patrón ($P < 0,05$). En el análisis conjunto, hubo significación para la variedad y pero no para el patrón y tampoco para la interacción cultivar x patrón. Por el test Scott-Knott, fue posible establecer dos grupos de variedades, especialmente los Ouromel 3, Talismã, Doçura

Tabla 3. Promedio peso inicial y el número de Lonchaeidae por fruto en variedades de melocotón injertados en 'Okinawa' y Umê en Presidente Prudente. São Paulo, Brasil, 2006.

Variedades	Patrón			
	Patrón Okinawa		Patrón Umê	
	Masa de frutos (g)	Número de moscas por fruto	Masa de frutos (g)	Número de moscas por fruto
Talismã	84,70 ± 1,48 a ¹	0,28 ± 0,08	98,91 ± 2,16 a	0,506 ± 0,09 a
Dourado 2	84,50 ± 2,18 a	0,24 ± 0,08	78,45 ± 3,70 c	0,197 ± 0,10 b
Tropical	75,27 ± 3,23 b	0,05 ± 0,03	92,31 ± 5,25 a	0,000 ± 0,00 b
Régis	66,94 ± 1,37 b	0,29 ± 0,08	87,14 ± 2,99 b	0,064 ± 0,06 b
Jóia 4	70,28 ± 2,42 b	0,20 ± 0,09	83,76 ± 4,95 b	0,184 ± 0,14 b
Aurora 2	70,72 ± 3,19 b	0,27 ± 0,08	79,17 ± 5,04 c	0,412 ± 0,18 a
Ouromel 3	63,15 ± 1,51 c	0,31 ± 0,08	73,93 ± 2,67 c	0,339 ± 0,10 a
Aurora 1	66,92 ± 4,54 c	0,14 ± 0,07	54,42 ± 3,61 e	0,174 ± 0,07 b
Doçura 2	59,17 ± 1,39 d	0,20 ± 0,05	68,05 ± 1,59 d	0,322 ± 0,07 a
F. cultivar	24,83*	0,84 ns	19,29*	3,32*
C.V. (%)	37,36	40,28	35,27	40,24
Média	70,42	0,238	78,112	0,296

Media ± Se (datos originales). ¹ Promedios de la columna seguidos por la misma letra no difieren al 5% nivel de probabilidad por la prueba de Scott-Knott.

* Efecto significativo.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre la masa del fruto y el número de moscas de la fruta de variedades de melocotón injertados en ‘Okinawa’ y Umê. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2006.

Variedades	Patrón			
	Patrón Okinawa		Patrón Umê	
	Número de frutos por planta	Número de mosca por fruto	Número de frutos por planta	Número de mosca por fruto
Masa del fruto	– 0,088	– 0,180	– 0,064	– 0,088
Número de frutos por planta	•	0,268*	•	0,334*

* Correlación lineal significativa en el 5% de probabilidad mediante el análisis de Pearson.

2 y Aurora 2 que difirieron significativamente de los demás y Tropical, Aurora 1, Dourado 2, Régis y Jóia 4 con menor porcentaje de infestación de los frutos (Tabla 2). En cuanto a los patrones, las apariciones de Lonchaeidae en variedades injertadas sobre ‘Okinawa’ (60,50%) y Umê (39,50%) no difirieron estadísticamente. *N. certa* se ha observado solo en el variedad Doçura 2 sobre ‘Okinawa’. Estos resultados son consistentes con Strikis (2005), que reportó a *N. pendula* como predominante entre los Lonchaeidae obtenidos de melocotón y níspero (*Eryobotria japonica* (Thunb.) Lindley) recogida de plantas y del suelo en la región de Monte Alegre del Sur, región al este del estado de São Paulo, Brasil.

Strikis y Prado (2005, 2009), en frutos de níspero, junto con otra especie, *N. inesperata*, registraron la presencia de *N. pendula*, *N. certa*, *N. glaberrima* (Wied.), *N. zadolicha* y *N. bifida*.

Salles (1996) reportó el efecto de la rigidez de la cáscara del fruto en el nivel de parasitismo de la mosca de la fruta encontrado en *Feijoa sellowiana* O. Berg., cinco veces inferior de aquella verificada en la guayaba común. En este estudio, la infestación por los Lonchaeidae varía entre las diferentes variedades lo que podría estar relacionado con la característica física de la firmeza de la pulpa que es más firme en algunas variedades de semilla presa como Tropical, Régis, Aurora 1 y Dourado 2 (Montes *et al.* 2008), lo que podría restringir la puesta de huevos de moscas con ovipositor corto.

Se encontró que un 5,98% de los melocotones recogidos presentan simultáneamente especies de *Neosilba* y *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824).

Los frutos de las variedades de melocotón sobre ‘Okinawa’ con mayor tamaño se obtuvieron a partir de Talismã

(84,70g) y Dourado 2 (84,50g), que difirieron estadísticamente de la otra. En el patrón Umê, los melocotones más grandes son aquellos observados en las variedades Talismã (98,91g) y Tropical (92,31g), que difirieron estadísticamente de las demás (Tabla 3). Con relación al número de moscas por fruto, no hubo diferencia estadística entre las variedades sobre ‘Okinawa’. Para Umê, las variedades Ouromel 3, Talismã, Dourado 2, Régis y Jóia 4 originaran significativamente mayor número de adultos por fruto que las demás variedades y similares entre sí (Tabla 3).

El número de frutos por planta estuvo correlacionado positivamente con el número de moscas por fruto ($r = 0,268$) para las variedades sobre ‘Okinawa’. Esto indica que las plantas con más frutos fueron las que presentaron mayor incidencia de moscas por fruto. Dado que en todas las variedades, hubo una correlación negativa entre el peso del fruto y el número de moscas por fruto sobre ‘Okinawa’ ($r = - 0,180$) y el número de frutos por planta ($r = - 0,088$) (Tabla 4). Las moscas de la fruta, en especial los Tephritidae, son atraídos por los colores y las formas de la fruta y el follaje en general en el dosel y el interior de plantas huésped el atractivo visual es la fuerza más importante que las guías de la fruta, y no el tamaño de la fruta (Souza-Filho *et al.* 2005).

En general, sobre el patrón Umê, el número de frutos por planta se correlacionó positivamente con el número de moscas por fruto ($r = 0,334$). Esto indica que también para este patrón, las plantas con más frutos fueron las que presentaron mayor incidencia de moscas por fruto. No hubo correlación significativa entre el peso de las frutas y número de frutos por planta ($r = - 0,064$) y número de moscas /fruto ($r = - 0,088$) (Tabla 4). En la puesta de huevos por las moscas ocurren una

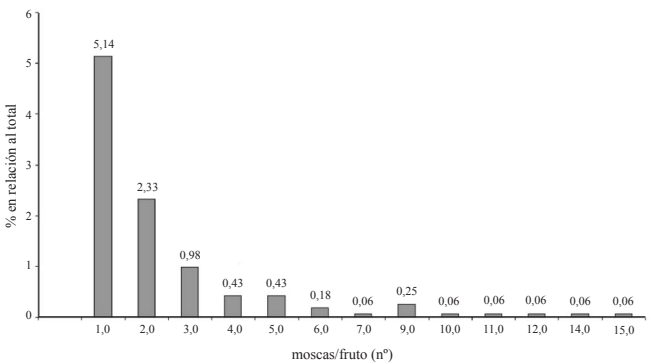


Figura 1. Distribución porcentual del número de moscas por fruto en melocotón sobre ‘Okinawa’ en Presidente Prudente, São Paulo, Brazil, 2006.

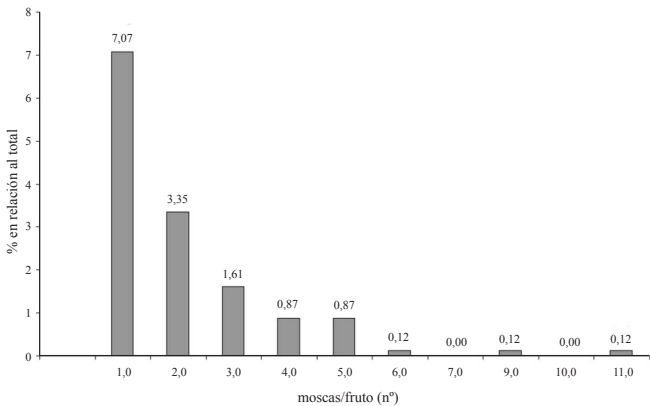


Figura 2. Distribución porcentual del número de moscas por fruto en melocotón sobre Umê en Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2006.

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson para el cultivo del melocotón injertados en los patrones ‘Okinawa’ y Umê en Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2006.

Variedades	Coeficiente de correlación (r)	
	Okinawa	Umê
Ouromel 3	- 0,171*	- 0,122
Tropical	- 151	0,000
Aurora 1	- 0,258*	0,042
Talismã	- 0,061	- 0,135*
Dourado 2	- 0,107	0,109
Doçura 2	- 0,049	- 0,038
Aurora 2	- 0,084	0,010
Régis	- 0,074	- 0,199*
Jóia 4	- 0,220	- 0,313*

* Correlación lineal significativa en el 5% de probabilidad mediante el análisis de Pearson.

serie de acciones desde la llegada de la fruta hasta la deposición de la feromona HMP, cuyo objetivo es señalar a las hembras conespecíficas que la fruta ha sido infestada lo que explica el comportamiento de dispersión de moscas dentro de una planta en busca de alimento (Sugayama y Malavasi 2000).

Debido a que las frutas se individualizaron se pudo registrar la aparición de más de un espécimen de Lonchaeidae por fruto. En las variedades sobre ‘Okinawa’, observó un mayor número de frutos con la aparición de un ejemplar por fruto (5,14%) y menor número de frutos con 9 a 15 ejemplares por fruto (0,061%) (Fig. 1). En las variedades sobre Umê se observó un mayor número de frutos con la aparición de uno y dos ejemplares por fruto (7,07% y 3,35%), respectivamente y menor número de frutos con seis, nueve y 11 ejemplares por fruto (0,12%) (Fig. 2).

A pesar de que todos los coeficientes de correlación en cada variedad fueron negativos, sólo hubo significancia en los cultivares Ouromel 3, Aurora 1 y Jóia 4 sobre ‘Okinawa’ y Talismã, Régis y Jóia 4 sobre Umê (Tabla 5). En las otras variedades las correlaciones no fueron significativas. En los análisis conjuntos de los patrones, no hubo diferencias significativas para peso y el número de Lonchaeidae por fruto.

Conclusiones

Melocotón crecidos en los patrones ‘Okinawa’ y Umê en la ciudad de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, están infestados por especies de Lonchaeidae que presentan una preferencia por las diferentes variedades, independientemente del peso de los frutos. Este trabajo, por tanto, es una aproximación al conocimiento de la comunidad de especies de Lonchaeidae, que supone una base para su control.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de la tesis de Doctorado del primer autor. Este trabajo contó con auxilio de FAPESP (Processo nº 05/55649-5). Queremos manifestar nuestro agradecimiento a al Dra. Marlene Cristina Alves-FEIS/UNESP por la revisión del trabajo.

Literatura citada

- ARAUJO, E. L.; ZUCCHI, R. A. 2002. Hospedeiros e níveis de infestação de *Neosilba pendula* (Bezzi) (Diptera: Lonchaeidae) na região de Mossoró/Assu, RN. Arquivos do Instituto Biológico 69 (2): 91-94.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. 1989. Experimentação agrícola. FUNEP, Jaboticabal. 247p.
- McALPINE, J. F.; STEYSKAL, G. C. 1982. A revision of *Neosilba* McAlpine with a key to world genera of Lonchaeidae (Diptera). Canadian Entomologist (114): 105-137.
- MONTES, S. M. N. M.; BOLIANI, A.C.; RAGA, A.; SANTOS, P.C.; CORRÊA, L.S.; FERRARI, J.T. 2008. Características produtivas, físicas e químicas de frutos de cultivares de pessegueiros sobre dois porta-enxertos no oeste do estado de São. Revista Brasileira de Fruticultura 30(4): 857-1166.
- NORRBOM, A L.; McALPINE, J. F. 1996. A revision of the neotropical species *Dasiops rondani* (Diptera: Lonchaeidae) attacking *Passiflora* (Passifloraceae). Memoirs of the Entomological Society of Washington 18 (1): 189-211.
- PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C.; ROBERTO, S. R. 2002. Tecnologia para a cultura do pessegueiro em regiões tropicais e subtropicais. Funep, Jaboticabal. 61p.
- RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F.; ARTHUR, V.; MARTINS, A. L. M. 1996. Avaliação da infestação de moscas-das-frutas em variedades de café (*Coffea* spp.). Arquivos do Instituto Biológico 63 (1): 59-63.
- RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F.; ARTHUR, V.; SATO, M. E.; MACHADO, L. A.; BATISTA FILHO, A. 1997. Observações sobre a incidência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em frutos de laranja (*Citrus sinensis*). Arquivos do Instituto Biológico 64 (2): 125-129.
- RIBEIRO JUNIOR, J. I. 2001. Análises estatísticas no SAEG. UFV, Viçosa. 310p.
- SALLES, L. A. B. 1996. Parasitismo de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) por Hymenoptera, na região de Pelotas, RS. Pesquisa Agropecuária Brasileira 31 (11): 769-774.
- SALLES, L. A. B. 1998 Principais pragas e seu controle. En: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. (Ed.). A cultura do Pessegueiro. Brasília: EMBRAPA-SPI. Pelotas: EMBRAPA-CPACT. 205-242.
- SILVA, N. M. 1993. Levantamento e análise faunística de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em quatro locais do Estado do Amazonas. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- SOUZA FILHO, M. F. 1999. Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitóides (Hymenoptera) em plantas hospedeiras no Estado de São Paulo. Piracicaba. 174 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUZA FILHO, M. F.; RAGA, A.; AZEVEDO-FILHO, J.A.; STRIKIS, P.C.; GUIMARÃES, J.Q.; ZUCCHI, R.A. 2006. Diversity and seasonality of fruit flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and figitidae) in orchards of Guava, loquat and peach. *Brazilian journal of Biology* 69 (1): 20-31.
- STRIKIS, P. C. 2005. Relações tritróficas envolvendo lonqueídeos e tefritídeos (Diptera: Tephritoidea) e seus parasitóides (Hymenoptera: Chalcidoidea) em Monte Alegre do Sul, SP e Campinas, SP. 174 f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- STRIKIS, P. C.; PRADO, A. P. 2005. A new species of the genus *Neosilba* (Diptera: Lonchaeidae). *Zootaxa* 828 (1): 1-14.
- STRIKIS, P. C.; PRADO, A. P. 2009. Lonchaeidae associados a frutos de nêspera, *Eryobotria japonica* (Thunb.) Lindely (Rosaceae), com a descrição de uma espécie nova de *Neosilba* (Diptera: Tephritoidea). *Arquivos do Instituto Biológico* 76 (1): 49-54.
- SUGAYAMA, R.L.; MALAVASI, A. 2000. Ecologia comportamental. p. 103-108. En: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos. 327p.
- UCHÔA-FERNANDES, M. A.; ZUCCHI, R. A. 1999. Metodologia de colecta de Tephritidae y Lonchaeidae frugívoros (Diptera: Tephritoidea) y sus parasitoides (Hymenoptera). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28 (1): 601-610.
- UCHÔA-FERNANDES, M. A.; OLIVEIRA, I. de; MOLINA, R. M. S.; ZUCCHI, R. A. 2002. Species diversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritidae) from hosts in the cerrado of the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Neotropical Entomology* 31 (4): 515-524.

Recibido: 19-ene-2010 • Aceptado: 23-oct -2010

Nota científica

Aspectos biológicos de *Lema quadrivittata* (Coleoptera: Chrysomelidae), minador de hojas de *Commelina erecta* en Argentina

Biological aspects of *Lema quadrivittata* (Coleoptera: Chrysomelidae), leafminer of *Commelina erecta* in Argentina

MARÍA TERESA DEFAGÓ¹, MARÍA SILVINA FENOGLIO² y ADRIANA SALVO³

Resumen: Se estudian aspectos biológicos de *Lema (Neolema) quadrivittata*, minador de hojas de *Commelina erecta*, y se registran por primera vez dos géneros de parasitoides asociados al minador.

Palabras clave: Criocerinae. Soja. “Flor de Santa Lucía”.

Abstract: Biological aspects of *Lema (Neolema) quadrivittata*, leafminer of *Commelina erecta*, were studied, and for the first time two genera of parasitoids associated with the leafminer are reported.

Key words: Criocerinae. Soy. “Flor de Santa Lucía”.

Introducción

Commelina erecta L., 1753 (Commelinaceae), comúnmente conocida como “Flor de Santa Lucía”, es una planta herbácea perenne de origen neotropical (Sércic *et al.* 2006) distribuida principalmente en el norte y centro de Argentina, con amplia difusión en ambientes urbanos y cultivados. En los últimos años, esta especie vegetal ha cobrado especial importancia por ser una de las seis malezas del cultivo de soja cuya tolerancia al glifosato ha sido comprobada (Rodríguez y Rainero 2002; Vitta *et al.* 2004). El glifosato es un herbicida de amplia utilización en las variedades de soja transgénicas que lo toleran, con las cuales se cultiva más del 98% de la superficie dedicada a soja en la Argentina (James 2001).

En este contexto, el estudio de los insectos fitófagos de *C. erecta* resulta de especial interés por su potencial uso como reguladores biológicos de la maleza. Hasta el momento, sólo se conocen tres especies de herbívoros, atacando exclusivamente especies de la familia Commelinaceae, y que se asocian a *C. erecta* en la zona central de Argentina, *Lema (Neolema) dorsalis* Olivier, 1891 (= *L. orbignyi*) y *L. (Neolema) quadrivittata* Boheman, 1858 (ambas Chrysomelidae: Criocerinae) y *Liriomyza commelinae* Frost, 1931 (Diptera: Agromyzidae). *Lema dorsalis* es un ectofitófago que en estado adulto se alimenta de las hojas de *C. erecta*, mientras que las larvas se alimentan durante las primeras 24 hs de vida de la epidermis foliar y posteriormente ingresan a los frutos (Frers 1922). *Lema quadrivittata* y *L. commelinae*, en cambio, son minadores de hojas de *C. erecta*, alimentándose de mesófilo foliar durante sus estadios larvales. Los ciclos vitales de estos insectos se encuentran parcialmente descritos en la literatura (Frers 1922; Smith 1987).

La utilización de insectos minadores de hojas como eficaces reguladores poblacionales de malezas ha sido documentada (Klein y Kroschel 2002; Day *et al.* 2003). Teniendo en

cuenta esto, el objetivo de este trabajo es conocer aspectos biológicos de *L. quadrivittata* debido a su potencial como controlador biológico de *C. erecta*. Particularmente, se estudiaron algunas variables descriptivas de su ciclo vital y se registró la presencia de posibles parasitoides asociados al minador.

Materiales y Métodos

Durante los meses de diciembre 2007 a febrero 2008, se recolectaron hojas de *C. erecta* minadas por *L. quadrivittata* en veredas, patios y jardines de la Ciudad de Córdoba. En laboratorio, el material se conservó en bolsas de polietileno a temperatura controlada ($23 \pm 2^\circ\text{C}$), hasta la emergencia de los adultos (coleópteros o parasitoides). Los coleópteros así obtenidos, un número inicial de 22 adultos, se colocaron en una jaula entomológica (madera, vidrio y tela malla) de 40 x 40 x 40 cm con plantas de *C. erecta* y fueron mantenidos allí hasta su muerte. No fue posible separar machos de hembras debido a que los sexos son morfológicamente indistinguibles a simple vista. Las plantas de *C. erecta* fueron previamente cultivadas a partir de secciones vegetativas obtenidas de plantas de campo. Diariamente, se retiraron las hojas con oviposturas y cada hoja fue ubicada individualmente en cápsulas de Petri de vidrio (20 cm de diámetro), juntamente con un trozo de algodón embebido en agua para su hidratación.

Se estudiaron diversas variables descriptivas: número de los huevos puestos, duración de los diferentes estados de desarrollo y número de hojas utilizadas por las larvas para completar su crecimiento. Se calcularon promedios y errores estándar para cada variable medida. Muestras de huevos, larvas, pupas y adultos fueron conservados y se encuentran depositados en la colección entomológica de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

¹ Bióloga, Profesora Universidad Nacional de Córdoba. Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba (UNC). Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET). Vélez Sarsfield 1611. CP: X5016 GCA. Córdoba. Argentina. mdefago@yahoo.com.ar Autora para correspondencia, ² Becaria Postdoctoral CONICET. Dra en Ciencias Biológicas. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET). Vélez Sarsfield 1611. CP: X5016 GCA. Córdoba. Argentina. mfenoglio@efn.uncor.edu, ³ Dra. en Ciencias Biológicas. Investigadora Adjunta CONICET. Profesora Universidad Nacional de Córdoba. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET). Vélez Sarsfield 1611. CP: X5016 GCA. Córdoba. Argentina. asalvo@efn.uncor.edu

Resultados y Discusión

Los adultos comenzaron a copular entre 24 y 48 hs luego de su emergencia. Las hembras de *L. quadrivittata* colocaron sus huevos de manera aislada, adhiriéndolos tanto en el haz o el envés de las hojas de *C. erecta* con un promedio de dos huevos por hoja (± 0.21 ; $N = 28$ hojas), y un rango de uno (en un 37% de las hojas) a seis huevos por hoja (observado en un único caso). Luego de la eclosión, las larvas ingresaron al interior de la hoja realizando una incisión en la epidermis foliar para alimentarse del mesófilo. Como resultado de su alimentación, las larvas producen minas lineales gruesas y zigzagueantes que por coalescencia dan lugar a una pseudocámara, visible tanto por el haz como por el envés, imprimiéndole a la hoja un aspecto translúcido (Fig. 1A). Este tipo de mina, denominada “viscerónoma” (Hering 1951), es característica de varias especies de minadores de hojas. Los excrementos se observan en el interior, como pequeñas manchas color castaño oscuro, distribuidos sin patrón por la mina (Fig. 1A). Las larvas se alimentaron de más de una hoja y en todos los casos, la hoja fue abandonada cuando había sido consumida totalmente. Dos o más larvas compartieron la misma hoja en algunas oportunidades, aunque la mayoría de las veces, las minas llevaron en su interior una única larva en desarrollo. Cada larva necesitó en promedio 2,36 hojas (± 0.14 ; $N = 22$) para alcanzar el estado pupal. La utilización de varias hojas para alcanzar el desarrollo en larvas de *L. quadrivittata* es poco frecuente en minadores del orden Coleoptera, nunca ocurre en dípteros minadores y es muy común en larvas de lepidópteros minadores (Hering 1951).

La pupación ocurrió en todos los casos fuera de la mina, en una celda de color blanco generada por secreciones de la larva que serían producidas, según distintos autores, por el mesenterón o la boca (Schmitt 1988; Vencl y Aiello 1997). Dicha celda, similar a la construida por otras especies de la subfamilia Criocerinae (Vencl y Aiello 1997), toma consistencia rígida al contacto con el aire y queda adherida en algunos casos a la hoja y en otros al sustrato.

Los huevos poseen forma subcilíndrica y su corion, de color ocre, contrasta fuertemente con el verde de la hoja, haciéndolos fácilmente reconocibles. La larva oligopódica presenta la apariencia general de las de su género (Frers 1922): posee aspecto encorvado y es de color blanquecino, a excep-

ción de la cápsula cefálica y región dorsal del pronoto, ambas de color pardo-amarillento, con un mayor grado de esclerotización que el resto del cuerpo (Fig. 1B). En la región dorsal de la cápsula cefálica se pudo distinguir la sutura epicraneal en forma de “Y”, con antenas cortas conformadas por tres artejos. A cada lado de la cabeza se observan seis manchas oculares, cuatro agrupadas detrás de las antenas y dos por debajo de ellas. Las mandíbulas son fuertes, de color castaño oscuro, armadas con dientes agudos. Las maxilas presentan palpos formados por tres segmentos. Los espiráculos son circulares y se abren en la región pleural, uno en el mesotórax y los ocho restantes en cada segmento del abdomen. Las patas son cortas, presentan escasos pelos y se encuentran armadas con una uña preapical en forma de gancho, color castaño. La pupa es de tipo exarata de color amarillo (Fig. 1C). La morfología externa de las larvas minadoras de *L. quadrivittata* por su aspecto globoso no es la esperada para larvas endofitófagas con hábito minador y en cambio se asemeja a larvas de otros Criocerinae ectofitófagos (Monrós 1951). Las larvas minadoras se caracterizan por presentar adaptaciones para vivir dentro de las hojas: cuerpo aplanado y patas cortas, frecuentemente separadas entre sí o bien son larvas ápodas (Hering 1951; Gullan y Cranston 1994). Es de destacar que la mayoría de las formas larvales de las especies del género *Lema* son ectofitófagas, mientras que el hábito minador es infrecuente en este género (Monrós 1959; Vencl y Aiello 1997).

Los adultos de *L. quadrivittata*, al igual que otras especies de la subfamilia, presentan una amplia variación intraespecífica en los patrones de color (Monrós 1959). Los adultos respondieron a las características morfológicas que se ajustan a *L. quadrivittata* v. *xanthogramma* aunque algunos ejemplares corresponderían a *L. quadrivittata quadrivittata* y a una forma intermedia no nominada (Monrós 1948) (Fig. 1D).

La duración promedio de los distintos estados de desarrollo fue para el estado de huevo, larva y pupa de 5,04 ($\pm 0,16$), 8,15 ($\pm 0,69$) y 5,91 ($\pm 0,64$) días respectivamente. El 41% de los huevos obtenidos en laboratorio alcanzaron el estado adulto, registrándose una mortalidad del 22% de los huevos, 36% de las larvas y 8% de las pupas. Las altas tasas de mortalidad por causas desconocidas son frecuentes en minadores de hojas (Hespenheide 1991). A partir de material obtenido en campo fue posible obtener himenópteros parasitoides de los géneros *Bracon* Fabricius, 1804 (Ichneumonoidea: Braconidae) y *Conura* Spinola, 1837 (Chalcidoidea: Chalcididae). Los parasitoides constituyen una importante fuente de mortalidad para estos insectos (Connor y Taverner 1997; Fenoglio *et al.* 2009). Las especies de *Bracon* se desarrollan como ectoparasitoides de un amplio rango de larvas de Lepidoptera, Coleoptera y Diptera. Sólo unas 20 especies, de los varios cientos que abarca el género, se han registrado asociadas a minadores de hojas (Salvo 2008). En cuanto a *Conura*, sus especies suelen atacar pupas de Lepidoptera y Coleoptera con varios estilos de vida, en algunos casos minadores de hojas (Marchiori *et al.* 2004).

Este trabajo constituye la primera aproximación al conocimiento de los aspectos biológicos de *L. quadrivittata*. Estudios ecológicos complementarios son necesarios para determinar el posible rol de esta especie como regulador biológico de *C. erecta*.

Agradecimientos

A la Dra. Nora Cabrera por la identificación del material.

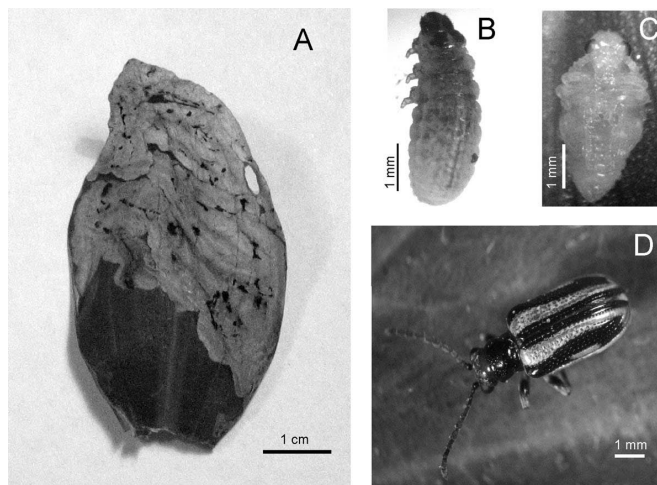


Figura 1. *Lema (Neolema) quadrivittata*, A Mina producida por la alimentación de la larva, B Larva, C Pupa, D Adulto.

Literatura citada

- CONNOR, E. F.; TAVERNER, M. P. 1997. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. *Oikos* 79: 6-25.
- DAY, M.; WILEY, C.J.; PLAYFORD, J.; ZALUCKI, M. P. 2003. *Lantana*: current management status and future prospects. *ACIAR Monograph* 102, Canberra, Australia.
- FENOGLIO, M. S.; SALVO, A.; ESTALLO, E. 2009. Effects of urbanization on the parasitoid community of a leafminer. *Acta Oecologica* 35: 318-326.
- FRERS, A. G. 1922. Metamorfosis, biología y variaciones de una especie de crisomélido "*Lema dorsalis*" (Oliv.) *Physis* 6:1-21.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON P. S. 1994. *The Insects: an outline of entomology*. Chapman & Hall, London UK. 491p.
- HERING, E.M. 1951. *Biology of the Leaf Miners*. The Hague, Dr. W. Junk. 420p.
- HESPENHEIDE, H.A. 1991. Bionomics of leaf-mining insects. *Annual Review of Entomology* 36: 535-560.
- JAMES, C. 2001. Global Review of Commercialized Transgenic Crops. *ISAAA Briefs*, 24: Preview. Ithaca, NY, 15p.
- KLEIN, O.; KROSCHER, J. 2002. Biological control of *Orobancha* spp. with *Phytomyza orobanchia*, a review. *Biocontrol* 47: 245-277.
- MARCHIORI, C. H.; SILVA, C. G.; LOBO, A. P. 2004 Parasitoids of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) collected on tomato plants in Lavras, state of Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 64: 551-552.
- MONRÓS, F. 1948. Notas sobre "Eupoda" argentinos (Col. Chrysomelidae). *Acta Zoologica Lilloana* 5: 203-220.
- MONRÓS, F. 1951. Seis nuevas especies de Criocerine del noreste Argentino (Col. Chrysomelidae). *Acta Zoologica Lilloana* 10: 23-50.
- MONRÓS, F. 1959. Los géneros de Chrysomelidae (Coleoptera). *Opera Lilloana* III 1-230.
- RODRÍGUEZ, N.; RAINERO, H. 2002. Listado de malezas con grados de tolerancia a glifosato. Resúmenes de las IX Jornadas Fitosanitarias, Río Cuarto, Argentina. 26-28 Junio 2002, 209 p.
- SALVO, A. 2008. Parasitoides de minadores de hojas. Pp 31-51. En: G. Debandi, S.; Roig Juárez, A.; Claps, L. (eds.). *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos II*. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones.
- SÉRCIC, A.; COCUCCI, A.; BENÍTEZ-VIEYRA, S.; DÍAZ, L.; GLINOS, E.; GROSSO, N.; LAZARTE, C.; MEDINA, M.; MORÉ, M.; MOYANO, M.; NATTERO, J.; PAIARO, V.; TRUJILLO, C.; WIEMER, P. 2006. Flores del Centro de Argentina. Una guía ilustrada para conocer 141 especies típicas. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina. 354p.
- SMITH, D. C. 1987. The population dynamics in Jamaica of *Liariomyza commelinae* (Frost) (Diptera: Agromyzidae). Thesis. The University of West Indies. Trinidad y Tobago. 212p.
- SCHMITT, M. 1988. The Criocerinae: Biology, Phylogeny and Evolution. Pp 475-595. En: Jolivet, P.; Petitpierre, E.; Hsiao, T. H. (eds.). *Biology of Chrysomelidae*. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht 615p.
- VENCL, F. V.; AIELLO, A. 1997. A new species of leaf-mining *Oulema* from Panama (Coleoptera: Chrysomelidae; Criocerinae). *Journal of the New York Entomological Society* 105: 40-44.
- VITTA, J. I.; TUESCA, D.; PURICELLI, E. 2004. Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness in Argentina. *Agriculture Ecosystems and Environment* 103: 621-624.

Recibido: 4-jul-2009 • Aceptado: 23-ene-2010

Nota científica

Comportamiento de acicalamiento de abejas (Hymenoptera: Apidae) sobre varroa (Mesostigmata: Varroidae)

Grooming behaviour of honey bees (Hymenoptera: Apidae) on varroa (Mesostigmata: Varroidae)

XIMENA ARANEDA D.¹, MANUEL BERNALES M.², JAIME SOLANO S.³ y KARINA MANSILLA V.²

Resumen: Entre los factores que pueden ayudar a disminuir y controlar la población de *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera* está el comportamiento de acicalamiento. Este comportamiento consiste en la capacidad de la abeja de detectar, morder y eliminar los parásitos en etapa forética. En esta investigación se analizó la presencia del comportamiento de acicalamiento en colonias de abejas a través de la observación de ácaros dañados. Para ello se utilizaron seis colonias de abejas de la especie *A. mellifera* en colmenas tipo Langstroth, las cuales se evaluaron diariamente durante 30 días en abril y mayo del año 2008. Las muestras correspondieron a la caída diaria de ácaros a placas de metal con vaselina, ubicada en el piso de cada colmena por un periodo de 24 horas. Los resultados indicaron 95% de varroas caídas muertas y 5% vivas de un total de 2.005 varroas. Se encontró un 49% de ácaros con daños y 51% sin daños. Con base en lo observado existe la posibilidad de elegir colonias con comportamiento de acicalamiento de importancia como daño dorsal y daño completo sobre el acaro, lo cual puede ser muy útil para estudiar selección de abejas y diseñar estrategias de manejo integrado del acaro *V. destructor*.

Palabras clave: Ácaro. *Apis mellifera*. *V. destructor*.

Abstract: Among the factors that can help to diminish and control populations of *Varroa destructor* in colonies of *Apis mellifera* is grooming behaviour. This behaviour consists of the capacity of the bee to detect, bite and eliminate parasites in the phoretic stage. In this investigation we evaluated the presence of grooming behavior in bee colonies through observations of damaged mites. For this we used six colonies of *A. mellifera* in Langstroth type beehives, which were evaluated daily for 30 days in April and May of 2008. The samples consisted of daily mite fall onto metal sheets coated with vaseline, placed in the floor of each beehive for a period of 24 hours. The results showed 95% of fallen mites dead and 5% alive out of a total of 2005 mites. We found 49% of mites with damage and 51% without damage. Based on these observations, it may be possible to choose colonies with significant grooming behavior such as dorsal damage and complete damage, which can be very useful to study bee selection and to design strategies of integrated management of the mite *V. destructor*.

Key words: Mite. *Apis mellifera*. *V. destructor*.

Introducción

Las infestaciones de colonias por *Varroa destructor* (Anderson y Trueman, 2000) causan un impacto directo en el desarrollo de las abejas, incluyendo un reducido peso en su cuerpo (Bowen-Walker y Gunn 2001), lo que se traduce en una disminución de la productividad (Murilhas 2002). Además, puede transmitir enfermedades virales y bacterianas a las abejas, afectando el sistema inmune (Gregory *et al.* 2005), las cuales puede inducir la proliferación de virus (Yang y Cox-Foster 2005). Incluso puede causar daños crónicos, aumentando la tasa de apoptosis neuronal durante el envejecimiento, lo que podría explicar por qué las abejas más adultas tienen dificultades en el aprendizaje y la orientación en el vuelo (Navajas *et al.* 2008).

Algunas colonias de abejas son capaces de tolerar y sobrevivir a la infestación de *Varroa* a pesar de la presencia del parásito en la colmena (Le Conte *et al.* 2007). Esta característica se ha atribuido a una variedad de factores, incluidos los de comportamiento de acicalamiento y de higiene (Samataro *et al.* 2000). El comportamiento de acicalamiento (o grooming en inglés) es la capacidad de las abejas de detectar,

morder, retirar y eliminar los ácaros en etapa forética, ya sea sobre sí misma (autogrooming) o sobre otras abejas (allogrooming) (Danka y Villa 2005).

Este estudio tiene como objetivo general establecer la presencia de acicalamiento en colonias de abejas *Apis mellifera* L. con relación al control del acaro *V. destructor* y como objetivos específicos cuantificar los ácaros dañados, caracterizar el tipo de daño en ácaros recolectados, cuantificar la presencia de acicalamiento con las colonias de abejas observadas y determinar la cantidad de ácaros que mueren diariamente en cada colonia.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Pillanlelún, perteneciente a la Universidad Católica de Temuco, ubicado a 18 kilómetros al Norte de la ciudad de Temuco (38° 39' 17,2" lat. Sur, 72° 26' 56" long. Oeste), en la comuna de Lautaro, provincia de Cautín, Región de La Araucanía, Chile.

Para el estudio se utilizaron seis colonias de abejas europeas de la especie *A. mellifera carnica* en colmenas tipo

¹ M. Sc., Universidad Católica de Temuco, Rudecindo Ortega 02950, Casilla 15-D, Temuco, Chile. xaraneda@uct.cl. Autor para correspondencia. ² Ing. Agrónomos, Universidad Católica de Temuco, Rudecindo Ortega 02950, Casilla 15-D, Temuco, Chile. ³ M. Sc., Universidad Católica de Temuco, Rudecindo Ortega 02950, Casilla 15-D, Temuco, Chile. jsolano@uct.cl

Langstroth, sometidas a manejos convencionales. La recolección de las muestras se efectuó a diario entre 24 de abril a 24 de mayo de 2008, al medio día. En cada colonia se colocó una placa metálica con una capa delgada de vaselina en el piso de la colmena cubriendo completamente la superficie. Una vez pasadas las 24 horas se retiraron las placas y se guardaron en bolsas plásticas individualmente, rotulándolas con el número de la colmena correspondiente, inmediatamente se trasladaron al Laboratorio de Sanidad de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Temuco para su revisión. Para realizar las observaciones se tomó una a una cada placa retirándole la bolsa plástica, analizando primero la placa metálica y posteriormente la bolsa plástica, con la ayuda de una pinza u alfiler entomológico, tomando uno a uno los ácaros caídos diariamente para revisarlos y cuantificar los daños presentes. Se tomaron los ácaros con un alfiler entomológico y se colocaron en placas petri, llevando éstas a la lupa binocular (aumento de 40X). Se examinó cuidadosamente la parte dorsal y ventral del cuerpo de cada varroa y se registraron los daños; se registró el número de ácaros caídos de cada colonia, en una planilla de anotaciones Excel. Mediante el procedimiento de cuantificación de varroas dañadas se midió la capacidad de acicalamiento de las colonias, con el fin de comparar el número de varroas dañadas y el de varroas sanas.

Resultados y Discusión

Los ácaros colectados ascendieron a un total de 2.005 varroas, de las cuales 109 (5%) eran varroas vivas y las 1.896 restantes (95%) muertas. Diariamente cayeron en promedio de 66,8 ácaros, cerca del 49% de ellas eran varroas dañadas. En tanto, para Moretto (2002) en un estudio realizado en el Sur de Brasil encontró que la proporción diaria de ácaros muertos fue de 6,3% y 2,11% en las colonias africanizadas y cárnicas, respectivamente, mientras que la proporción de ácaros vivos encontrados en el fondo de la colmena fue de 2,45% en las abejas africanizadas y 0,82% en las cárnicas. Mientras que Correa-Márquez *et al.* (2002), encontraron una media de 35,8% de los ácaros recogidos en la parte inferior de la colonia de abejas italianas que se encontraban dañadas, de los cuales el 19,1% eran varroas vivas, una proporción mayor de ácaros dañados se encuentran en las colonias de abejas cárnicas con un 42,3% y el 22,5% de los ácaros se recogieron vivos.

Dado que este estudio es realizado en colonias que no han recibido manejo sanitario para el control de varroa durante la temporada, podemos aseverar que la disminución de ácaros caídos puede deberse sólo a la muerte natural (sin químicos) o al comportamiento de acicalamiento. Tal como lo señalan Guerra *et al.* (2000), quienes al comparar colonias africanizadas e italianas de abejas, reportaron que la población de abejas italianas en el Archipiélago de Fernando de Noronha (Brasil) han sido expuestas y sobrevivido sin tratamiento a infestaciones de varroa durante más de 12 años, lograron eliminar un 35% de cría infestada.

Por otro lado, las temperaturas invernales del mes de mayo son rigurosas y las abejas al entrar en su etapa invernal disminuyen el continuo movimiento lo que vendría a disminuir las posibilidades de caídas de varroas vivas por accidente. En el mismo sentido, la entrada en hibernación de las abejas, implica entre otras cosas un continuo receso de la reproducción y con ello bajas posibilidades de multiplicación del ácaro y consecuentemente disminución poblacional. Tal como lo se-

ñalan Currie y Tahmasbi (2008), quienes indican que existe un costo biológico asociado con el comportamiento de acicalamiento a las bajas temperaturas, afectando la mortalidad de las abejas. Además, hay que considerar que la tasa de infestación es mayor cuando aumenta la oferta nectarífera y la producción de propóleos (Manrique y Soares 2004).

Como ya se mencionó, el 49% de las varroas caídas presentaron algún tipo de daño, mientras que 51% de los ácaros caídos no mostraron ningún tipo de lesión. Mientras que Stanimirović *et al.* (2005), reportaron que el número de ácaros dañados osciló entre un 36,05% al 39,61% y Correa-Márquez *et al.* (2000), en la clasificación y cuantificación de daños por acicalamiento obtuvieron un 36,9% de ácaros con daños.

Del total de ácaros caídos, los daños fueron mucho más frecuentes en las extremidades (37,1%) que en el dorso (11,2%). Mientras que los ácaros que estaban dañados en su totalidad representan el 0,7% del total y el 51% restante corresponde a ácaros caídos sin daño (Fig. 1). Por lo tanto, el daño total encontrado se define como el daño presente en una varroa donde se encuentren comprometidas en conjunto las extremidades, el dorso y el idiosoma. De esta forma, el porcentaje de acicalamiento definido como de real importancia es la suma de los daños dorsales (11,2%) y daños completos (0,7%) en los ácaros caídos y correspondió a un 11,9%.

En relación con la mutilación de las extremidades en las varroas, ésta fue diversa y se pudo ver desde la pérdida de una pata hasta la pérdida total de las extremidades, donde Mondragón *et al.* (2005), encontraron un promedio anual de 15,1% ácaros mutilados. Las lesiones más frecuentes se encontraron en el primer par de patas, y las más inusuales en el cuarto par de patas. En tanto Stanimirović *et al.* (2005), también separaron los daños de ácaros en seis categorías, reportando que la categoría más frecuente de los daños fue en las patas con un 53,38% en colonias potentes con reinas de un año de edad, y un 52,02% en colonias potentes con reinas de dos años de edad. Similar a lo reportado por Correa-Márquez *et al.* (2002) al obtener el mayor porcentaje de lesiones en el primer par de patas.

La importancia de clasificar los daños en: daño de extremidades, dorso y daño total se basa en la importancia relativa de cada uno de ellos y en la frecuencia en que se encuentran presentes en los ácaros caídos. En esta investigación se plantea que el porcentaje de daños en extremidades de 37,1% no puede ser considerado un daño de importancia para definir

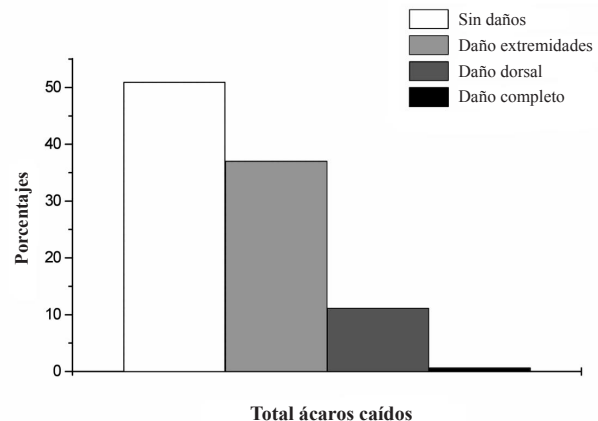


Figura 1. Porcentaje de los daños presentes en ácaros.

el comportamiento de acicalamiento pues no es un daño que comprometa seriamente la viabilidad de las varroas.

En esta investigación, se agruparon los tipos de daños por extremidades, dorsales y daños completos con el fin de describir la cantidad de acicalamiento que presentan las colonias, obteniendo como resultado un 11,9% de daños de real importancia para determinar comportamiento de acicalamiento en abejas melíferas. Este valor podemos definirlo como el verdadero porcentaje de comportamiento de acicalamiento en nuestras abejas y no es comparable con estudios anteriores pues hasta ahora las investigaciones se han basado en la suma de todos los daños, incluidas las patas, para definir esta conducta. Tal como lo reportan Mondragón *et al.* (2005), al señalar que los resultados de este tipo de investigación deben interpretarse con cuidado debido que al cuantificar daños al azar que tengan los ácaros, no causados por las abejas, pueden generar una sobreestimación de los daños.

Por lo tanto, una correcta cuantificación del comportamiento de acicalamiento nos permitirá seleccionar colonias que puedan ser útiles para el mejoramiento genético y diseñar estrategias de manejo integrado del ácaro *V. destructor*.

Literatura citada

- ANDERSON, D.L.; TRUEMAN, W.H. 2000. *Varroa jacobsoni* is more than one species. *Experimental and Applied Acarology* 24: 165-189.
- BOWEN-WALKER, P.; GUNN, A. 2001. The effect of the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* on adult worker honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 101 (3): 207-217.
- CORREA-MARQUES, M.H.; CAVICCHIO, M.R.; DE JONG, D. 2000. Classification and quantification of damaged *Varroa jacobsoni* found in the debris of honey bee colonies as criteria for selection? *American Bee Journal* 140 (10):820-824.
- CORREA-MÁRQUEZ, M.; DE JONG, D.; ROSENKRANZ, P.; GONÇALVES, L. 2002. *Varroa*-tolerant italian honey bees introduced from Brazil were not more efficient in defending themselves against the mite *Varroa destructor* than Carniolan bees in Germany. *Genetics and Molecular Research* 1 (2): 156-158.
- CURRIE, R.W.; TAHMASBI, G.H. 2008. The ability of high - and low - grooming lines of honey bees to remove the parasitic mite *Varroa destructor* is affected by environmental conditions. *Canadian Journal of Zoology* 86 (9): 1059-1067.
- DANKA, R.; VILLA, J. 2005. An association in honey bees between autogrooming and the presence of migrating tracheal mites. *Apidologie* 36: 331-333.
- GREGORY, P.G.; EVANS, J.D.; RINDERER, T.E.; DE GUZMAN, L. 2005. Conditional immune-gene suppression of honeybees parasitized by *Varroa* mites. *Journal of Insect Science* 5: 1-5.
- GUERRA, J.C.; GONÇALVES, L.; DE JONG, D. 2000. Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) are more efficient at removing worker brood artificially infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans than are italian bees or italian/africanized hybrids. *Genetics and Molecular Biology* 23 (1): 89-92.
- LE CONTE, Y.; DE VAUBLANC, G.; CRAUSER, D.; JEANNE, F.; ROUSSELLE, J.C.; BECARD, J.M. 2007. Honey bee colonies that have survived *Varroa destructor*. *Apidologie* 38: 566-572.
- MANRIQUE, A.; SOARES, A. 2004. Relación entre la producción de propóleos y la tasa de infestación de varroas (*Varroa destructor*) en abejas africanizadas (*Apis mellifera*) en Brasil. *Zootecnia Tropical* 22 (3): 289-298.
- MONDRAGÓN, L.; SPIVAK, M.; VANDAME, R. 2005. A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. *Apidologie* 36: 345-358.
- MORETTO, G. 2002. Mortality of *Varroa destructor* in broodless africanized and carnica honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Interciencia* 27 (12): 702-704.
- MURILHAS, A. 2002. *Varroa destructor* infestation impact on *Apis mellifera carnica* capped worker brood production, bee population and honey storage in a Mediterranean climate. *Apidologie* 33:271-281.
- NAVAJAS, M.; MIGEON, A.; ALAUX, C.; MARTIN-MAGNIETTE, M.L.; ROBINSON, G.E.; EVANS, J.D.; CROS-ARTEIL, S.; CRAUSER, D.; LE CONTE, Y. 2008. Differential gene expression of the honey bee *Apis mellifera* associated with *Varroa destructor* infection. *BMC Genomics* 9: 301.
- SAMMATARO, D.; GERSON, U.; NEEDHAM, G. 2000. Parasitic mites of honey bees: life history, implications and impact. *Annual Review of Entomology* 45: 519-548.
- STANIMIROVIĆ, Z.; STEVANOVIĆ, J.; ĆIRKOVIĆ, D. 2005. Behavioural defenses of the honey bee ecotype from Sjenica-Pešter against *Varroa destructor*. *Acta Veterinaria* 55 (1): 69-82.
- YANG, X.Y.; COX-FOSTER, D.L. 2005. Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: evidence for host immunosuppression and viral amplification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (21): 7470-7475.

Recibido: 2-sep-2009 • Aceptado: 29-may-2010

Culicidofauna (Diptera: Culicidae) presente en los distintos enclaves hídricos de la ciudad de Valencia (España)

Mosquito fauna (Diptera: Culicidae) present in the distinct hydric enclaves of the city of Valencia (Spain)

RUBÉN BUENO-MARÍ^{1,2}, ENRIQUE CORELLA-LÓPEZ¹ y RICARDO JIMÉNEZ-PEYDRÓ¹

Resumen: Durante 20 años (1987-2007) se hizo un exhaustivo seguimiento de las poblaciones larvianas de culicidos (Diptera: Culicidae) en el Término Municipal Valencia (España) que propició la prospección de 667 focos de cría y la colecta de 47.131 ejemplares. Se aporta información acerca de las ocho especies capturadas, pertenecientes a los géneros *Culex*, *Culiseta* y *Ochlerotatus*, y se discute la ausencia de hallazgos de ejemplares del género *Anopheles* que tanto abundaron en el área de estudio durante el pasado. Por último, también se calcularon los índices de biodiversidad de Ribeiro ($\delta = 3,28$) y Shannon ($H' = 1,46$) para la familia Culicidae en el área de estudio y se señala a la antropización como uno de los elementos explicativos más importantes de la pérdida de la biodiversidad de estos dípteros nematóceros.

Palabras clave: Vectores de enfermedades. Antropización. Biodiversidad. *Anopheles*.

Abstract: Over 20 years (1987-2007) a comprehensive monitoring of the larval populations of mosquitoes (Diptera: Culicidae) was conducted in the Municipality of Valencia (Spain) which amounted to the inspection of 667 breeding sites and the collection of 47,131 specimens. Information is provided on the eight species captured, belonging to the genera *Culex*, *Culiseta* and *Ochlerotatus*, and we discuss the lack of findings of *Anopheles* specimens which were so abundant in the study area during the past. Finally, we also calculated the biodiversity indices of Ribeiro ($\delta = 3.28$) and Shannon ($H' = 1.46$) for the family Culicidae in the study area and we postulate anthropization as one of the most important explanatory elements for the loss of biodiversity in these nematoceran diptera.

Key words: Pests. Disease vectors. Anthropization. Biodiversity. *Anopheles*.

Introducción

El Término Municipal de Valencia presenta una importante heterogeneidad de ambientes propios del desarrollo de la cultura agrícola, pesquera e industrial de la ciudad en los últimos siglos. Esta diversidad de ambientes propicia la proliferación de diferentes especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) en función de, entre otros aspectos, las características físicas y químicas de los biotopos larvianos concretos, así como de la presencia de hospedadores adecuados en las inmediaciones y de la climatología local (Service 1993). Al respecto, diversos autores han propuesto la utilidad de los culicidos como bio-indicadores de la degradación forestal (Dorvillé 1996) y, en general, de la presión antrópica sobre diversos ambientes naturales (Montes 2005). No obstante, son escasos los estudios acerca de la utilización de los mosquitos como organismos sensibles a las variaciones de la calidad ambiental.

Por otra parte, resulta evidente que el conocimiento minucioso de la biodiversidad, distribución, bioecología y dinámica poblacional de las distintas especies de culicidos, contribuye de manera decisiva al éxito de los programas de control (Simsek 2004; Bueno Marí *et al.* 2008). El presente trabajo se desprende de un proyecto técnico de colaboración con la Delegación de Sanidad del Ayuntamiento de Valencia (España) en el que se contemplaba la consecución de dos objetivos principales: por un lado el conocimiento exhaustivo de los culicidos existentes en el área considerada y, paralelamente, el estudio y mejora de las técnicas de control de las poblaciones de mosquitos con la aplicación de los métodos científicamente más aconsejables y priorizando, a su vez, la minimización de los efectos dañinos sobre las personas y el ambiente. En este contexto, el presente manuscrito aporta in-

formación relativa a las diferentes especies de culicidos no limnodendrófilas capturadas en el Término Municipal de Valencia. Teniendo en cuenta la influencia en el estudio de las continuas acciones de control poblacional a las que han sido sometidos estos dípteros, también se ofrecen aspectos de su distribución y bioecología, y se discuten cuestiones referentes a la ausencia de especies del género *Anopheles* Meigen, 1818, cuya presencia en el área de estudio fue frecuente en el pasado, manteniendo elevados niveles de endemia palúdica (Bueno Marí y Jiménez Peydró 2008).

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio. El área de estudio presenta un clima típicamente Mediterráneo, por tanto se caracteriza por presentar una baja oscilación térmica intranual, alrededor de los 13°C, acaeciendo en consecuencia inviernos suaves y veranos muy calurosos. Además, la máxima pluviosidad tiene lugar en la época otoñal, con un segundo periodo de lluvias de menor cuantía en primavera. En términos medios anuales, la temperatura y la precipitación se sitúan en los 17,8°C y 454 mm respectivamente (Aemet 2010).

El Término Municipal tiene una superficie de 13.465 hectáreas de las que aproximadamente 4.000 se destinan a fines hortícolas, fundamentalmente cultivos de regadío. Ello es posible merced a una vasta red de acequias de gran caudal, que permiten a través de canales de menor caudal llevar el agua hacia sus fértiles tierras, pudiendo por tanto señalar que la práctica totalidad del Término Municipal se halla recorrido por una intrincada red de acequias de evidente influencia en la proliferación de las poblaciones de mosquitos.

¹ Laboratorio de Entomología y Control de Plagas Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva Universitat de València (Estudi General). Apartado oficial 22085.46071 Valencia (España). ² ruben.bueno@uv.es autor para correspondencia.

Para una mejor comprensión de los datos, se ha dividido el Término Municipal en dos regiones claramente diferenciadas a nivel geográfico, hidrográfico y de influencia antrópica (Fig. 1):

Región meridional o de antropización baja: comprende toda el área que limita al norte de la misma con el nuevo cauce del río Túria. Destaca por albergar la mayoría de la extensión ocupada por el Parque Natural de L'Albufera. Los criaderos larvarios más frecuentes son los numerosos canales de irrigación, así como las áreas deprimidas de habitual inundación debido a su elevado nivel freático, comúnmente denominadas “malladas”, situadas tras la primera línea del cordón dunar que discurre paralelo a la costa. También cabe mencionar a los arrozales adyacentes al lago como ocasionales focos de anidamiento, sin obviar la omnipresencia de pequeños recipientes de origen antrópico, tales como bidones, cubos, abrevaderos, etc. Por otra parte, el lago de L'Albufera no se posiciona como un biotopo adecuado, ya que se trata de un cuerpo hídrico de gran magnitud, donde, además de albergarse abundante fauna piscícola larvívora, también se manifiestan intensos oleajes que imposibilitan la proliferación larvaria.

Región septentrional o de antropización alta: abarca la parte del Término que linda al sur con el nuevo cauce del río Túria. El propio río ha sido incluido en esta subdivisión debido a la evidente presión ejercida por el hombre sobre el mismo, en forma de vertidos y modificaciones de cauce y caudal. Ade-

más, esta región engloba al denso núcleo urbano de la ciudad, con centenares de imbornales sifónicos y decenas de fuentes ornamentales como principales focos de cría. Asimismo, el tradicional cultivo de irrigación de diversas pedanías, hoy en día transformadas en barrios anexas de la ciudad por el exacerbado crecimiento urbanístico de ésta, lo que posibilita la presencia de abundantes acequias de riego, tanto de uso vigente como obsoleto.

Muestreo. La técnica empleada para la recolección de estados inmaduros fue la conocida como “dipping”, consistente en la introducción de un recipiente de 350 ml de capacidad en el medio hídrico del cual se desee obtener una alícuota y cuya utilización para dicho fin está ampliamente contrastada (Service 1993). En el caso de microambientes hídricos que no permitieron la utilización de la técnica “dipping” (pequeños recipientes, imbornales sifónicos, encharcamientos reducidos de escasa profundidad, etc.) se procedió a la captura de ejemplares larvarios mediante el pipeteado directo con pipetas tipo Pasteur de 150 mm de longitud sobre el biotopo. Para sistematizar los datos, el esfuerzo muestral se fijó en diez minutos que incluían la búsqueda y captura de larvas en cada punto de muestreo con independencia del método de muestreo llevado a cabo. Para enriquecer la información obtenida, de forma puntual también se recolectaron individuos adultos mediante el empleo de una manga o red entomológica, la cual se batía sobre la vegetación, recogiendo los ejemplares con la ayuda de un aspirador entomológico. Asimismo, en ciertas ocasiones la captura de imágos se realizó directamente sobre cebo humano mediante el uso de dicho aspirador.

Los muestreos larvarios intensivos se efectuaron entre los meses de marzo y octubre, ambos inclusive, por ser este el periodo más adecuado para la proliferación de culicidos en nuestra latitud. La frecuencia de muestreo fue de dos veces por semana, aunque de manera abierta a posibles modificaciones reguladas por las condiciones pluviométricas. Fuera del periodo de muestreo intensivo, también se llevaron a cabo capturas puntuales con el objetivo de estudiar la extensión temporal de la actividad larvaria y posibles modificaciones en los patrones de hibernación tradicionalmente descritos.

La determinación taxonómica de los ejemplares se realizó con base en los criterios de Encinas Grandes (1982), Darsie y Saminadou Voyadjoglou (1997) y Schaffner *et al.* (2001). Para el análisis de la biodiversidad se seleccionó el Índice de Ribeiro (δ) (Ribeiro 1983) debido a la posibilidad de establecer comparaciones por su constatada utilización para la estimación de la diversidad de culicidos en otras áreas de la Península Ibérica:

E = número de especies o subespecies capturadas en el área de estudio.

$$\delta = E - 1 / \log_e (A + 1)$$

A = extensión del área de estudio, expresada en Km².

Asimismo, se utilizó el Índice de Shannon (H') (Shannon y Weaver 1949) por, entre otros motivos, ser uno de los más empleados para dicho fin en multitud de grupos zoológicos. Este índice mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran 1988).

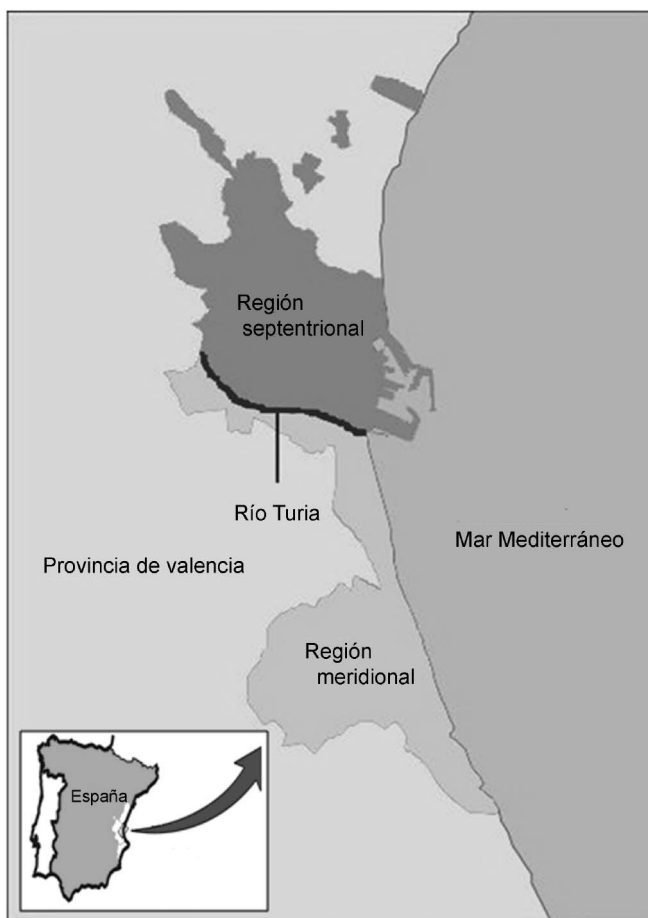


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Tabla 1. Porcentajes de captura total en los distintos biotopos larvarios y en ambas regiones del área de estudio.

Especies	Acequias y canales	Malladas	Pequeños recipientes	Arrozales	Imbornales y fuentes	Río	Región meridional (área natural)	Región septentrional (área antropizada)	Capturas totales
<i>Cx. modestus</i>	9%	22%	-	69%	-	-	100%	0%	6%
<i>Cx. pipiens</i>	47%	14%	18%	12%	7%	2%	44%	56%	43%
<i>Cx. theileri</i>	5%	88%	-	7%	-	-	100%	0%	1%
<i>Cs. annulata</i>	21%	16%	63%	-	-	-	98%	2%	2%
<i>Cs. longiareolata</i>	17%	4%	61%	2%	15%	1%	69%	31%	32%
<i>Cs. subochrea</i>	33%	19%	48%	-	-	-	100%	0%	3%
<i>Oc. caspius</i>	20%	79%	-	1%	-	-	100%	0%	10%
<i>Oc. detritus</i>	15%	84%	-	1%	-	-	100%	0%	3%

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i).

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

El valor de H' oscila entre 0, cuando hay una sola especie, y el logaritmo neperiano del número total de especies ($H_{\max}$), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Con el fin de mejorar las propiedades comparativas del índice se calculó además el valor de Equidad o Uniformidad (J) (Pielou 1975). Este índice de Equidad mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor oscila entre 0 y 1, donde 1 corresponde a situaciones en las que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

$$J = H' / H_{\max} = H' / \ln S$$

Resultados y Discusión

Análisis faunístico y bioecológico. Se capturaron e identificaron 47.131 ejemplares larvarios pertenecientes a las siguientes especies: *Culex modestus* Ficalbi, 1890, *Culex pipiens* Linnaeus, 1758, *Culex theileri* Theobald, 1903, *Culiseta annulata* (Schränk, 1776), *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1838), *Culiseta subochrea* (Edwards, 1921), *Ochlerotatus caspius* (Pallas, 1771) y *Ochlerotatus detritus* Haliday, 1833.

El estudio pormenorizado de las capturas corrobora la ubicuidad y la plasticidad bioecológica descrita para *Cx. pipiens* y *Cs. longiareolata* (López Sánchez 1989; Schaffner *et al.* 2001), hallándose ambas en todos los criaderos larvarios (Tabla 1). Comparativamente *Cx. pipiens* muestra una adaptabilidad similar a todos los biotopos, si bien sus colectas han sido más frecuentes en acequias y canales, fruto de la destacada abundancia de éstas en el área de estudio (más de 400 catalogadas). En el caso de *Cs. longiareolata*, las preferencias de oviposición están claramente dirigidas hacia pequeñas colecciones de agua, tales como recipientes domésticos y peridomésticos, imbornales sifónicos o fuentes ornamentales, que pueden llegar a presentar importantes niveles de eutrofización. Precisamente en estos microambientes hídricos es donde se han observado elevados porcentajes de cohabitación larvaria con *Cx. pipiens*, hecho también constatado por otros autores (Encinas Grandes 1982). El río Túria tan sólo se presenta en condiciones óptimas para albergar larvas de

culicidos en épocas concretas. Esto sucede cuando las modificaciones bruscas de su caudal posibilitan la aparición de charcos o reductos de agua, ya sea en los terrenos colindantes al cauce por agua extravasada en épocas de caudal creciente o en el propio cauce cuando el paupérrimo caudal dibuja un perfil discontinuo del río. Sea como fuere, estos focos son colonizados, en exclusividad, de nuevo por *Cx. pipiens* y *Cs. longiareolata*, y se encuentran siempre varios kilómetros antes de la desembocadura debido a la fuerte intrusión marina que tiene lugar. En consecuencia, puede afirmarse que ambas especies son el máximo exponente del oportunismo, entendido éste como la capacidad de explotar ambientes que aparecen y desaparecen de forma intermitente (Begon *et al.* 1996), que suele caracterizar a la familia Culicidae.

Las malladas suponen un lugar ideal para la proliferación de *Oc. caspius* y *Oc. detritus*. La periodicidad de sus inundaciones se correlaciona con el multivoltinismo de estos aedinos, ya que ambos basan su estrategia vital en la deposición de huevos quiescentes a la espera de ser hidratados para su rápida eclosión. Estos huevos pueden resistir la desecación y las temperaturas extremas incluso durante años (Schaffner *et al.* 2001). Además, cabe señalar que estos dos aedinos presentan una elevada antropofilia que justifica, en gran medida, el hecho de que sean unos de los principales protagonistas de las campañas de control poblacional llevadas a cabo en la totalidad de los países mediterráneos.

El elevado porcentaje de capturas de *Cx. theileri* en las malladas, obedece más a la escasez de sus capturas en el área de estudio que a su ubicuidad en las propias malladas. Pese a que es una especie frecuentemente asociada con los arrozales, especialmente con aquellos situados en el sur de la Península Ibérica (Ruiz y Cáceres 2004; Almeida *et al.* 2008), nuestros datos indican un desplazamiento de la misma en beneficio de *Cx. modestus* en los campos de cultivo de arroz, situación también observada en el sur de Francia (Pongon *et al.* 2007). Cabe señalar que las capturas de adultos de *Cx. modestus*, gran parte de ellas sobre cebo humano, tuvieron lugar a menos de 800 metros de distancia de constatados biotopos larvarios de la especie. Esta situación se relaciona a la perfección con la elevada antropofilia y bajo rango de vuelo descrito para los imágos (Schaffner *et al.* 2001).

Respecto a *Cs. annulata* y *Cs. subochrea*, son dos especies próximas taxonómica, morfológica y etológicamente, que han sido recolectadas mayoritariamente en receptáculos hídricos como bidones, neumáticos y fosas de riego, y en menor medida en amplias colecciones de agua como canales y malladas con abundante vegetación herbácea.

En general, a nivel fenológico puede indicarse que los meses de mayo y junio (Figs. 2 A-H) coinciden con las épocas de mayores capturas para la mayoría de especies. Sin embargo, existen ciertas excepciones en función de la ocurrencia o no de bruscas oscilaciones de los niveles hídricos de los biotopos larvarios. Así por ejemplo, puede observarse que los picos de captura de *Oc. caspius* y *Oc. detritus* coinciden con las épocas equinocciales en las que se concentran las precipitaciones en el área de estudio. En el caso de *Oc. detritus* la diferencia entre los picos de captura primaveral y otoñal es más acusada. Esta situación ya ha sido advertida por otros autores para el sur de Europa, apuntándose hacia un posible univoltinismo de la especie (Schaffner *et al.* 2001). No obstante, a nuestro juicio no puede descartarse ni un univoltinismo asincrónico, caracterizado por un mayor porcentaje de eclosión en la época primaveral, ni tampoco la coincidencia de poblaciones univoltinas y bivoltinas, aunque con mayor abundancia de las primeras. Respecto a *Cs. annulata* y *Cs. subochrea*, éstas también presentan un descenso de actividad en los meses veraniegos fruto del acusado estiaje que caracteriza a la totalidad de los humedales mediterráneos. La especie *Cx. modestus* se adapta mejor a estas condiciones adversas al aprovechar la disponibilidad hídrica propiciada por acciones antrópicas, fundamentalmente la inundación de los arrozales, mientras que la elevada plasticidad ecológica descrita previamente para *Cx. pipiens* y *Cs. longiareolata* permite que ambas especies colonicen asiduamente multitud de microambientes hídricos también asociados a la explotación humana.

Por otra parte, las capturas invernales, desde noviembre a febrero, también nos aportan información interesante. Las especies más frecuentes en este periodo de nuevo fueron *Cs. longiareolata* y *Cx. pipiens*. En cuanto a la primera, debemos señalar que sus colectas invernales destacan por una homogeneidad en el desarrollo de sus estados larvarios, fundamentalmente en los meses más fríos, apareciendo habitualmente en forma de L3-L4. Este hecho secundaría la hibernación larvaria descrita para regiones de clima templado como la nuestra (Schaffner *et al.* 2001). Respecto a *Cx. pipiens*, sus hallazgos invernales fueron más frecuentes y heterogéneos en el grado de desarrollo larvario que los de *Cs. longiareolata*. En concreto, en el caso de *Cx. pipiens* la cohabitación de una elevada multiplicidad de formas preimaginales en distinto grado de desarrollo fue comúnmente detectada. En consecuencia, achacamos estas observaciones a un posible homodinamismo de *Cx. pipiens*, aspecto ya reseñado para la especie por otros autores en situaciones similares (Merdić y Vujičić-Karlo 2005). Por tanto, podemos indicar que *Cs. longiareolata* hiberna en estado larvario y que *Cx. pipiens* presenta un desarrollo reproductivo continuo a lo largo de todo el año en el área de estudio.

Tales circunstancias no deben excluir la posibilidad de que también existan poblaciones de estas especies que modifiquen los patrones de desarrollo previamente descritos, pudiéndose detectar consecuentemente hembras quiescentes de ambas es-

pecies. Por lo que respecta a *Oc. caspius* y *Oc. detritus*, también se hallaron larvas de manera puntual en los meses invernales, fundamentalmente a finales de enero y principios de febrero. Esto puede ser debido a que los pequeños incrementos termofotoperiódicos, que suelen acontecer durante esta época en la zona estudiada, hayan provocado la ruptura de la quiescencia de los huevos en presencia de agua procedente, en su mayoría, de las copiosas precipitaciones otoñales (Roubaud 1944). En el caso de estos dos aedinos, la asincronía que suele regir su eclosión larvaria (López Sánchez 1989), explicaría la abundancia de muestras obtenidas con gran variabilidad en cuanto al desarrollo de los estados larvarios.

Desde un punto de vista antrópico, el balance alimenticio zoo-antropofílico de los culicidos es sesgado hacia el ser humano fundamentalmente por *Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Oc. caspius* y *Oc. detritus*, mientras que *Cx. theileri*, por su exigüidad, *Cs. annulata*, *Cs. longiareolata* y *Cs. subochrea* únicamente incluyen al hombre entre sus hospedadores de forma ocasional. Estas cuestiones implican un grado más de preocupación que las simples molestias que su acción hematofágica pueda ocasionar, ya que algunas de estas especies son importantes vectores de enfermedades humanas y animales. Así por ejemplo *Cx. modestus*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri* y *Oc. caspius* son destacados agentes diseminadores de arbovirosis como el Virus West Nile, Sindbis o Tahyna (Hannoun *et al.* 1964; Danielova y Holubova 1977; Danielova 1984; Harbach 1988; Schaffner *et al.* 2001; Bueno Mari y Jiménez Peydró 2010a), mientras que otras zoonosis como la dirofilariasis o el paludismo aviar tienen en *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cs. annulata*, *Oc. caspius* y *Oc. detritus* a excelentes vectores (Gutsevich *et al.* 1974; Ribeiro *et al.* 1983; Moussiegt 1987; Aranda *et al.* 1998).

Análisis de la Biodiversidad. La aplicación de los Índices de Biodiversidad de Ribeiro (δ) y Shannon (H') para toda el área de estudio originó los siguientes resultados: $\delta = 3,28$, $H' = 1,46$ y $J = 0,702$. El valor de δ es similar, aunque ligeramente más elevado, en comparación con otros datos disponibles para la Península Ibérica. Así pues destacamos $\delta = 1,90$ para la Comunidad de Madrid en España (Melero Alcibar 2004), $\delta = 1,59$, $\delta = 1,64$, $\delta = 2,49$ y $\delta = 2,13$, para Alentejo, Algarbe, Beiras y el Parque Natural de la Arrábida respectivamente en Portugal (Ribeiro *et al.* 1996).

Respecto a **J**, si contrastamos nuestro valor con los escasos datos de Equidad existentes para la familia Culicidae en diferentes ambientes presentes en España, observamos un valor intermedio entre regiones interiores semiáridas ($J = 0,638$) y litorales húmedas ($J = 0,713$), del noreste (Demba *et al.* 2005) y del suroeste del país (López Sánchez 1989) respectivamente. No obstante, la Equidad calculada en nuestro estudio se sitúa más próxima a la estimada en zonas litorales quizás dada la evidente mayor similitud fisiográfica entre ambas regiones.

Debido a la heterogeneidad de nuestra área de estudio, aplicamos los índices de biodiversidad de forma separada a

Tabla 2. Desglose del cálculo de los índices de biodiversidad y de equidad para cada región.

Zona geográfica	Superficie (Km2)	Número de especies	δ	H'	J
Toda la región	136,65	8	3,28	1,46	0,702
Región meridional	64,02	8	3,86	1,68	0,808
Región septentrional	70,63	3	1,08	0,67	0,609

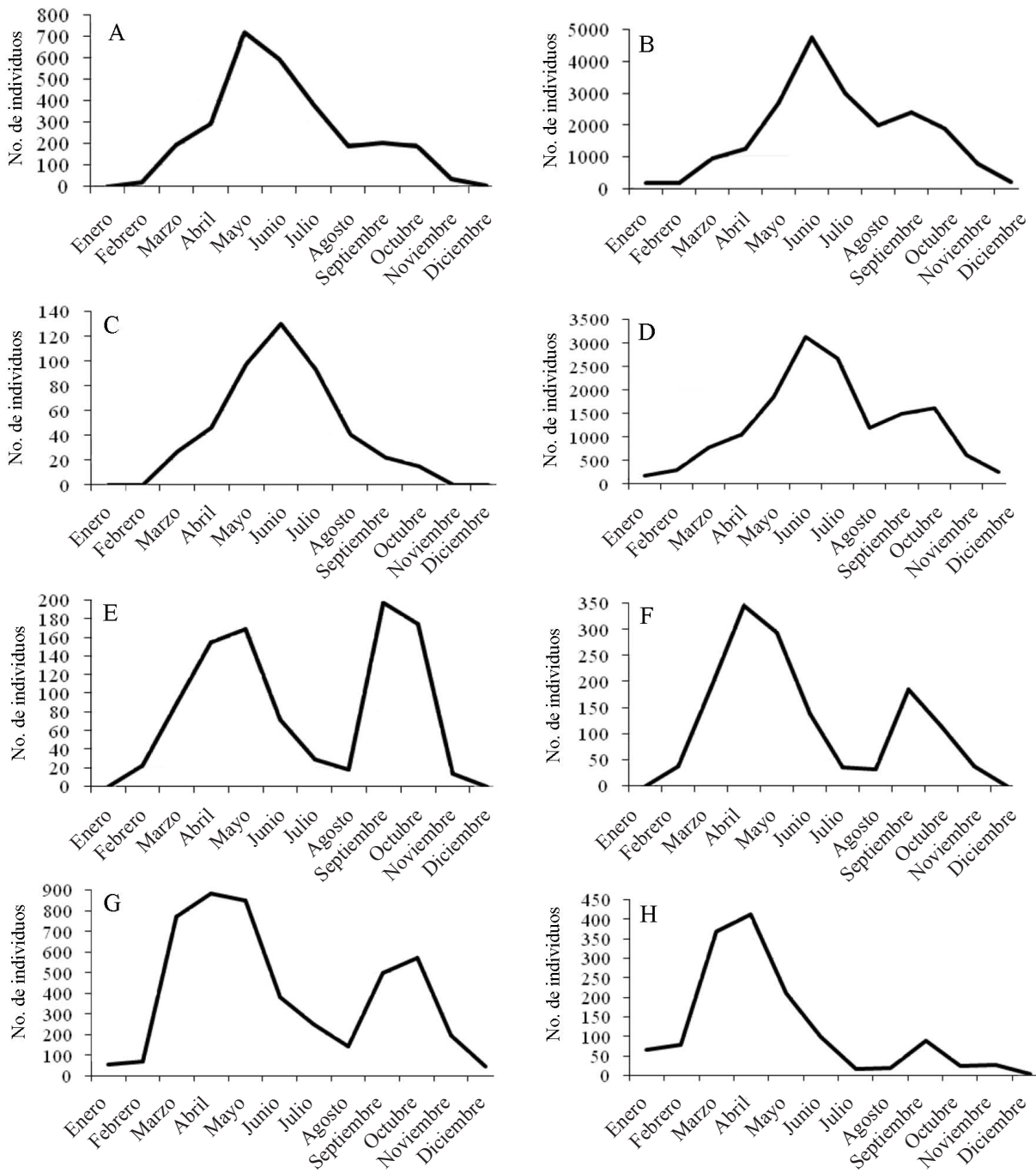


Figura 2. Evolución del número de ejemplares capturados de cada especie en función del mes de muestreo entre los años 1987-2007. A. *Cx. modestus*, B. *Cx. pipiens*, C. *Cx. theileri*, D. *Cs. longiareolata*, E. *Cs. annulata*, F. *Cs. subochrea*, G. *Oc. caspius*, H. *Oc. detritus*.

las regiones de antropización baja y alta (Tabla 2). Los resultados indican claramente que existe una influencia negativa de la explotación ambiental humana sobre la biodiversidad de los culicidos. Así pues, en la región septentrional o de antropización alta los valores de δ y H' han disminuido considerablemente, menguando también la Equidad hasta 0,609. En contraposición, en la región meridional o de antropización baja, los valores de δ y H' son sensiblemente más altos que incluso para la totalidad del área estudiada, situándose la Equidad en 0,808; lo que se traduce en una aproximación al 80,8 % de la diversidad máxima de una comunidad de ocho especies que tuviesen la máxima abundancia.

Consideraciones finales

El trabajo pone de manifiesto la contribución negativa de las acciones ligadas a los asentamientos humanos en la biodiversidad de esta familia de dípteros nematóceros. Como también ha sido expuesto, esta cuestión no implica, ni mucho menos, una reducción poblacional de mosquitos en ambientes urbanos, sino más bien un filtro de selección que únicamente es superado por unas pocas especies. Entre los elementos asociados a la antropización y que conforman este filtro específico, se encuentran un evidente empeoramiento en la calidad de las aguas, una reducción en la tipología de los criaderos

larvarios disponibles, una disminución en la biodiversidad de posibles hospedadores y una baja humedad ambiental relativa que mengua sensiblemente el tiempo de supervivencia de los imagos (López Sánchez 1989). En este sentido, la llegada del “mosquito tigre”, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), culicido de excepcional adaptación a las condiciones urbanas (Aranda *et al.* 2006), transmisor de arbovirosis como el dengue o la fiebre amarilla y una preocupación creciente para la salud pública española (Eritja *et al.* 2005; Bueno Marí *et al.* 2009a), no ha sido evidenciada hasta el momento en el Término Municipal de Valencia. No obstante, desde su primigenia detección en España en el año 2004 (Aranda *et al.* 2006), su expansión por nuestro país no ha cesado, encontrándose ya en regiones situadas tanto al norte como al sur del área investigada en el presente trabajo (Roiz *et al.* 2007; Bueno Marí *et al.* 2009b).

Aunque las especies más antropofílicas han sido capturadas en ambientes alejados de los grandes núcleos de ocupación humana, su control poblacional es igualmente prioritario; ya que las hembras de *Oc. detritus* y *Oc. caspius* pueden desplazarse a distancias de entre 10 y 40 kilómetros desde sus biotopos larvarios en busca de hospedadores adecuados (Clavero 1946; Senevet y Andarelli 1964). Por el contrario, *Cx. modestus* también exhibe una marcada preferencia frente al hombre pero, debido a su baja capacidad de vuelo, únicamente causa molestias en las inmediaciones de sus criaderos larvarios, siendo infrecuente la colecta de imagos más allá del kilómetro de distancia con respecto a sus focos de anidamiento (Schaffner *et al.* 2001).

A pesar de que durante la primera mitad del siglo XX en los arrozales adyacentes a L' Albufera fueron comunes las citas de *Anopheles hyrcanus* (Pallas, 1771), *Anopheles maculipennis s. l.* Meigen, 1818 y *Anopheles melanoon* Hackett, 1934 (Romeo Viamonte 1950), desde entonces no hay hallazgos de anofelinos en el área de estudio. El efecto letal de la gran cantidad de insecticidas empleados, en su origen, para la lucha contra diversas plagas del arroz (Tarazona *et al.* 2003), puede ser una de las causas que explique esta ausencia. Sin embargo, la presencia relativamente frecuente de *Cx. pipiens* y *Cx. modestus*, siempre en los márgenes más estáticos y aislados de los arrozales, puede relacionarse con un menor grado de contacto con los insecticidas y una mayor tolerancia, en comparación con los anofelinos, frente a los altos niveles de eutrofia (López Sánchez 1989) que exhiben los campos de arroz, fruto de un masivo abonado con compuestos nitrogenados. Situaciones similares están observándose en los arrozales del sur de Francia, donde las especies tradicionalmente mayoritarias, *An. hyrcanus* y *Cx. modestus*, están incrementando su abundancia en los últimos años debido a un resurgimiento del cultivo y a modificaciones de las políticas que regulan las estrategias de control de plagas, redireccionadas hacia una mayor especificidad en los tratamientos contra las plagas del arroz (Pongon *et al.* 2007). Otros factores que dificultan la proliferación de anofelinos en esta área son la drástica disminución de apropiados biotopos larvarios circundantes a los campos de arroz, fundamentalmente debido al exacerbado desarrollo urbano, así como también la masiva presencia de *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) (Poeciliidae) en los escasos canales de riego que permanecen activos (Bueno Marí y Jiménez Peydró 2010b).

Agradecimientos

Se desea agradecer todo el apoyo recibido por parte del Excelentísimo Ayuntamiento de Valencia y la colaboración de las diferentes empresas encargadas del control poblacional de culicidos que se han ido sucediendo a lo largo de los veinte años de estudio. Asimismo, se manifiesta nuestra gratitud hacia el Ministerio de Ciencia e Innovación de España, por la financiación de una parte del estudio a través del proyecto CGL 2009-11364 (BOS).

Literatura citada

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA (Aemet). MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO DE ESPAÑA. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=8416&k=val> [Fecha revisión: 9 septiembre 2010].
- ALMEIDA, A. P.; GALAO, R. P.; SOUSA, C. A.; NOVO, M. T.; PARREIRA, R.; PINTO, J.; PIEDADE, J.; ESTEVES, A. 2008. Potential mosquito vectors of arboviruses in Portugal: species, distribution, abundance and West Nile infection. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 102 (8): 823-832.
- ARANDA, C.; PANYELLA, O.; ERITJA, R.; CASTELLA, J. 1998. Canine filariasis Importance and transmission in the Baix Llobregat area, Barcelona (Spain). *Veterinary Parasitology* 77 (4): 267-275.
- ARANDA, C.; ERITJA, R.; ROIZ, D. 2006. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Medical and Veterinary Entomology* 20 (1): 150-152.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. 1996. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. 3ª Ed. Blackwell, USA. 1068 p.
- BUENO MARÍ, R.; JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2008. Malaria en España: aspectos entomológicos y perspectivas de futuro. *Revista Española de Salud Pública* 82 (5): 467-489.
- BUENO MARÍ, R.; RUEDA SEVILLA, J.; BERNUÉS BAÑERES, A.; LACOMBA ANDUEZA, I.; JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2008. Contribución al conocimiento de las poblaciones larvarias de culicidos (Diptera, Culicidae) presentes en el Marjal dels Moros (Valencia). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 32 (3-4): 351-365.
- BUENO MARÍ, R.; MORENO MARÍ, J.; OLTRA MOSCARDÓ, M. T.; JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2009a. Artrópodos de interés vectorial en la Salud Pública española. *Revista Española de Salud Pública* 83 (2): 199-212.
- BUENO MARÍ, R.; CHORDÁ OLMOS, F. A.; BERNUÉS BAÑERES, A.; JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2009b. Detección de *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) en Torrevieja. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 33 (3-4): 529-532.
- BUENO MARÍ, R.; JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2010a. Situación actual en España y eco-epidemiología de las arbovirosis transmitidas por mosquitos culicidos (Diptera: Culicidae). *Revista Española de Salud Pública* 84 (3): 255-269.
- BUENO MARÍ, R.; JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2010b. New anopheline records from the Valencian Autonomous Region of Eastern Spain (Diptera: Culicidae: Anophelinae). *European Mosquito Bulletin* 28: 148-156.
- CLAVERO, G. 1946. Aedinos de España. *Revista de Sanidad e Higiene Pública* 20: 1205-1232.
- DANIELOVA, V. 1984. To the problem of the vector of Lednice virus. *Folia Parasitologica* 31 (4): 379-382.
- DANIELOVA, A.; HOLUBOVA, J. 1977. Two more mosquito species proved as vectors of Tahyna virus in Czechoslovakia. *Folia Parasitologica* 24 (2): 187-189.

- DARSIE, R. F.; SAMINADOU VOYADJOGLU, A. 1997. Keys for the identification of the mosquitoes of Greece. *Journal of the American Mosquito Control Association* 13 (3): 247-254.
- DEMBA, M.; REMUS ZAMFIRESCU, S.; THIAM, N.; PALANCA SOLER, A. 2005. Diversity of mosquitoes in a semiarid environment from San Juan del Flumen (Los Monegros, Huesca, Spain) (Diptera, Culicidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 29 (3-4): 23-33.
- DORVILLÉ, L. F. M. 1996. Mosquitoes as bioindicators of forest degradation in southeastern Brazil, a statistical evaluation of published data in the literature. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 31: 68-78.
- ENCINAS GRANDES, A. 1982. Taxonomía y biología de los mosquitos del área salmantina (Diptera, Culicidae) [tesis doctoral]. CSIC, Centro de edafología y Biología aplicada. Ed. Universidad de Salamanca. Salamanca (España). 437 pp.
- ERITJA, R.; ESCOSA, R.; LUCIENTES, J.; MARQUÈS, E.; MOLINA, R.; ROIZ, D.; RUIZ, S. 2005. Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. *Biological Invasions* 7: 87-97.
- GUTSEVICH, A. V.; MONCHADSKII, A. S.; SHTAKELBERG, A. A. 1974. Fauna of the USSR, Diptera, mosquitoes family Culicidae. *Academy of Sciences of the USSR*. 408 p.
- HANNOUN, C.; PANTHIER, R.; MOUCHET, J.; EOZAN, J. P. 1964. Isolement en France du virus West Nile à partir de malades et du vecteur *Culex modestus* Ficalbi. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* 259: 4170-4172.
- HARBACH, R. E. 1988. The mosquitoes of the subgenus *Culex* in southwestern Asia and Egypt (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 24 (1): 1-240.
- LÓPEZ SÁNCHEZ, S. 1989. Control integral de mosquitos en Huelva. Junta de Andalucía, Consejería de Salud y Servicios Sociales. Sevilla (España). 340 pp.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey (EEUU). 179 pp.
- MELERO ALCÍBAR, R. 2004. Biología y fenología de los Culicinae (Diptera: Culicidae) de la Comunidad de Madrid [tesis doctoral]. Ed. Universidad Complutense de Madrid. Madrid (España). 219 pp.
- MERDIĆ, E.; VUJIČIĆ-KARLO, S. 2005. Two types of hibernation of *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) in Croatia. *Entomologia Croatica* 9 (1-2): 71-76.
- MONTES, J. 2005. Culicidae fauna of Serra da Cantareira, São Paulo, Brazil. *Revista de Saúde Pública* 39 (4): 578-584.
- MOUSSIEGT, O. 1987. *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday, 1833) Bibliographie. Document Entente Interdépartementale pour la Démoustication du Littoral Méditerranéen (France) 54: 1-43.
- PIELOU, E. C. 1975. Ecological diversity. John Wiley, New York (EEUU). 165 pp.
- PONGON, N.; BALENGHIEN, T.; TOTY, C.; FERRE, J. B.; THOMAS, C.; DERVIEUX, A.; L'AMBERT, G.; SCHAFFNER, F.; BARDIN, O.; FONTENILLE, D. 2007. Effects of local anthropogenic changes on potential malaria vector *Anopheles hyrcanus* and West Nile virus vector *Culex modestus*, Camargue, France. *Emerging Infectious Diseases* 13 (12): 1810-1815.
- RIBEIRO, H. 1983. Sobre un novo índice de diversidade faunística. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia* 42 (2): 129-135.
- RIBEIRO, H.; RAMOS, H. C.; ALVES PIRES, C. 1983. Contribuição para o Estudo dos Vectores das Filariases Animais em Portugal. *Jornal da Sociedade das Ciências Médicas de Lisboa* 97 (2): 143-146.
- RIBEIRO, H.; ALVES PIRES, C.; RAMOS, H. C., 1996. Os mosquitos do Parque Natural da Arrábida (Insecta, Diptera, Culicidae). *Garcia de Orta, Série de Zoologia (Portugal)* 21 (1): 81-110.
- ROIZ, D.; ERITJA, R.; MELERO ALCIBAR, R.; MOLINA, R.; MARQUÈS, E.; RUIZ, S.; ESCOSA, R.; ARANDA, C.; LUCIENTES, J. 2007. Distribución de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera, Culicidae) en España. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 40: 523-526.
- ROMEO VIAMONTE, J.M. 1950. Los anofelinos de España y de la zona española del Protectorado de Marruecos. Su relación con la difusión del paludismo. *Revista de Sanidad e Higiene Pública* 24: 213-295.
- ROUBAUD, E. 1944. Etude sur les moustiques de la Crau. IV. Facteurs. de l'oeuf chez l'*Aedes caspius* Pallas. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 37: 153-158.
- RUIZ, S.; CÁCERES, F. 2004. Bases técnicas para el control de mosquitos culicidos en los arrozales de la Comarca de La Janda, Cádiz (SW España). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 30: 753-762.
- SCHAFFNER, F.; ANGEL, G.; GEOFFROY, B.; HERVY, J. O.; RHAËIM, A. 2001. The mosquitoes of Europe / Les moustiques d'Europe [programa de ordenador]. Montpellier, France: IRD Éditions and EID Méditerranée.
- SENEVET, G.; ANDARELLI, L. 1964. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin Méditerranéen. III.- Les *Aedes*. Deuxième partie: Description des especes. Sous-genre *Ochlerotatus* group H. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie* 44: 51-74.
- SERVICE, M.W. 1993. Mosquito Ecology. Field Sampling Methods. 2nd edition. Elsevier Science Publishers. United Kingdom. 988 pp.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Illinois, EEUU. 144 pp.
- SIMSEK, F. M. 2004. Seasonal Larval and Adult Population Dynamics and Breeding Habitat Diversity of *Culex theileri* Theobald, 1903 (Diptera: Culicidae) in the Gölbaci District, Ankara, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*. 28: 337-344.
- TARAZONA, C.; CARRASCO, J. M.; SABATER, C. 2003. Monitoring of the rice pesticides thiobencarb, bensulfuron-methyl, molinate, pyridaphenthion and tebufenozide in an aquatic system of Natural Park of Albufera, Valencia, Spain. Hazard evaluation of these pesticides. En: Del Re, A. A. M.; Capri, E.; Padovani, L.; Trevisan, M. Pesticide in air, plant, soil & water system. Proceedings of the XII Symposium Pesticide Chemistry. Piacenza (Italia). 995 pp.

Recibido: 30-dic-2009 • Aceptado: 24-sep-2010

Estado de la susceptibilidad de *Aedes aegypti* a insecticidas en Atlántico (Colombia)

Susceptibility status of *Aedes aegypti* to insecticides in Atlántico (Colombia)

RONALD MAESTRE S.^{1,2,A}, GABRIELA REY V.^{4,B}, JORGE DE LAS SALAS A.^{1,C}, CONSUELO VERGARA S.^{5,A}, LILIANA SANTACOLOMA V.^{3,B}, SERGIO GOENAGA O.^{6,A} y MARÍA CRISTINA CARRASQUILLA F.^{3,C}

Resumen: Durante más de tres décadas el uso de insecticidas químicos ha sido la principal medida de control para la fiebre de dengue en el departamento del Atlántico, Colombia. Se evaluó el estado de la susceptibilidad a insecticidas de uso en salud pública de tipo organoclorado, organofosforado, piretroide y carbamato en poblaciones de *A. aegypti* del departamento del Atlántico. Se realizaron ensayos biológicos aplicando la metodología estandarizada por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC), con dosis diagnóstica para deltametrina (6,25 µg/ml), lambdacialotrina (6,25 µg/ml), malatión (100 µg/ml), fenitrotión (75 µg/ml), propoxur (12,5 µg/ml) y dicloro-difenil-tricloroetano DDT (150 µg/ml) en mosquitos de *A. aegypti* (F2) de los municipios de Barranquilla, Soledad (Villa Katanga y Floresta), Malambo, Puerto Colombia y Baranoa. Todas las poblaciones mostraron susceptibilidad al malatión y deltametrina, cinco a fenitrotión, cuatro a propoxur y dos a lambdacialotrina. En todas se evidenció pérdida de susceptibilidad al dicloro-difenil-tricloroetano. No se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de mortalidad entre las poblaciones para malatión ($p = 0,15$), DDT ($p = 0,54$) y deltametrina ($p = 0,99$); mientras que para lambdacialotrina ($p < 0,01$), propoxur ($p < 0,01$) y fenitrotión ($p < 0,01$) se encontraron diferencias significativas. La aplicación de insecticidas químicos para el control de la fiebre de dengue en el departamento del Atlántico ha generado pérdida de la susceptibilidad en las poblaciones del mosquito vector.

Palabras clave: Dengue. Resistencia a insecticidas. Bioensayos. Control de vectores.

Abstract: For more than three decades, chemical insecticides have been the principal measure to control dengue fever in the department of Atlántico, Colombia. We evaluated the status of susceptibility to insecticides that are used in public health like organophosphates, organochlorates, pyrethroids and carbamates on populations of *A. aegypti* in the department of Atlántico. Biological assays were performed applying the standardized methodology of the Center for Disease Control and Prevention (CDC), with diagnostic doses of deltamethrin (6.25 µg/ml), lambda-cyhalothrin (6.25 µg/ml), malathion (100 µg/ml), fenitrothion (75 µg/ml), propoxur (12.5 µg/ml) and dichlorodiphenyltrichloroethane DDT (150 µg/ml) on *A. aegypti* mosquitoes (F2) from the municipalities of Barranquilla, Soledad (Villa Katanga and Floresta), Malambo, Puerto Colombia and Baranoa. All the evaluated populations showed susceptibility to malathion and deltamethrin, five to fenitrothion, four to propoxur and two to lambda-cyhalothrin. All of them expressed loss of susceptibility to DDT. No significant differences were found in percent mortality between populations for malathion ($P = 0.15$), dichlorodiphenyltrichloroethane ($P = 0.54$) and deltamethrin ($P = 0.99$), while significant differences were found for lambda-cyhalothrin ($P < 0.01$), propoxur ($P < 0.01$) and fenitrothion ($P < 0.01$). The application of chemical insecticides for the control of dengue fever in the department of Atlántico has generated the loss of susceptibility in populations of the mosquito vector.

Key words: Dengue. Insecticide resistance. Bioassays. Vector control.

Introducción

El dengue constituye un problema de salud pública con tendencia al aumento en muchos países de América (Bisset *et al.* 1999; Tesh 2002; Montada-Dorta *et al.* 2007). En Colombia la incidencia del dengue ha incrementado dramáticamente desde la reinfestación de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) en la década de 1960 (Ocampo y Wesson 2004; Rodríguez y De la Hoz 2005). En Colombia durante los años 2006 y 2007 se registraron 82.065 casos de dengue. De éstos, 3.334 (4,06%) se presentaron en la ciudad de Barranquilla 1.899 (2,3%) y en los demás municipios del departamento del Atlántico durante el mismo período (Rojas-Álvarez 2008).

En los países de América la aplicación de insecticidas ha sido la principal medida de control para disminuir de forma rápida las densidades poblacionales del mosquito vector (Rodríguez *et al.* 2003; Duque-Luna *et al.* 2004; Ocampo y

Wesson 2004; Castro *et al.* 2007; Montada-Dorta *et al.* 2007) y esta presión de selección ejercida sobre *A. aegypti* ha generado la aparición de poblaciones resistentes a organoclorados, organofosforados, piretroides y carbamatos en México, Cuba, Brasil, Puerto Rico, Perú, Panamá, Venezuela y Colombia (Rodríguez *et al.* 1997, 2004; Rawlins 1998; Prieto *et al.* 2002; Macoris *et al.* 2003; Aparecida *et al.* 2004; Chávez *et al.* 2005; Flores *et al.* 2005; Álvarez *et al.* 2006; Pereira-Lima *et al.* 2006; Vargas *et al.* 2006; Beserra *et al.* 2007; Salazar *et al.* 2007; Fonseca-González 2008; Santacoloma 2008; Maestre *et al.* 2009).

Desde 1950 el departamento del Atlántico ha usado insecticidas para el control de la malaria y el dengue. El primer insecticida aplicado en el departamento fue el dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) para el control de la malaria, pero fue suspendido su uso a finales de la década de 1960 debido a los hallazgos de resistencia presentados por *A. aegypti* en dife-

¹ Biólogo. ² Programa de doctorado en Medicina Tropical, Universidad de Cartagena, Plaza San Agustín No. 36-100 Cartagena, Colombia. rmaestre22@yahoo.com Autor para correspondencia. ³ M. Sc., ⁴ Licenciada en Biología, ⁵ Bacterióloga, ⁶ Técnico de laboratorio, ^A Grupo de Investigación en Enfermedades Tropicales y Biomédicas GETBA. Secretaría de Salud del Atlántico - Subsecretaría de Salud Pública. Calle 75 N° 72-140. Barranquilla, Colombia, ^B Laboratorio de Entomología - RNL Instituto Nacional de Salud. Av. Calle 26 N° 51-60. Bogotá D.C., Colombia, ^C Secretaría de Salud Distrital de Barranquilla. Kra. 41 N° 54-68. Barranquilla, Colombia.

rentes países de América y reportados por primera vez para Colombia en la ciudad de Cúcuta (Quaterman y Schoof 1958; Brown 1986; Organización Panamericana de la Salud 2009). En 1970 se aplicó en el Departamento del Atlántico el carbamato Carbaril 85% aproximadamente por tres años y desde 1974 se han usado los organofosforados malatión, fenitrotión y temefos. En la década de los ochenta se implementó el uso de los piretroides lambdacialotrina y deltametrina y se extendió el control químico a los 22 municipios del departamento, ya que esta actividad solo se realizaba en el área urbana y rural de la ciudad de Barranquilla, capital del Atlántico.

Para el departamento del Atlántico, se desconoce el estado de la susceptibilidad en adultos de *A. aegypti* a insecticidas de uso en salud pública, a pesar de sus altos índices de infestación (Índice de Vivienda (IV): 6% - 22%) y del historial de aplicación de insecticidas para su control (Datos no publicados - Secretaría de Salud del Atlántico). Este departamento se considera zona de riesgo para las enfermedades de transmisión vectorial (ETV) por la ubicación de importantes puertos marítimos fluviales y aéreos de Colombia; además es uno de los departamentos de mayor desarrollo industrial de la costa caribe colombiana, concentrando grandes poblaciones humanas en su capital Barranquilla y en los municipios del área metropolitana (Maestre-Serrano *et al.* 2008).

La detección a tiempo de la resistencia a los insecticidas en los programas de control de ETV, es uno de los lineamientos del Ministerio de la Protección Social y del Instituto Nacional de Salud, con el fin de seleccionar los insecticidas de uso en salud pública con criterio técnico y hacer uso racional de éstos. Teniendo en cuenta lo anterior, las Secretarías de Salud del Atlántico y distrital de Barranquilla, implementaron desde el año 2007 la vigilancia de la susceptibilidad a insecticidas de interés en salud pública. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el estado de la susceptibilidad a insecticidas de tipo organoclorado, organofosforado, piretroide y carbamato en adultos de *A. aegypti* de los municipios de Barranquilla, Soledad, Malambo, Puerto Colombia y Baranoa en el Departamento del Atlántico durante el año 2007.

Materiales y métodos

Área de estudio y cepas evaluadas. El departamento del Atlántico se encuentra ubicado al norte del territorio colombiano, entre los 11° 37'16" y 10°16'N y los 74°43' y 75°16'16"E. Cuenta con 23 municipios incluida su capital Barranquilla; tiene un área de 3.328 km², temperatura promedio anual de 28°C y humedad relativa de 75% aproximadamente (Corporación Autónoma Regional del Atlántico 2002).

Se evaluaron seis cepas de *A. aegypti* procedentes de los municipios de Barranquilla (barrio La Pradera), Soledad (barrio Floresta y Villa Katanga), Malambo (barrios Bella Vista, El Carmen, Villa Esperanza, Montecarlo), Puerto Colombia (barrios Pastrana y 7 de Agosto) y Baranoa (barrio Centro); los insectos procedentes de los dos barrios del municipio de Soledad Floresta y Villa Katanga, se consideraron cepas diferentes, debido a que este municipio es el octavo más grande de Colombia. Los municipios se seleccionaron porque históricamente se caracterizan por generar aproximadamente el 80% de la incidencia del dengue en el departamento. Los barrios, dentro de cada municipio, se escogieron por presentar alta incidencia del dengue y alta presión de selección por aplicación de insecticidas químicos. El barrio la Pradera del distrito de Barranquilla históricamente ha presentado el ma-

yor número de casos de dengue; durante los años 2006-2007 se reportaron 378 casos de dengue y un IV de 14%. El municipio de Soledad ha reportado mayor incidencia de dengue en el departamento del Atlántico después de la capital Barranquilla; en los años 2006 y 2007 reportó 639 casos de dengue y para el año 2007 un IV de 11%. Durante los años 2006 y 2007 se registraron 207 casos de dengue para el municipio de Malambo, 147 casos para Baranoa y 114 para el municipio de Puerto Colombia; para el año 2007 se reportaron IV de 22%, 11% y 6% respectivamente para cada uno de estos municipios (Datos no publicados - Secretaría de Salud del Atlántico).

Con el propósito de descartar causas de disminución de mortalidad diferentes al fenómeno biológico de pérdida de susceptibilidad, tales como mala preparación de las dosis diagnóstica o fallas en la impregnación de las botellas, en cada ensayo llevado a cabo con las cepas de campo y para la totalidad de insecticidas evaluados, se utilizó la cepa de referencia susceptible *A. aegypti*-Rockefeller, la cual ha sido mantenida bajo condiciones controladas de temperatura y humedad en el insectario del laboratorio de entomología médica del Laboratorio de Salud Pública (LSP) del Atlántico.

Recolección de larvas y pupas parentales de *A. aegypti*. En cada uno de los barrios muestreados se seleccionaron manzanas al azar en las cuales se realizaron visitas domiciliarias e inspección entomológica. En cada vivienda se inspeccionaron criaderos potenciales para formas inmaduras de *A. aegypti*, como albercas, canecas, llantas, floreros, entre otros.

Se recolectaron larvas y pupas, las cuales se transfirieron a frascos de 500 ml utilizando agua del mismo criadero. El material entomológico se transportó al insectario del laboratorio de entomología médica del LSP del Atlántico, donde se obtuvo la generación F2 bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

Obtención de la F2 de *A. aegypti* en laboratorio. Las larvas obtenidas en campo se transfirieron a bandejas plásticas de 30,5 x 20 x 10 cm con 1,3 litros de agua reposada alimentándolas diariamente con 1gr de concentrado para perro hasta que alcanzaron el estado de pupa. Posteriormente se separaron en frascos de 700 ml de capacidad llenos con 250 ml de agua declorada hasta la emergencia del adulto; éstos se liberaron en jaulas de cría tipo gerbert de 30,5 x 30,5 x 30,5 cm. Los mosquitos machos se alimentaron con solución azucarada al 10% y las hembras se alimentaron cada tercer día con sangre de ratón (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) obtenidos del bioterio del LSP del Atlántico.

Para las oviposuras, se introdujo en la jaula un vaso desechable de 3,5 onzas que contenía en su interior toallas de papel absorbente y un tercio de volumen de agua reposada. Estas toallas se retiraron cada tercer día, rotulándose con el nombre, procedencia de la cepa, fecha y generación. Los huevos se mantuvieron en cámara húmeda durante las siguientes 48 horas para su secado y posteriormente se almacenaron en recipientes plásticos herméticos. Al conseguir el número suficiente de huevos se repitió nuevamente el ciclo hasta obtener mosquitos adultos de la F2. Para evitar la contaminación de las cepas, se usaron pipetas Pasteur, bandejas, frascos y jaulas diferentes para cada una de las colonias.

Ensayos biológicos. Los ensayos biológicos se realizaron siguiendo el método de las botellas impregnadas propuesto por

el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de Atlanta, Estados Unidos (Brogdon y McAllister 1998).

Se emplearon mosquitos hembras F2 sin alimentar de tres días de nacidas de cada una de las cepas, y se introdujeron en botellas de vidrio Schott® de 250 ml, impregnadas previamente con 1 ml de la dosis diagnóstica para cada uno de los seis insecticidas: deltametrina (6,25 µg/ml), lambdacialotrina (6,25 µg/ml), malatión (100 µg/ml), fenitrotión (75 µg/ml), propoxur (12,5 µg/ml) y DDT (150 µg/ml). Las lecturas se realizaron a los tiempos diagnósticos establecidos en estudios previos: 15 minutos para lambdacialotrina, 45 minutos para fenitrotión y 30 minutos para deltametrina, malatión, propoxur y DDT (Fonseca-González 2008; Santacoloma 2008). Las botellas control se impregnaron con 1 ml de etanol abso-

luto. Se realizaron tres repeticiones, cada una de cuatro réplicas más un control.

En cada una de las botellas tratamiento y control se expusieron entre 15 y 25 hembras adultas. Se determinó la mortalidad en función del tiempo de exposición, se realizaron lecturas cada cinco minutos durante una hora, contabilizando el número de insectos vivos y muertos en cada botella. Se tuvo en cuenta el criterio de mortalidad propuesto por Brogdon y McAllister (1998): mosquitos con dificultad para volar y sostenerse al momento de rotar la botella. Se realizó corrección por fórmula de Abbott (Abbott 1925), cuando se encontró mortalidad en los controles entre el 5% y el 20% y se invalidó la prueba cuando la mortalidad superó el 20%. Los ensayos biológicos, se realizaron bajo condiciones de laboratorio,

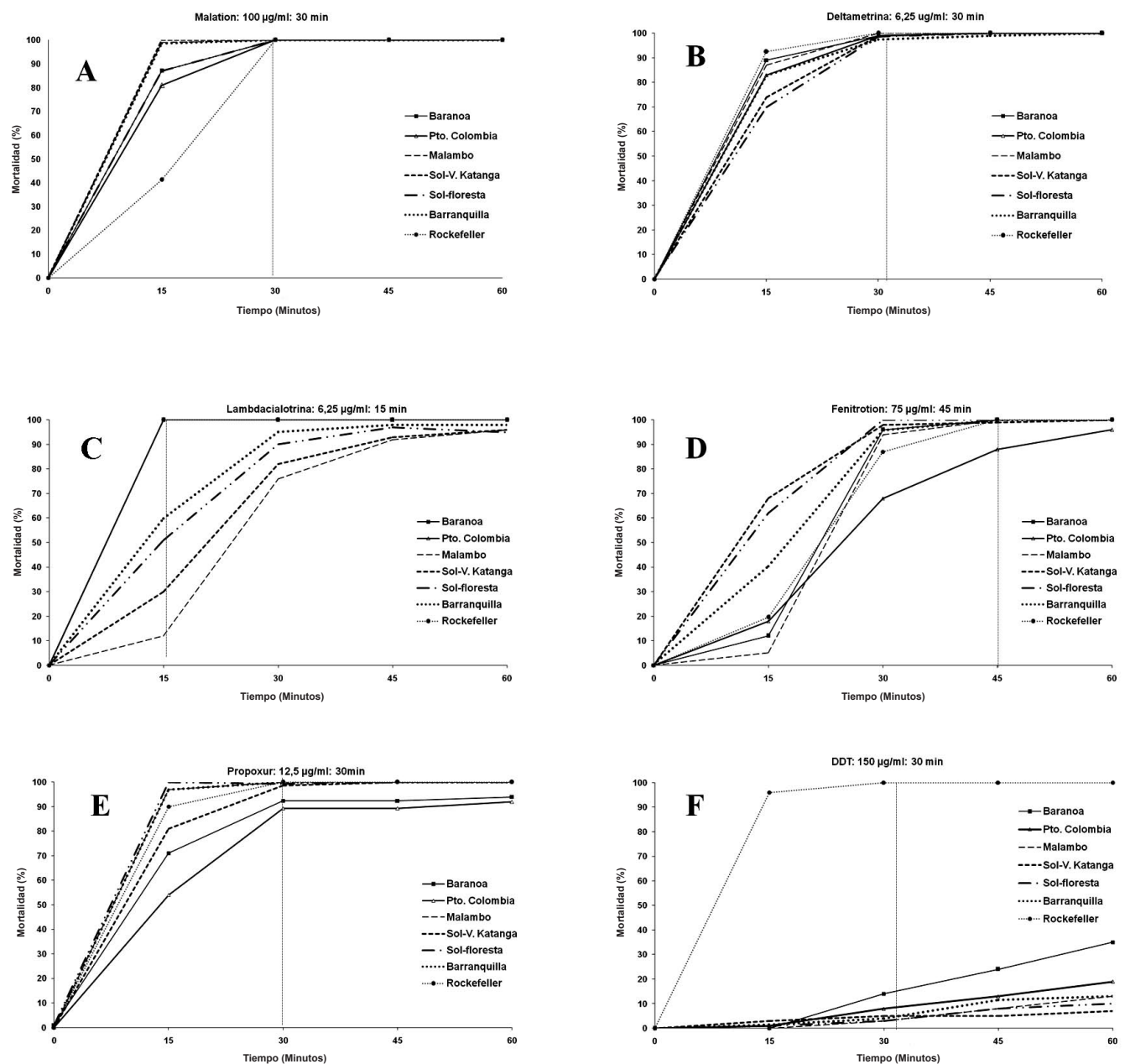


Figura 1. Porcentajes de mortalidad obtenidos para poblaciones de *A. aegypti* del departamento del Atlántico a través de la técnica CDC con dosis y tiempo diagnóstico. **A** deltametrina (6,25 µg/ml, 30 min.), **B** lambdacialotrina (6,25 µg/ml, 15 min.), **C** malatión (100 µg/ml, 30 min.), **D** fenitrotión (75 µg/ml, 45 min.), **E** propoxur (12,5 µg/ml, 30 min.) y **F** dicloro-difenil-tricloroetano (150 µg/ml, 30 min.). Cada punto corresponde al promedio aritmético de 12 datos (tres repeticiones cada una de cuatro réplicas).

a temperatura promedio de $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa promedio de $70\% \pm 10\%$.

Criterio de evaluación y análisis estadístico. El análisis de resultados se realizó de acuerdo con los criterios de mortalidad definidos por la metodología CDC (Brogdon y McAllister 1998), por lo tanto se consideró la población susceptible si presentaba porcentajes de mortalidad a tiempo diagnóstico entre 100 y 98% y como población con pérdida de susceptibilidad si registraba porcentajes de mortalidad a tiempo diagnóstico inferiores al 98%.

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk a los porcentajes de mortalidad a tiempo diagnóstico para cada insecticida en las diferentes poblaciones. Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis al determinar que los datos no tenían distribución normal. Cuando se encontraron diferencias significativas entre poblaciones, se aplicaron pruebas no paramétricas de comparación múltiple de Tukey (Zar 1999). Se utilizó el programa Statistix 8 (Analytical Software 2003)

Resultados

Todas las poblaciones registraron susceptibilidad al malatión y a la deltametrina (Figs. 1A, B). Las cepas de Baranoa y Puerto Colombia mostraron susceptibilidad a lambdacialotrina, mientras que las cepas de Malambo, Soledad-V. Katanga, Soledad-Floresta y Barranquilla presentaron pérdida de la susceptibilidad (Fig. 1C). Todas las cepas presentaron susceptibilidad al organofosforado fenitrotión, exceptuando Puerto Colombia en la que se observó pérdida de susceptibilidad (Fig. 1D). Las cepas de Malambo, Soledad-V. Katanga, Soledad-Floresta y Barranquilla presentaron susceptibilidad al propoxur mientras que las de Baranoa y Puerto Colombia evidenciaron pérdida de susceptibilidad (Fig. 1E).

En el caso del DDT todas las cepas registraron pérdida de la susceptibilidad con mortalidades inferiores a 13,5% (Fig. 1F). No se encontraron diferencias significativas entre poblaciones para malatión ($P = 0,14$), DDT ($P = 0,54$) y deltametri-

na ($P = 0,99$); se presentaron diferencias significativas entre poblaciones para lambdacialotrina ($P < 0,01$), propoxur ($P < 0,01$) y fenitrotión ($P < 0,01$). Con las pruebas no paramétricas de comparación múltiple, se conformaron tres grupos de poblaciones que presentaron diferencias significativas entre sí en los porcentajes de mortalidad de las pruebas con lambdacialotrina; grupo 1: Baranoa y Puerto Colombia; grupo 2: Barranquilla, Soledad-Floresta y Soledad-V. Katanga; grupo 3: Soledad-Floresta, Soledad-V. Katanga y Malambo. Con propoxur se conformaron dos grupos que presentaron diferencias significativas entre sí; grupo 1: Barranquilla, Malambo, Soledad-Floresta, Soledad-V. Katanga y Baranoa; grupo 2: Soledad-Floresta, Soledad-V. Katanga, Baranoa y Puerto Colombia. En el caso de fenitrotión, la población de Puerto Colombia presentó diferencias significativas con respecto a las otras poblaciones evaluadas (Tabla 1).

Discusión

Se registraron poblaciones de *A. aegypti* con pérdida de susceptibilidad a propoxur, fenitrotión, DDT y a la lambdacialotrina en el departamento del Atlántico. La pérdida de susceptibilidad en estas poblaciones probablemente se debe a la presencia de características genéticas intrínsecas de la especie que favorecen la expresión de genes de resistencia (Fonseca y Quiñones 2005; Vargas *et al.* 2006) y a la presión de selección ejercida por el constante uso de insecticidas químicos para el control del dengue en el departamento del Atlántico. La aparición de poblaciones de *A. aegypti* resistentes a insecticidas de tipo organoclorado, organofosforado y piretroide ha sido reportada por la Red Nacional de Vigilancia de la Resistencia a Insecticidas en otras regiones de Colombia tales como: Antioquia, Cundinamarca, Santander, Meta, Norte de Santander, Córdoba, Sucre, Caquetá, Guaviare, Cauca, Valle, Nariño y Chocó (Anaya *et al.* 2007; Salazar *et al.* 2007; Santacoloma 2008). Sin embargo, para el carbamato propoxur, solamente se ha encontrado pérdida de susceptibilidad en dos poblaciones correspondientes a los departamentos del Meta y

Tabla 1. Porcentajes de mortalidad en seis poblaciones de mosquitos de *A. aegypti* con su respectiva desviación estándar a dosis y a tiempo diagnóstico para cada uno de los insecticidas evaluados.

Insecticida	Población de <i>Aedes aegypti</i>					
	Baranoa	Puerto Colombia	Malambo	Soledad Villa Katanga	Soledad Floresta	Barranquilla
Malatión (100 µg/ml)	100	100	100	100	100	100
Deltametrina (6,25 µg/ml)	98,5 ± 2	98,8 ± 2	100	98,5 ± 2,8	98 ± 2,87	98,3 ± 2
Lambdacialotrina (6,25 µg/ml)	100 a	100 a	11,7 ± 9,6 c	29,9 ± 19,1 b,c	51,5 ± 4 b,c	59,8 ± 21 b
Fenitrotión (75 µg/ml)	100 d	87,8 ± 9,4 e	100 d	99,3 ± 9,4 d	100 d	100 d
DDT (150 µg/ml)	13,6 ± 16,7	8,3 ± 9,7	2,5 ± 4,1	5 ± 6,6	3 ± 5,8	4,3 ± 5,5
Propoxur (12,5 µg/ml)	92,3 ± 13,1 f,g	89,3 ± 10,3 g	100 f	98,5 ± 3,1 f,g	99,3 ± 2,2 f,g	100 f

Los valores indican el promedio ± desviación estándar. Las poblaciones que tienen la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí.

Guaviare (Instituto Nacional de Salud 2010). Estos estudios han demostrado un comportamiento generalizado de la resistencia de *A. aegypti* al DDT en Colombia, que puede estar relacionada con la fijación de alelos resistentes y la eliminación de alelos susceptibles como consecuencia de la aplicación de este organoclorado por más de dos décadas en el país (Fonseca *et al.* 2009). Particularmente en el departamento del Atlántico se aplicó este insecticida hasta la década de los sesenta, lo que probablemente influyó en la resistencia al DDT encontrada en el presente estudio.

El principal motivo para incluir la evaluación de este insecticida, aunque se encuentra suspendido su uso en Colombia desde 1992, fue la posibilidad de obtener los primeros indicios de una resistencia cruzada con otros insecticidas; el DDT y los piretroides tienen el mismo mecanismo de acción, el cual consiste en el retraso en el cierre del canal del sodio y la repolarización de la membrana (Zlotkin 1999; Vontas 2001). La modificación de este sitio blanco debido a la presencia del gen *kdr*, conlleva a la aparición de resistencia tanto al DDT como a los piretroides. De esta manera, la presión de selección con DDT que durante tantos años presentaron las poblaciones de *A. aegypti* de Colombia, podría haber generado resistencia cruzada con los piretroides.

De acuerdo con lo anterior, la pérdida de la susceptibilidad a la lambdacialotrina registrada para los municipios de Barranquilla, Soledad-Villa Katanga, Soledad-Floresta y Malambo, puede estar relacionada con una resistencia cruzada al DDT, a través de mecanismos metabólicos de resistencia por incremento en las oxidasas de función mixta o al gen *kdr*. Estos mecanismos han sido los responsables de la resistencia en diferentes culícidos en Cuba, Perú, Guatemala y México (Brogdon y Barber 1990; Rodríguez *et al.* 1993, 2007; Brogdon *et al.* 1999; Flores *et al.* 2005). En Colombia se encontró asociación entre el incremento en los niveles de oxidasas de función mixta y esterasas no específicas y la resistencia registrada a DDT y a lambdacialotrina en una población de *Anopheles darlingi* Root, 1926, del Chocó (Fonseca *et al.* 2009), pero hasta el momento no se ha reportado resistencia por gen *kdr* en ninguna de las poblaciones de culícidos estudiadas en el país.

Los insecticidas organofosforados han sido utilizados para el control de *A. aegypti* durante los últimos 15 a 20 años en varios países de América. Particularmente el departamento del Atlántico inició su uso a partir de la década de los 70; sin embargo, los piretroides que han sido usados más recientemente, a partir de la década de los 80, muestran mayores niveles de resistencia en comparación con los organofosforados, a pesar del mayor tiempo de uso de estos últimos (Bisset *et al.* 2003). En nuestros resultados, todas las poblaciones fueron susceptibles al organofosforado malatión y al piretroide deltametrina; En relación con el organofosforado fenitrotión, únicamente la población de Puerto Colombia presentó pérdida de susceptibilidad en comparación al piretroide lambdacialotrina, que presentó esta característica en cuatro poblaciones. La pérdida de la susceptibilidad para el fenitrotión en la población de Puerto Colombia puede estar relacionada con el uso de este organofosforado en el departamento del Atlántico desde la década de los 70 o a la resistencia reportada al organofosforado temefos en *A. aegypti* en este municipio (Maestre *et al.* 2009).

Se recomienda investigar la pérdida de la susceptibilidad en las poblaciones de Baranoa y Puerto Colombia frente al carbamato propoxur, el cual es un insecticida que no ha sido

aplicado desde las Secretarías de Salud del Atlántico y distrital de Barranquilla. Sin embargo, el propoxur era el ingrediente activo de un producto comercial de uso doméstico, el cual fue utilizado por mucho tiempo por las comunidades en Colombia. Se debe estudiar si esta pérdida de la susceptibilidad es resultado de una resistencia cruzada o si se debe al incremento en las oxidasas de función mixta, responsables de la resistencia a carbamatos, piretroides y DDT.

Los resultados de esta investigación, acompañados del desarrollo de pruebas de eficacia/efectividad en campo, permitirán a los programas de enfermedades de transmisión vectorial (ETV) de las Secretarías de Salud departamental, distrital de Barranquilla y municipal de Soledad, implementar estrategias de control de la patología con un criterio técnico, al escoger el insecticida a utilizar según el estado de susceptibilidad en cada una de las poblaciones evaluadas (Prieto *et al.* 2002). Es importante disminuir la presión de selección en las poblaciones en las que se detectó resistencia; la suspensión de los insecticidas podría conllevar a la reversión de la susceptibilidad en las poblaciones de *A. aegypti*; este fenómeno fue reportado en la ciudad de Cali (Colombia) en larvas de esta especie con el larvicida temefos (Prieto *et al.* 2002; Fonseca y Quiñones 2005).

Se considera importante ampliar este estudio determinando los mecanismos de resistencia expresados en estas poblaciones, mediante el uso de sinergistas, pruebas bioquímicas y moleculares, que permitan entender el mecanismo fisiológico que origina la resistencia en las poblaciones de *A. aegypti* a los insecticidas evaluados, con el fin de conocer, controlar el desarrollo y mitigar la abundancia de estas poblaciones en el departamento del Atlántico (Vargas *et al.* 2006). El presente trabajo contribuye al fortalecimiento de la red nacional de la vigilancia de la resistencia a insecticidas de interés en salud pública para la especie *A. aegypti*.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestros agradecimientos a los técnicos de los programas de ETV de las Secretarías de Salud del municipio de Soledad, distrito de Barranquilla y departamento del Atlántico por la recolección del material entomológico en cada uno de los municipios evaluados. A la técnico de laboratorio Lisceth Hanner Maestre por su colaboración en el manejo y mantenimiento de las cepas de *A. aegypti*. A la Gobernación del Atlántico – Secretaría de Salud y el Instituto Nacional de Salud – Laboratorio de Entomología por la financiación del presente trabajo de investigación.

Literatura citada

- ABBOTT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-67.
- ÁLVAREZ, L.; BRICEÑO, A.; OVIEDO, M. 2006. Resistencia al temefos en poblaciones de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) del occidente de Venezuela. *Revista Colombiana de Entomología* 32 (2): 172-5.
- ANALYTICAL SOFTWARE. 2003. Statistix 8 User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, Florida, U.S.A.
- ANAYA, Y.; COCHERO, S.; REY, G.; SANTACOLOMA, L. 2007. Evaluación de la susceptibilidad a insecticidas en *Aedes aegypti* capturados en Sincelejo. *Memorias XIII congreso colombiano de parasitología y medicina tropical. Biomédica* 27 (2): 257-58.
- APARECIDA-BRAGA, I.; PEREIRA-LIMA, J.; DA SILVA-SOARES, S.; VALLE, D. 2004. *Aedes aegypti* resistance to te-

- mephos during 2001 in several municipalities in the states of Rio de Janeiro, Sergipe and Alagoas, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 99 (2): 199-203.
- BESERRA, E.; FERNÁNDEZ, C.; DE QUIROGA, M.; DE CASTRO, F. 2007. Resistance of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) populations to organophosphates temephos in the Paraíba State, Brazil. *Neotropical Entomology* 36 (2): 303-7.
- BISSET, J.A.; RODRÍGUEZ, M.M.; DÍAZ, C.; SOCA, L.A. 1999. Caracterización de la resistencia a insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides en *Culex quinquefasciatus* del estado de Miranda, Venezuela. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 51 (2): 89-94.
- BISSET, J.A.; RODRÍGUEZ, M.M.; CÁCERES, L. 2003. Niveles de resistencia insecticidas y sus mecanismos en 2 cepas de *Aedes aegypti* de Panamá. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 55 (3): 191-5.
- BROGDON, W.; BARBER, A. 1990. Fenitrothion-deltamethrin crossresistance conferred by esterases in Guatemalan *Anopheles albimanus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 37:130-9.
- BROGDON, W.; MCALLISTER, J. 1998. Simplification of adult mosquito bioassays through use of time mortality determinations in glass bottles. *Journal of the American Mosquito Control Association* 14 (2): 159-64.
- BROGDON, W.; MCALLISTER, J.; CORWIN, A.; CORDON-ROSALES, C. 1999. Independent selection of multiple mechanisms for pyrethroid resistance in Guatemalan *Anopheles albimanus*. *Journal of Economic Entomology* 92: 298-302.
- BROWN, A. 1986. Insecticide resistance in mosquitoes: a pragmatic review. *Journal of American Mosquito Control Association* 2: 123-40.
- CASTRO, M.; QUINTANA, N.; QUIÑONES, M. 2007. Evaluación de dos piretroides en el control del vector del dengue en Putumayo, Colombia. *Revista de Salud Pública* 9 (1): 106-16.
- CHÁVEZ, J.; VARGAS, J.; VARGAS, F. 2005. Resistencia a deltametrina en dos poblaciones de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) del Perú. *Revista Peruana de Biología* 12 (1): 161-4.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA). 2002. Evaluación del estado actual de la flora y fauna en los municipios de Soledad y Malambo. Barranquilla: Corporación Autónoma Regional del Atlántico. p. 87-125.
- DUQUE-LUNA, J.; FERRER-MARTINS, M.; FELIX DOS ANJOS, A.; FUMIO-KUWABARA, E.; NAVARRO-SILVA, M. 2004. Susceptibility of *Aedes aegypti* to temephos and cypermethrin insecticides, Brazil. *Revista de Saude Pública* 38 (6): 842-3.
- FLORES, A.; ALBELDAÑO-VÁSQUEZ, W.; FERNÁNDEZ-SALAS, I.; BADII, M.; LOAIZA-BECERRA, H.; PONCE-GARCIA, G.; LOZANO-FUENTES, S.; BROGDON, W.; BLACK, W.; BEATY, B. 2005. Elevated á-esterase levels associated with permethrin tolerance in *Aedes aegypti* (L.) from Baja California, México. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 82: 66-78.
- FONSECA, I.; QUIÑONES, M. 2005. Resistencia a insecticidas en mosquitos (Diptera: Culicidae): mecanismos, detección y vigilancia en salud pública. *Revista Colombiana de Entomología* 31 (2): 107-15.
- FONSECA-GONZÁLEZ, I. 2008. Estatus de la resistencia a insecticidas de los vectores primarios de malaria y dengue en Antioquia, Chocó, Norte de Santander y Putumayo, Colombia. [Tesis de doctorado]. Medellín: Universidad de Antioquia. páginas?
- FONSECA-GONZÁLEZ, I.; QUIÑONES, M.; MCALLISTER, J.; BROGDON, W. 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.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. 2010. Vigilancia de la resistencia a insecticidas. Disponible: <<http://www.ins.gov.co/identificador=153>>. Fecha último acceso: [09 feb 2010].
- MACORIS, M.; ANDRIGHETTI, M.; TAKAKU, L.; GLASSE, C.; GARBELOTO, V.; BRACCO, J. 2003. Resistance of *Aedes aegypti* from the state of Sao Paulo, Brazil to Organophosphates insecticidas. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 98 (5): 703-8.
- MAESTRE-SERRANO, R.; VERGARA-SÁNCHEZ, C.; BE-RRUECO-RODRÍGUEZ, G.; BELLO-NOVOA, B.; BROCHERO, H. 2008. Presencia de *Haemagogus equinus* Theobald, 1903 (Diptera: Culicidae) en los municipios de Soledad y Malambo en el departamento del Atlántico, Colombia, 1998-2005. *Biomédica* 28 (1): 99-107.
- MAESTRE, R.; REY, G.; DE LAS SALAS, J.; VERGARA, C.; SANTACOLOMA, L.; GOENAGA, S.; CARRASQUILLA, M.C. 2009. Evaluación de la susceptibilidad de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) a temefós en Atlántico – Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 35 (2): 202-5.
- MONTADA-DORTA, D.; CALDERON-MORALES, I.; LEYVA-SILVA, M.; FIGUEREDO-SÁNCHEZ, D. 2007. Niveles de susceptibilidad de una cepa de *Aedes aegypti* procedente de Santiago de Cuba ante los insecticidas lambdaciolotrina, cipermetrina y clorpirifos. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. [publicación periódica en línea] [consultado 2009 nov 06] ; 59 (1). Disponible en: URL; http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602007000100008&lng=es&nrm=iso
- OCAMPO, C.B.; WESSON, D.M. 2004. Population dynamics of *Aedes aegypti* from a dengue hyperendemic urban setting in Colombia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 71 (4): 506-13.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 2009. La Organización Panamericana de la Salud y el estado colombiano. Cien años de historia. 1902 -2002. [Consultado 2009 mar 27]; Hallado en: URL; <http://www.col.ops.oms.org/centenario/libro.htm>
- PEREIRA-DA CUNHA, M.; PEREIRA-LIMA, J.B.; BROGDON, W.; MOYA, G.E.; VALLE, D. 2005. Monitoring of resistance to the pyrethroid cypermethrin in Brazilian *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations collected between 2001 and 2003. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 100 (4): 441-44.
- PEREIRA-LIMA, E.; DE OLIVEIRA-FILHO, A.; DE OLIVEIRA-LIMA, J.; RAMOS-JUNIOR, A.; DE GOES-CAVALCANTI, L.; SOARES-PONTES, R. 2006. *Aedes aegypti* resistance to temephos in counties of Ceará State. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 39 (3): 259-63.
- PRIETO, A.V.; SUÁREZ, M.F.; GONZÁLEZ, R. 2002. Susceptibilidad de dos poblaciones de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Cali (Valle, Colombia) a temefos (Abate) y Triflumuron (Starycide). *Revista Colombiana de Entomología* 28 (2): 175-8.
- QUATERMAN, K.D.; SCHOOF, H.F. 1958. The status of insecticide resistance in arthropods of public health importance in 1956. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 7: 74-83.
- RAWLINS, S. 1998. Distribución espacial e importancia de la resistencia a insecticidas de poblaciones de *Aedes aegypti* en el Caribe. *Revista Panamericana de Salud Pública* 4 (4): 243-51.
- RODRÍGUEZ, M.; ORTIZ, E.; BISSET, J.; HEMINGWAY, J.; SALEDO, E. 1993. Changes in malathion and pyrethroid resistance after cypermethrin selection of *Culex quinquefasciatus* field populations of Cuba. *Medical and Veterinary Entomology* 7: 117-21.
- RODRÍGUEZ, M.; BISSET, J.; RODRÍGUEZ, I.; DÍAZ, C. 1997. Determinación de la resistencia a insecticidas y sus mecanismos bioquímicos en 2 cepas de *Culex quinquefasciatus* procedentes de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 49 (3): 209-14.
- RODRÍGUEZ, M.; BISSET, J.; DÍAZ, C.; SOCA, L. 2003. Resistencia cruzada a piretroides en *Aedes aegypti* de Cuba inducido por la selección con el insecticida organofosforado malatión. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 55 (2): 105-11.
- RODRÍGUEZ, M.; BISSET, J.; FERNÁNDEZ, D.; PÉREZ, O. 2004. Resistencia a insecticidas en larvas y adultos de *Aedes aegypti*: prevalencia de esterasa A4 asociada con la resistencia a temefos. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 56 (1): 54-60.

- RODRÍGUEZ, H.; DE LA HOZ, F. 2005. Dengue and dengue vector behaviour in Cúcuta - Colombia, 2004. *Revista de Salud Pública* 7 (1): 1-15.
- RODRÍGUEZ, M.M.; BISSET, J.A.; FERNÁNDEZ, D. 2007. Determinación in vivo del papel de las enzimas esterasas y glutatión transferasa en la resistencia a piretroides en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Cubana de Medicina Tropical* [publicación periódica en línea]. [Consultado 2008 nov 11]; 59 (3). Hallado en: URL; http://bvs.sld.cu/revistas/mtr/vol59_3_07/mtr05307.htm
- ROJAS-ÁLVAREZ D. 2008. Informe sobre dengue en Colombia durante 2007. Informe Quincenal Epidemiológico Nacional 13 (8): 113-28.
- SALAZAR, M.; CARVAJAL, A.; CUELLAR, M; OLAYA, A.; QUIÑONES, J.; VELÁSQUEZ, O.; VIVEROS, A.; OCAMPO, C. 2007. Resistencia a insecticidas en poblaciones de *Aedes aegypti* y *Anopheles* spp. en los departamentos de Huila, Valle, Cauca y Nariño. *Memorias XIII Congreso colombiano de parasitología y medicina tropical. Biomédica* 27 (2): 177.
- SANTACOLOMA, L. 2008. Estado de la susceptibilidad a insecticidas de poblaciones naturales de *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 vector del dengue y *Anopheles darlingi* Root, 1926 vector primario de malaria (Diptera: Culicidae) en cinco departamentos de Colombia. [Tesis de maestría]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- TESH, R. 2002. Viral hemorrhagic fevers of South America. *Biomédica* 22: 287-95.
- VARGAS, F.; CÓRDOVA, O.; ALVARADO, A. 2006. Determinación de la resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus* y *Lutzomyia peruensis* procedentes del norte peruano. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 23 (4): 259-64.
- VONTAS, J.G. 2001. Glutathione s-transferases as antioxidant defense agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*. *Journal of Biochemistry* 357: 65-72.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1981. Instructions for determining the susceptibility or resistance of adult mosquitoes to organochlorine, organophosphate and carbamate insecticides – Diagnostic test. Geneva: WHO. (WHO/VBC/81.806).
- ZAR, JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, Estados Unidos. 4ta edición. 929 pp.
- ZLOTKIN, E. 1999. The insect voltage-gated sodium channel as target of insecticidas. *Annual Review of Entomology* 44: 429-55.

Recibido: 11-dic-2009 • Aceptado: 23-oct-2010

Control of American cockroach (*Periplaneta americana*) and German cockroach (*Blattella germanica*) by entomopathogenic nematodes

Control de la cucaracha americana (*Periplaneta americana*) y de la cucaracha alemana (*Blattella germanica*) por nematodos entomopatógenos

MONCHAN MAKETON¹, APINYA HOMINCHAN² and DARARAT HOTAKA³

Abstract: Two local and three imported entomopathogenic nematodes (EPNs) were tested for control of the American cockroach (*Periplaneta americana*) and the German cockroach (*Blattella germanica*). Only two Steinernematidae caused substantial cockroach mortality; one was a local strain of *Steinernema* sp. (strain T1), and the other was an imported strain of *S. carpocapsae*. A homemade bait that contained cat food and attapulgit clay at a ratio of 3:7 (W:W, 10 g total per bait) and 1×10^6 *Steinernema* sp. (T1) per bait resulted in $48.0 \pm 4.7\%$ mortality of the American cockroach and $57.7 \pm 8.0\%$ mortality of the German cockroach. A similar bait containing *S. carpocapsae* caused $40.0 \pm 3.3\%$ mortality of the American cockroach and $86.7 \pm 4.7\%$ mortality of the German cockroach. The optimal concentration of *Steinernema* sp. (T1) and *S. carpocapsae* to control the American and German cockroach was 1×10^6 EPNs and 5.4×10^4 EPNs per bait, respectively. The most susceptible stage of the American cockroach to both EPNs was the last instar, but susceptibility of the German cockroach to both EPNs did not differ among cockroach stages.

Key words: Cockroach bait. Steinernematidae. *Steinernema carpocapsae*.

Resumen: Se probaron dos nemátodos entomopatógenos locales y tres importados (EPNs) para controlar la cucaracha americana (*Periplaneta americana*) y la cucaracha alemana (*Blattella germanica*). Solamente dos Steinernematidae causaron mortalidad sustancial de las cucarachas, una cepa local de *Steinernema* sp. (cepa T1), y la otra fue una cepa importada de *S. carpocapsae*. Un cebo casero que contiene arcilla atapulgita en una proporción 3:7 (W:W, 10 g total por cebo) y 1×10^6 *Steinernema* sp. (T1) resultó en una mortalidad de $48,0 \pm 4,7\%$ de la cucaracha americana y $57,7 \pm 8,0\%$ mortalidad de la cucaracha alemana. Un cebo similar que contenía *S. carpocapsae* causó una mortalidad de $40,0 \pm 3,3\%$ para la cucaracha americana y $86,7 \pm 4,7\%$ mortalidad para la cucaracha alemana. La concentración óptima de *Steinernema* sp. (T1) y *S. carpocapsae* para controlar la cucaracha americana y cucaracha alemana fue de 1×10^6 EPNs y $5,4 \times 10^4$ EPNs por cebo respectivamente. El último instar de la cucaracha americana fue la más susceptible al ataque de cualquier nematodo mientras que no hubo diferencias en la susceptibilidad entre estadios en la cucaracha alemana.

Palabras clave: cebos para cucarachas. Steinernematidae. *Steinernema carpocapsae*.

Introduction

American and German cockroaches (Dictyoptera: Blattidae and Blattellidae) are pests that can threaten human health. The American cockroach, *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) (Blattidae), is the largest of the house-infesting roaches, while the German cockroach, *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767) (Blattellidae), is smaller. Both cockroaches have been spread throughout the world by commerce (Rust *et al.* 1991). Both cockroaches can contaminate food with bacterial diseases that result in food poisoning, dysentery, and diarrhea, and both can cause childhood asthma (Chanbang 1997). For the control of cockroaches, boric acid and chemical insecticides have been studied extensively (Appel and Benson 1995; Appel and Stanley 2000; Appel 2003; Wang and Bennett 2006). However, cockroach resistance has been reported to some compounds such as bendiocarb, cypermethrin, permethrin, propoxur, and chlorpyrifos (Valles and Yu 1996; Wei *et al.* 2001; Pridgeon *et al.* 2002).

Some parasitoids have been tested for the biological control of gravid stages of cockroaches. These parasitoids include *Aprostocetus hagenowii* (Ratzeburg, 1852); (Hymenoptera:

Eulophidae), *Anastatus tenuipes* (Bolívar y Peltain, 1925); (Hymenoptera: Eupelmidae), *Comperia merceti* (Compere, 1938); (Hymenoptera: Encyrtidae) (Lebeck 1991), *Aprostocetus asthenogmus* (Waterston, 1915); (Hymenoptera: Eulophidae) (Shamim *et al.* 2001), and *Evania appendigaster* (Linnaeus, 1758); (Hymenoptera: Evaniidae) (Hwang and Chen 2004). Potential microbial biological control agents include fungi belonging to the genera *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, and *Aspergillus* (Pathak and Kulshrestha 1998). An isolate of the bacterium *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 was also shown to induce cockroach mortality (Payne *et al.* 1994). The virus *Periplaneta fuliginosa* densovirus has been proposed for the control of the smoky-brown cockroach, *P. fuliginosa* (Serville, 1839) (Jiang *et al.* 2008).

Entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae and Heterorhabditidae) (EPNs) are commonly used as biological control agents of insects in cryptic habitats (Somsook 1991; Ramos-Rodríguez *et al.* 2006). Kochler *et al.* (1992) determined that, among five cockroach species, the American cockroach was the least susceptible to infection by *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) whether the nematode was applied directly or in baits; in particular, no mortal-

¹ Ph.D., Zoology Department, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. fscimcm@hotmail.com. Corresponding Author. ² M. Sc. Department of Disease Control, Ministry of Public Health. Thailand. ³ M. Sc. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperative. Thailand.

ity occurred with bait stations. Appel *et al.* (1993) evaluated the efficacy of EPNs in the Steinernematidae for controlling the German cockroach. Nguyen and Smart Jr. (1996) identified the Steinernematidae and Heterorhabditidae for control of the German cockroach. However, both EPNs were effective in controlling the German cockroach but were ineffective in controlling the American cockroach.

The current research evaluated the potential of five EPNs for the control of both the American and German cockroach. The EPNs were tested in baits containing cat food and attapulgitic clay because such baits would be relatively inexpensive to produce and easy to use.

Materials and Methods

Two EPNs native to Thailand were used: *Steinernema* sp. strain T1 and *Heterorhabditis indica* (Kaya, 1990) strain T2 were originally isolated from Kanchanaburi Province in western Thailand (14°0'15"N 99°32'57"E) and have been maintained in our laboratory. Three imported EPNs were also used: *S. carpocapsae*, *S. glaseri* (Steiner, 1932), and *H. bacteriophora* Poinar, 1975 were obtained from the Thai Department of Agriculture. All EPNs were raised in wax moth larvae (*Galleria mellonella* L., 1758) in our laboratory. Specimens of the American and German cockroach were obtained from the Thai Department of Health Science.

Efficacy test. One Petri dish bottom (9 cm diameter) filled with cotton wool was placed in a sterile plastic box (18.0 x 12.5 x 7.0 cm). EPNs were added to each dish in 6 ml of distilled water that contained 0.0, 1.7×10^3 , 8.3×10^3 , 1.7×10^4 , 8.3×10^4 , or 1.7×10^5 EPNs per ml. Dry cat food (Purina Corp., MO, USA) was then added to each dish (1 g/dish). Ten male American cockroaches were then released into each box because they have low body weight distribution (Appel *et al.* 1993). There were three replicate boxes for each combination of EPN species and concentration. The boxes were maintained at 25°C for seven days. The number of dead roaches was checked daily. All dead cockroaches were removed from the boxes and were examined to determine whether mortality was caused by EPN followed the method of White (1927).

The same procedure was followed with the German cockroach but the concentrations of the EPNs were lower because German cockroaches are much smaller than American cockroaches. The concentrations were 0.0, 1×10^3 , 3×10^3 , 6×10^3 , 9×10^3 , and 1.2×10^4 EPNs per ml of distilled water.

Bait compositions. Dry cat food (Purina Corp., MO, USA) and crackers (Nabisco Corp., NY, USA) mixed with attapulgitic clay (AGSORB-325 LVM-GA, Agrisorbents, IL, USA) were tested as baits. Attapulgitic clay was included because it might make the bait environment resemble the soil environment, which is the natural habitat for EPNs.

Five kinds of baits, each with 10 g total contents, were prepared: 1) ground cracker: attapulgitic clay 1:1 (W:W); 2) ground cracker: attapulgitic clay 3:7; 3) ground cat food: attapulgitic clay 1:1; 4) ground cat food: attapulgitic clay 3:7; and 5) attapulgitic clay alone. These components were mixed together before EPNs were added. The moisture content was 50% for each bait at the time of preparation.

The two most effective EPNs in controlling the American cockroach from the efficacy tested (*Steinernema* sp. strain T1 and the imported *S. carpocapsae*) were selected and prepared

at the concentrations of 0.0 (the control) and 1.7×10^5 EPNs per ml of a 0.1% formalin solution. Six milliliters of the EPNs or the control (0.1% formalin without EPNs) were then mixed with each bait in a clean plastic bag; at this point, the moisture content of the baits had dropped to 40-42%. Every bait was then placed in a Petri dish bottom and the dish was placed in a plastic box as described above. Ten male American cockroaches were released into each box, and boxes were kept at 25°C for seven days. There were five replicate boxes for each combination of bait, EPN strain, and EPN concentration. Cockroach mortality was recorded daily.

The same procedure was followed with the German cockroach. In addition, the survival of the EPNs in the baits was determined. Baits were placed in Petri dishes and boxes without cockroaches at 25°C. EPN survival was quantified followed the method of White (1927).

Optimal EPN concentration. Bait formulation four (ground cat food: attapulgitic clay 3:7) was used for this experiment. Two EPNs that were effective in killing the American cockroach (*Steinernema* sp. strain T1 and the imported *S. carpocapsae*) were prepared at seven concentrations: 0.0, 1.7×10^3 , 8.3×10^3 , 1.7×10^4 , 8.3×10^4 , 1.7×10^5 , and 8.3×10^5 EPNs per ml of 0.1% formalin solution. Mixing and testing procedures were performed as described in the previous experiment. Five replications were used. The experiment was also performed with the German cockroach but the EPN concentrations were 0.0, 1×10^3 , 3×10^3 , 6×10^3 , 9×10^3 , and 1.2×10^4 per ml.

Susceptibility of American cockroach and German cockroach stages. Bait number four, the two most effective EPNs (*Steinernema* sp. strain T1 and the imported *S. carpocapsae*), and their optimal concentrations obtained from the test (1.7×10^5 EPNs per ml for the American cockroach and 9×10^3 EPNs per ml for the German cockroach) were used to test the susceptibility of each stage of development of the cockroach. three stages of the American cockroach were used: first instar nymph, fourth instar nymph, adult male, and adult female. Ten specimens of each type were released into a plastic box containing a Petri dish with bait number four and EPN (or bait without EPN) as described earlier. There were five replicate boxes for each combination of EPN, cockroach stage, and EPN level (plus or minus); boxes were kept at 25°C for seven days. Dead cockroaches were counted daily for seven days. The experiment was also performed with the German cockroach but gravid females were included.

Statistical analysis. An analysis of variance (ANOVA) was used to compare the mortality of cockroaches and efficacy among EPN and baits. Mortality data were normalized by log transformation. Duncan's new multiple range test (DMRT) were used if there is any significant difference among treatments. Lethal times were analyzed by Probit analysis with 95% confidence intervals, using SAS version 9.1.3.

Results and Discussion

Efficacy test. At 1.7×10^5 EPNs per ml, *Steinernema* sp. (T1) caused the highest mortality ($60.0 \pm 2.4\%$) with a lethal time (LT_{50}) of 4.7 days (Fig. 1A). The second most effective EPN was *S. carpocapsae*, which caused $53.3 \pm 2.1\%$ mortality and had an LT_{50} of 5.5 days. American cockroach mortality

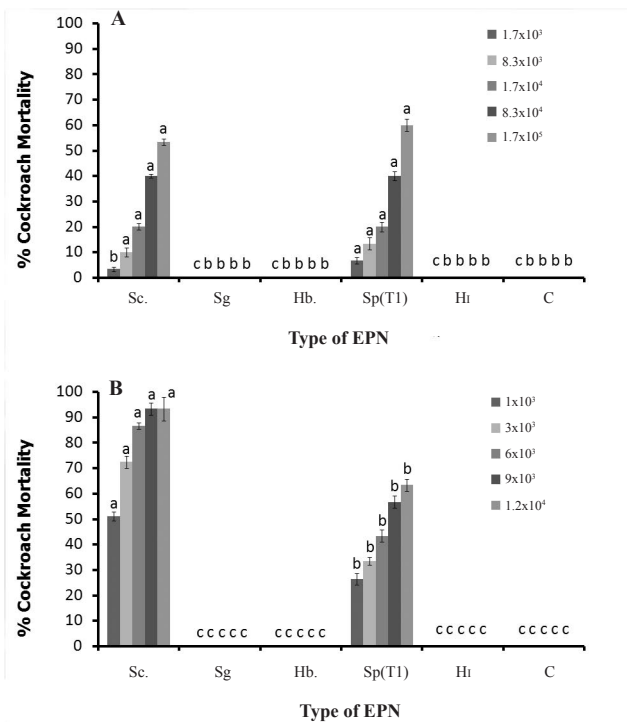


Figure 1. Mortality of American **A** and German **B** cockroaches caused by five entomopathogenic nematodes (EPN). Values are means $\pm$ SE. For each cockroach and EPN, means with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ according to DMRT. Sc = *Steinernema carpocapsae*, Sg = *Steinernema glaseri*, Hb = *Heterorhabditis bacteriophora*, Sp(T1) = *Steinernema sp. (T1)*, Hi = *Heterorhabditis indica* (T2), and C = Control.

caused by *Steinernema sp. (T1)* was significantly greater ($P < 0.05$, $F = 132$, $df = 5$) than that caused by *S. carpocapsae*. *S. glaseri*, *H. bacteriophora*, and *H. indica* (T2) caused no mortality of the American cockroach (Fig. 1A).

Whereas *Steinernema sp. (T1)* caused higher mortality of the American cockroach than *S. carpocapsae*, the opposite was true with the German cockroach ($F = 850$, $P < 0.05$) (Fig. 1B). *S. carpocapsae* caused $93.3 \pm 4.7\%$ mortality and had an LT_{50} of 2.8 days while *Steinernema sp. (T1)* caused only $63.3 \pm 2.4\%$ mortality and had an LT_{50} of 4.5 days. As with the American cockroach, *S. glaseri*, *H. bacteriophora*, and *H. indica* (T2) caused no mortality of the German cockroach. The subsequent experiments therefore used only *Steinernema sp. (T1)* and *S. carpocapsae*.

Bait compositions. Bait number four supported the best candidate in mortality of the American cockroach, and mortality was similar ($F = 0.2$ and 0.3 , $P > 0.05$), with either *S. carpocapsae* or *Steinernema sp. (T1)* (Fig. 2A). Mortality of the German cockroach was greater with *S. carpocapsae* than with *Steinernema sp. (T1)* in all four baits. Mortality tended to be highest with bait number four but German cockroach mortality did not statistically differ among the baits ($F = 0.3$ and 0.2 , $P > 0.05$) (Fig. 2B). Survival of EPN in the four kinds of baits in the absence of cockroaches declined rapidly down to 0% after four days (Fig. 3).

Optimal EPN concentration. For both EPN, the optimal concentration to kill the American cockroach was 1.7×10^5 EPNs per ml. There was no statistical difference in the mor-

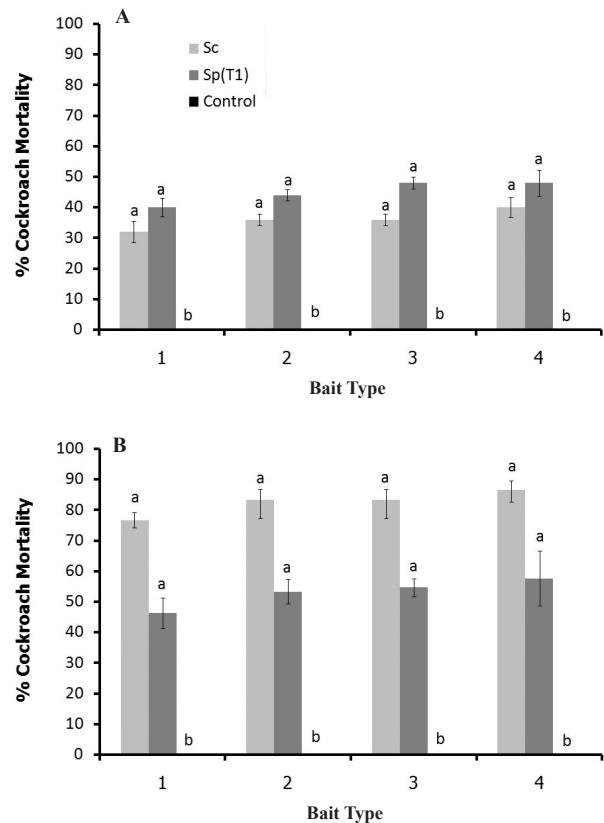


Figure 2. Mortality of American **A** and German **B** cockroaches as affected by four kinds of bait and two kinds of entomopathogenic nematode. Values are means $\pm$ SE. For each cockroach and bait type, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ according to DMRT. Sc = *Steinernema carpocapsae*, Sp (T1) = *Steinernema sp. (T1)*. See methods section for types of bait.

tality caused by the two EPNs. Both caused it around $52.0 \pm 2.0\%$ but while *Steinernema sp.* had an LT_{50} of 4.8 days, *S. carpocapsae* had an LT_{50} of 5.5 days. As expected, mortality was greater with the EPNs than in the control ($F = 3309$, $P < 0.05$) (Fig. 4A).

The optimal concentration for controlling the German cockroach was 9×10^3 EPNs per ml (Fig. 4B). However, there was a significant difference between the mortality caused by *S. carpocapsae* and *Steinernema sp. (T1)* ($F = 261$, $P < 0.05$). *S. carpocapsae* caused $89.1 \pm 1.4\%$ mortality and had an LT_{50} of 3.0 days while *Steinernema sp. (T1)* caused $50.5 \pm 3.2\%$ mortality and had an LT_{50} of 4.1 days (Fig. 4B). There was no cockroach mortality in the control treatment.

Susceptible stages of American cockroach and German cockroach. For the American cockroach, mortality caused by either EPN was lower with the fourth instar nymph than with the other stages ($F = 19.3$, $P < 0.05$); mortality was similar with both EPNs (Fig. 5A). For the German cockroach, mortality was unaffected by cockroach instar ($F = 1.2$, $P > 0.05$) and was similar for both EPNs (Fig. 5B).

Conclusions

Bowen and Ensign (1998) reported that *Photorhabdus luminescens* (Thomas & Poinar, 1979), a symbiotic bacterium in the intestinal tract of EPN species in the *Heterorhabditi-*

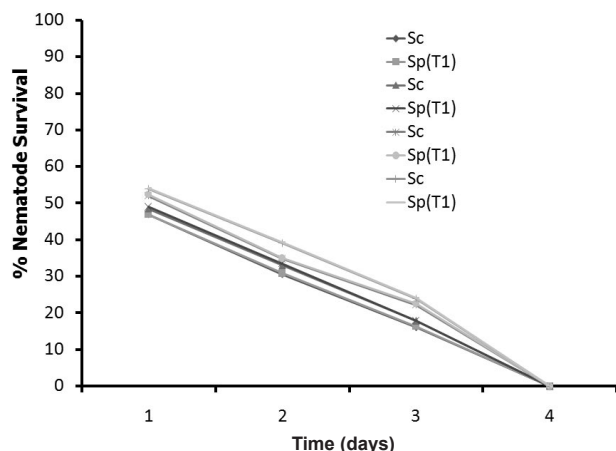


Figure 3. Survival of entomopathogenic nematodes in four bait types in the absence of cockroaches. Sc = *Steinernema carpocapsae*, Sp (T1) = *Steinernema* sp. (T1).

dae, produces a protein complex that is lethal when fed to or injected into the haemolymph of several insect species. When fed to cockroaches, however, the toxin caused only 30% mortality of the German cockroach and 0% mortality of the American cockroach. This is consistent with our results, which indicated poor control of these cockroaches by two

EPN species in the Heterorhabditidae. The intestines of EPN species in Steinernematidae contain the symbiotic bacterium *Xenorhabdus* spp., which also produces a toxin. Based on our results, which documented high mortality by two species of *Steinernema*, we suspect that the toxin produced by *Xenorhabdus* spp. might be more effective against cockroaches than the toxin produced by *P. luminescens*. The cause for the poor performance of *S. glaseri* is unclear.

Attapulgitic clay was used because, unlike diatomaceous earth or dry silica gel, does not have acute or dermal effects on insects (at least these effects have not been reported); we did not want the mortality caused to the cockroaches to be confounded by mortality caused by another bait component different to the EPNs. However, the clay particle size used in the current study might have been so fine that there was low gas exchange in the baits and therefore inadequate oxygen available for the EPNs. This could explain why EPN survival dropped so rapidly in the absence of cockroaches (Fig. 3). In addition, the experimental open containers were maintained uncovered, which allowed moisture in the bait to be released into the atmosphere, and the drop in moisture could have reduced EPN survival.

Morphological studies revealed that *Steinernema* sp. (T1) is not one of the species of *Steinernema* that was imported to Thailand nor is it *S. siamkayai* Stock, Somsook and Reid, 1998, a new Thai species reported a decade ago (Stock *et al.* 1998). Additional research is required regarding the identi-

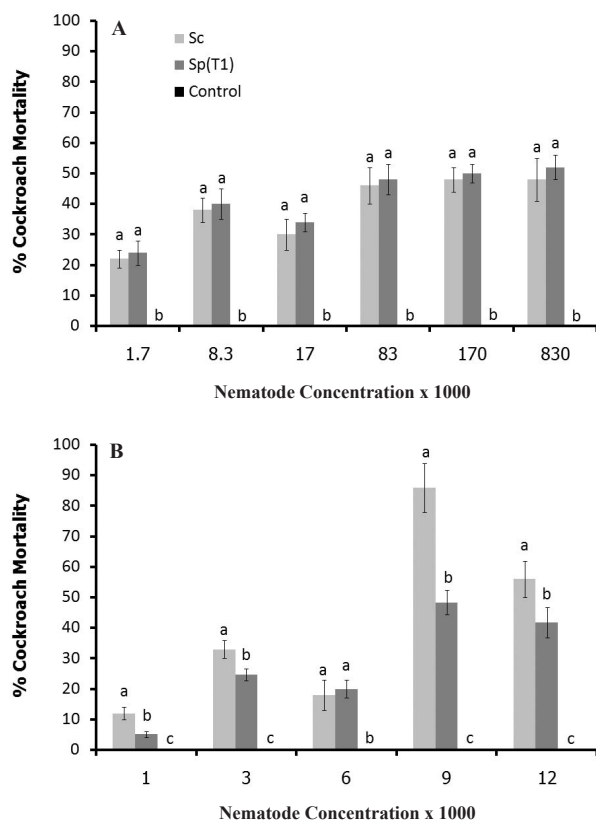


Figure 4. Mortality of American **A**, and German **B** cockroaches as affected by nematode concentration in bait number four. Values are means $\pm$ SE. For each cockroach and nematode concentration, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ according to DMRT. Sc = *Steinernema carpocapsae*, Sp(T1) = *Steinernema* sp. (T1).

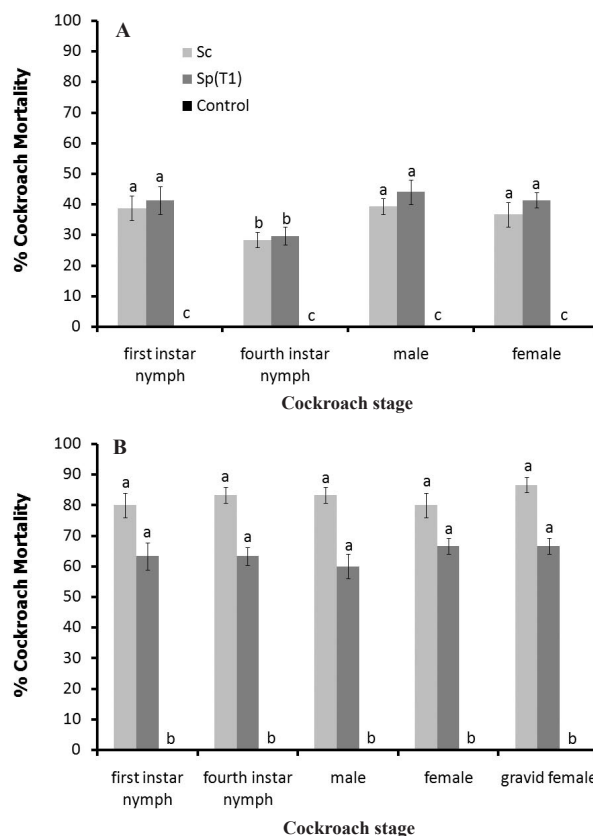


Figure 5. Mortality of American **A**, and German **B** cockroaches caused by entomopathogenic nematodes and as affected by cockroach stage. Values are means $\pm$ SE. For each cockroach species and stage, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ according to DMRT. Sc = *Steinernema carpocapsae*, Sp (T1) = *Steinernema* sp. (T1).

fication of this species and its efficacy in controlling cockroaches and others insect pests.

Acknowledgements

The authors would like to thank the following people and institutions for their assistance: Mrs. Vatcharee Somsook, Thai Department of Agriculture, for providing three EPNs; Mr. Kasin Supaprathom, Thai Department of Health Science, for cockroaches' specimens; and Dr. S.P. Stock, The University of Arizona, for identifying the EPN species.

Literature cited

- APPEL, A. G. 2003. Laboratory and field performance of an indoxacarb bait against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 96 (3): 863-870.
- APPEL, A. G., BENSON, E. P. 1995.- Performance of avermectin bait formulations against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 88 (4): 924-931.
- APPEL, A. G., STANLEY, M. J. 2000.- Laboratory and field performance of an imidacloprid gel bait against german cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 93 (1): 112-118.
- APPEL, A. G.; BENSON, E. P.; ELLEENBERGER, J. M.; MANWELLER, S. A. 1993. Laboratory and field evaluation of entomogenous nematode (Nematoda: Steinernematidae) for German cockroach (Dictyoptera: Blattidae) control. *Journal of Economic Entomology* 86 (3): 777-784.
- BOWEN, D. J.; ENSIGN, J. C. 1998. Purification and characterization of a high-molecular-weight insecticidal protein complex produced by the entomopathogenic bacterium *Photobacterium luminescens*. *Applied and Environmental Microbiology* 64 (8): 3029-3035.
- CHANBANG, Y. 1997. Monitoring of cockroaches (Orthoptera: Blattidae) population in Bangkok urban area and effective used of insecticides. Ph. D. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, 57 p.
- HWANG, S. Y.; CHEN, L. M. 2004. Effects of four physical treatments of oothecae of *Periplaneta americana* on parasitism and development of parasitic wasp *Evania appendigaster*. *Environmental Entomology* 33 (5): 1321-1326.
- JIANG, H.; ZHOU, L.; ZHANG, J. M.; DONG, H. F.; HU, Y. Y.; JIANG, M. S. 2008. Potential of *Periplaneta fuliginosa* densovirus as a biocontrol agent for smoky-brown cockroach, *P. fuliginosa*. *Biological Control* 46 (2): 94-100.
- KOCHLER, P. G.; PATTERSON, R. S.; MARTIN, W. R. 1992. Susceptibility of cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae, Blattidae) to infection by *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Economic Entomology* 85 (4): 1184-1187.
- LEBECK, L. M. 1991. A review of the hymenopterous natural enemies of cockroaches with emphasis on biological control. *Bio-Control* 36 (3): 335-352.
- NGUYEN, K. B.; SMART, G. C. Jr. 1996. Identification of entomopathogenic nematodes in the Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Steinernematidae) for German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) control. *Journal of Nematology* 28 (3): 286-300.
- PATHAK, S. C.; KULSHRESTHA, V. 1998. Experimental aspergillosis in the German cockroach *Blattella germanica*: a histopathological study. *Mycopathologia* 143 (1):13-16.
- PAYNE, J. M.; KENNEDY, K. M.; RANDALL, J. B.; BROWER, D. O. 1994. *Bacillus thuringiensis* isolates active against cockroaches and genes encoding cockroach-active toxins. U. S. Patent No. 5302387.
- PRIDGEON, J. W.; APPEL, A. G.; MOAR, W. J.; LIU, N. 2002. Variability of resistance mechanisms in pyrethroid resistant German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 73 (3): 149-156.
- RAMOS-RODRÍGUEZ, O. ; CAMPBELL, J. F.; RAMASWAMY, S. B. 2006. Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. *Journal of Store Product Research* 42 (3): 241-252.
- RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; HANSGEN, K. H. 1991. Control of American cockroaches (Dictyoptera: Blattidae) in sewers. *Journal of Medical Entomology* 28 (2): 210-213.
- SHAMIM, S. A.; ISLAM, W.; MONDAL, K. A. M. S. H. 2001. Biological control potential of the cockroach parasitoid *Aprostocetus asthenogmus* (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae). *International Pest Control* 43 (2): 68-71.
- SOMSOOK, V. 1991. Entomopathogenic nematodes for agricultural pests control. Department of Agriculture. Bangkok. 146 p.
- STOCK, S. P.; SOMSOOK, V.; REID, A. P. 1998. *Steinernema siamkayai* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), an entomopathogenic nematode from Thailand. *Systematic Parasitology* 41: 105-113.
- VALLES, S. M.; YU, S. J. 1996. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 89 (1): 21-26.
- WANG, C.; BENNETT, G. W. 2006. Efficacy of noviflumuron gel bait for control of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) in laboratory studies. *Pest Management Science* 62 (5): 434-439.
- WEI, Y.; APPEL, A. G.; MOAR, W. J.; LIU, N. 2001. Pyrethroid resistance and cross-resistance in german cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Pest Management Science* 57 (11): 1055-1059.
- WHITE, G. F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science* 66: 302-303.

Recibido: 13-nov-2009 • Aceptado: 6-may-2010

Evaluación de la terapia larval aplicada a cuatro casos clínicos de animales en Bogotá (Colombia)

Evaluation of maggot therapy applied to four clinical cases of animals in Bogota (Colombia)

MAURICIO REY A.¹, ADRIANA CASTAÑEDA A.¹, JULIANA GONZÁLEZ Z.¹, VÍCTOR ACERO P.^{1,2},
ALEXANDRA SEGURA G.³ y FELIO BELLO G.⁴

Resumen: Se evaluó el uso de larvas de *Lucilia sericata* en el tratamiento de heridas infectadas en cuatro casos de animales. Se emplearon dos bovinos, un caballo y un canino tratados con terapia larval en la clínica veterinaria de la Universidad de La Salle, Bogotá-Colombia. Se desarrolló el protocolo de desinfección de huevos embrionados de *L. sericata*. Al eclosionar las larvas asépticas de primer estadio se colocaron sobre las úlceras de los animales, cubriéndolas con vendajes. La evaluación macroscópica de las heridas, con base en una prueba estandarizada, permitió asignar para las variables de olor, presencia de exudado e inflamación, los puntajes óptimos a los nueve y 12 días del tratamiento en tanto que para el nuevo tejido de granulación la mejor calificación se estableció el día nueve. La acción de las larvas sobre las heridas produjo la remoción del tejido necrótico, el control de la infección y la aparición de un renovado tejido de granulación, todo condujo a la cicatrización de las lesiones de los animales en un tiempo máximo de 15 días. Se demostró la eficacia de las larvas de *L. sericata* en el tratamiento de heridas infectadas de los animales. Sobre esta base, se presenta la terapia larval como una alternativa efectiva para el tratamiento de heridas en diversas especies de animales.

Palabras clave: Cicatrización. *Lucilia sericata*. Biocirugía. Absceso.

Abstract: The use of *Lucilia sericata* larvae in the treatment of infected wounds in four animal cases was evaluated. We used two bovines, one horse and one canine treated with maggot therapy in the veterinary clinic of the University of La Salle, Bogotá-Colombia. We developed the protocol for disinfection of the embryonic eggs of *L. sericata*. After eclosion, aseptic first instars were placed on the animal wounds, and these were covered with bandages. The macroscopic evaluation of the wounds, based on a standardized test, allowed us to assign for the variables of odor, presence of exudate and inflammation, the optimal scores at nine and 12 days treatment, while for the new granulation tissue the best rating was established on day nine. The action of the larvae on the wounds produced the removal of the necrotic tissue, control of infection and the formation of renewed granulation tissue, all leading to the healing of the lesions in the animals in a maximum of 15 days. The effectiveness of *L. sericata* larvae in the treatment of infected animal wounds was demonstrated. Based on this, maggot therapy is presented as an effective alternative for the treatment of wounds in diverse animal species.

Key words: Wound healing. *Lucilia sericata*. Biosurgery. Abscess.

Introducción

La utilización de las larvas de insectos, y en especial dípteros, en el manejo y curación de heridas ha sido una técnica practicada desde los tiempos antiguos (Kocisova *et al.* 2006). En algunas culturas antiguas como las tribus Ngemba de Nuevo Gales en Australia y los indígenas Mayas en América Central era costumbre emplear larvas de moscas que encontraban en material orgánico en descomposición para el manejo clínico de tumores superficiales y heridas infectadas, retirándolas a los pocos días cuando éstas sanaban (Dunbar 1944; Weil *et al.* 1933).

Sin embargo, hace casi 80 años, el verdadero pionero de la terapia larval fue William Baer (1931), cirujano y ortopedista norteamericano, quien observó los beneficios de las larvas en heridas traumáticas durante la primera guerra mundial cuando comenzó a utilizarlas durante su práctica. Baer (1931) estudió sus efectos en 89 pacientes con osteomielitis crónica reportando resultados positivos en un 90%. Sin embargo, debido a que las larvas utilizadas por él no estaban

estériles, algunos de sus pacientes llegaron a infectarse con *Clostridium tetani* Flüge, 1886 (Clostridiales: Clostridiaceae). Este suceso hizo que en los siguientes años se dedicara a desarrollar un método eficaz para producir larvas estériles. Hacia los años cuarenta, la introducción de los antibióticos como las sulfonamidas y la penicilina en el manejo y cuidado de las heridas tuvo un efecto dramático en la terapia de desbridamiento de heridas infectadas por medio de larvas de mosca al desaparecer casi por completo esta técnica (Thomas *et al.* 1997).

Durante los años ochenta, el uso de la terapia larval fue retomado por Ronald Sherman, médico y profesor de la Universidad de California, quien empezó a utilizar esta técnica en el tratamiento de úlceras generadas por presión y heridas crónicas, motivado por la escasa eficacia de los tratamientos convencionales sobre este tipo de lesiones y, también, como resultado de la emergencia de cepas bacterianas con múltiples resistencias a los antibióticos (Sherman *et al.* 1993). En la actualidad, la biocirugía larval es de uso habitual en muchos países del mundo (Mumcuoglu *et al.* 1998; Sherman y

¹ Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de La Salle, Cra. 7 # 173 - 85, Bogotá - Colombia. ² Médico Veterinario. M.Sc. (C). Departamento de Ciencias Básicas. Universidad de La Salle, Cra. 7 # 173 - 85, Bogotá - Colombia. ³ Estudiante Ph. D. Universidad del Rosario, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Laboratorio Entomología Médica y Forense, Cll. 63D # 24-31, Bogotá - Colombia. ⁴ Ph. D. Universidad del Rosario, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Laboratorio Entomología Médica y Forense, Cll. 63D # 24-31, Bogotá - Colombia. felio.bello@urosario.edu.co Autor para correspondencia.

Pechter 1988); en Colombia, en los años recientes y en forma esporádica, se ha dado inicio a esta metodología.

La terapia larval es un método natural simple, seguro y altamente exitoso para la curación de úlceras o lesiones crónicas, su acción está científicamente comprobada a través de tres funciones primordiales: limpieza del tejido necrótico, eliminación de bacterias y microorganismos y estimulación en el crecimiento del tejido de granulación (Spilsbury *et al.* 2008; Wolff y Hansson 2005; Sherman *et al.* 2000; Mumcuoglu *et al.* 1998). Sin embargo, a nivel de medicina veterinaria ha sido menos utilizada y son pocos los casos de animales tratados con terapia larval (Jones y Wall 2008).

En Colombia, en un trabajo reciente de evaluación de la terapia larval en la curación de heridas infectadas con *Pseudomonas aeruginosa* Schroeter, 1872 (Pseudomonadales: Pseudomonaceae) en conejos (Rey *et al.* 2008), se demostró la acción bactericida de larvas de *Lucilia sericata* Meigen, 1826 (Diptera: Calliphoridae), gracias a la reducción del crecimiento de colonias bacterianas, al punto de ser controladas y erradicadas de las lesiones en un período menor comparado con un tratamiento paralelo con antibiótico (gentamicina). Además, en el trabajo señalado, se concluyó que el proceso de curación fue de mejor calidad y menor duración, 10 días, para el grupo de tratamiento larval, comparado con el tratamiento convencional con antibiótico que alcanzó la curación en el doble de tiempo.

La terapia larval en medicina veterinaria puede ser utilizada en la eliminación de abscesos, heridas crónicas y ciertos tipos de tumores malignos y benignos. Sin embargo, estas aplicaciones estarán sujetas a las características de cada paciente y de cada herida, por ejemplo, no es viable usar larvas en heridas no infectadas, en aquellas que se deban suturar por completo o en pacientes donde el seguimiento por lo menos cada dos días no es posible, de ahí la importancia de valorar las heridas antes de decidir el uso de esta terapia (Kocisova *et al.* 2003).

En los animales las heridas infectadas crónicas representan problemas importantes de salud y economía, debido a la baja eficiencia en la regeneración del tejido mediante los métodos alopáticos tradicionales, entre ellos el desbridamiento quirúrgico de tejido necrótico y la terapia con antibióticos. Todo lo anterior tiene un gran impacto en costos tanto directos en los tratamientos, como indirectos, ocasionados por la baja producción pecuaria; por tal razón la terapia larval constituye una alternativa válida para usar en heridas de animales que no responden a los tratamientos convencionales.

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el tratamiento de terapia larval, usando larvas de la mosca *L. sericata*, aplicado a cuatro casos de animales con heridas infectadas, que se remitieron a la Clínica Veterinaria de la Universidad de La Salle Bogotá-Colombia.

Materiales y métodos

Protocolo de asepsia de huevos de *L. sericata* y evaluación microbiológica. Los huevos embrionados se recolectaron de una colonia de *L. sericata*, cepa Bogotá-Colombia, previamente establecida en el Laboratorio de Entomología Médica de la Universidad del Rosario (Rueda *et al.* 2010). Un número aproximado de 200 huevos, empleados en cada etapa de asepsia, se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5%, con agitación continua durante 10 minutos, luego se transfirieron a formaldehído al 5% durante 10 mi-

nutos y finalmente se lavaron con agua destilada estéril por 3 minutos. Los huevos desinfectados se transfirieron a cajas de Petri estériles, donde ocurrió la eclosión de las larvas, previa incubación a 27°C. Estas larvas se sometieron a un control microbiológico para asegurar la calidad higiénico-sanitaria del proceso de desinfección, de acuerdo con los procedimientos empleados por Kocicova *et al.* (2006) y Sherman *et al.* (2006). Las larvas estériles al interior de las cajas de Petri, se refrigeraron a 4°C, en algunas ocasiones hasta por 72 horas, antes de ser utilizadas en los tratamientos.

Casos evaluados. Se tomaron cuatro casos de animales que fueron tratados en la Clínica Veterinaria de la Universidad de La Salle, Bogotá-Colombia (altura: 2700 m, temperatura promedio anual: 14°C, humedad relativa: 73,25% y precipitación media anual de 790 mm.), durante los años 2006 y 2007. Con el fin de evaluar las heridas se tomaron intervalos de tres días en los cuales se observó hasta el día 12, según el caso, el avance en el proceso de cicatrización. Los casos se describen a continuación:

Caso 1: Bovino hembra de tres años y medio, que ingresó a la clínica con una lesión en la región costo abdominal izquierda, la cual midió 6 cm de largo y 4 cm de ancho, con una profundidad de 5 cm, afectando así el sistema tegumentario y muscular, aparentemente originada de una rumenotomía en los días previos a su remisión. Se inició el tratamiento convencional el día 15 de septiembre de 2006 con penicilina y estreptomycin (Dalipen®), según Powers y Garg (1980), continuando con estos medicamentos hasta el día 30 de septiembre del mismo año. Adicionalmente, se hicieron drenajes diarios de la herida y limpiezas con yodo metálico al 2%. El día 27 de septiembre del mismo año se efectuó un cataplasma con una solución sobresaturada de azúcar. Sin embargo, debido a la poca evolución de la herida, se inició el protocolo de terapia larval, a partir del día 5 de octubre de 2006 hasta el día 20 del mismo mes y año.

Caso 2: Bovino hembra con absceso en la fosa iliaca izquierda, lesión que presentó varios días atrás derivada de una cirugía anterior. Comenzó el tratamiento convencional el día 23 de enero de 2007 con Fenilbutazona (Butazinol®) y Enrofloxacin (Floxcelin®) hasta el día 28 de enero del mismo año, complementado con limpieza y drenaje a diario de la herida. Se inició el tratamiento con larvas de *L. sericata*, como método alternativo ante la evidente falta de respuesta a los tratamientos anteriores, desde el día 1 hasta el día 6 de febrero de 2007.

Caso 3: Equino de cinco años con laceración, herida abierta y contaminada, de la cara medial del miembro anterior izquierdo, ingresó a la clínica el día 1 de diciembre de 2006. Se inició tratamiento con penicilina y estreptomycin (Dalipen®), según Powers y Garg (1980), además se efectuó vermifugación con Ivermectina y Praziquantel (Milhorse®), se manejó el dolor con flunixin meglumine (Flunixin®), según Theoret (2004). También, se aplicó tópicamente antiséptico y cicatrizante (Negasunt®). El día 7 de diciembre de 2006 se inició el tratamiento larval en razón al ineficiente resultado con el método convencional.

Caso 4: Cánido macho que ingresó a la clínica con laceración profunda y extensa por trauma, debido a atropellamiento ve-

hicular, en el miembro anterior izquierdo. La lesión presentó exposición y ruptura de tendones, músculo y hueso. Previo al tratamiento con larvas se realizó el lavado de la herida con Clorhexidina y solución salina fisiológica, con el fin de retirar los detritos y fragmentos de tejidos que estaban a punto de desprenderse. La aplicación de la terapia larval se inició el día 12 de febrero de 2006.

Protocolo de aplicación de larvas asépticas de *L. sericata*. Se colocaron 10 larvas por cada cm² sobre la herida de los animales, previa limpieza con solución salina al 0,09% (Kocisova *et al.* 2006; Sherman *et al.* 2006). Se realizó fijación con material adhesivo y un vendaje especial para esa zona, diseñado con gasa, esparadrapo y finalmente vendas cohesivas para evitar que las larvas tuvieran contacto con el exterior y así garantizar la continua interacción con la herida. A los tres días se retiró el vendaje y se hizo una evaluación de la evolución de cada una de las lesiones en los animales, determinando la necesidad de continuar o no la aplicación de nuevo tratamiento larval.

Para la aplicación de larvas asépticas de *L. sericata*, se realizó examen clínico físico a cada animal antes, durante y después de establecida la terapia larval. Los animales se alimentaron y consumieron agua durante la fase experimental de acuerdo con el protocolo establecido en la clínica veterinaria de la Universidad de La Salle.

Variables consideradas. Antes, durante y después de establecido el tratamiento se realizó una evaluación de la herida. Las variables evaluadas fueron: presencia de edema, presencia de exudado, mal olor, inflamación y presencia de tejido tipo granulación. Las cuatro primeras variables fueron evaluadas con valores entre 0 a 3, donde 0 representó ausencia total de la variable, 1 presencia tenue, 2 presencia moderada y 3 presencia fuerte de la variable. Mientras que para la variable tejido de granulación, 0 representó la presencia total de tejido de granulación en la herida, 1 presencia moderada, 2 presencia tenue y 3 ausencia del tejido de granulación. El puntaje máximo de todas las variables es 15 en el peor de los casos y 0 en el mejor (Wollina *et al.* 2002). Con el fin de evitar sesgos durante la evaluación de las heridas, se diseñaron protocolos para la recolección de los datos. Además, esta labor la realizó un solo investigador.

Para la aplicación de las larvas y todos los demás procedimientos asociados al proceso de terapia se tuvo en cuenta la ley 84 de 1989 para animales de experimentación. Durante los tratamientos, para cada uno de los casos de los animales tratados con terapia larval, se previno el dolor mediante el manejo de un protocolo de analgesia y anestesia adecuada para cada paciente. Finalmente, las larvas se retiraron e incineraron en atención a las características del tratamiento individualizado para cada animal. Para legalizar las intervenciones de terapia larval aplicada a los animales se informó a los propietarios

acerca de las características de los tratamientos y luego cada uno de ellos firmó el consentimiento informado.

Resultados

Se observó una mejoría notable en cada uno de los casos, evolucionando favorablemente las lesiones con el paso de los días y a medida que se iban aplicando las larvas en las fechas establecidas. La tabla 1 muestra los valores de las variables cualitativas, de acuerdo con los parámetros de Wollina *et al.* (2002).

Caso 1. Entre los días tres y seis disminuyó el edema, exudado e inflamación, con presencia de tejido de granulación. A los ocho días después de establecido el tratamiento de terapia larval, no se observó tejido necrótico macroscópico y se registró un excelente tejido de granulación en el área afectada, el cual sentó las bases para el inicio del proceso de cicatrización (Figs. 1A, 1B, 1C). Finalmente, se obtuvo la recuperación completa a los 12 días de tratamiento.

Caso 2. En el día seis del tratamiento disminuyó la inflamación y el edema, también se observó tejido de granulación, reduciéndose el grado de inflamación y el exudado. El bovino mostró significativa mejoría hasta que la herida cerró casi por completo (Figs. 1D, 1E, 1F).

Caso 3. Entre los días tres a seis disminuyó el edema y mal olor, con presencia de tejido de granulación. Las figuras 1G, 1H y 1I muestran la secuencia de cicatrización de la herida con la aplicación de larvaterapia.

Caso 4. A pesar de la gravedad de la herida, en el día tres se registró disminución del edema, del mal olor y de la inflamación, con aumento en el tejido de granulación, haciéndose evidente la evolución favorable de la lesión a través del color intenso de los tejidos. Además, se detectó profusa irrigación sanguínea, dando inicio a la cicatrización exitosa (Figs. 1J, 1K, 1L).

Discusión

Los resultados mostraron disminución significativa de las señales de infección en las lesiones a partir del día tres de las intervenciones alternativas, siendo esta situación indicativa de la acción bactericida de las larvas. Sin embargo, uno de los mayores problemas con la aplicación de la terapia larval en medicina veterinaria es el bajo número de pacientes que son tratados, usualmente sin comparación con tratamientos convencionales y por lo tanto con baja fuerza estadística, caso similar al ocurrido en el presente trabajo, razón por la cual

Tabla 1. Evaluación macroscópica de las heridas. Presencia de edema (0 ausente, 1 leve, 2 moderado, 3 abundante), Presencia de exudado (0 ausente, 1 leve, 2 moderado, 3 abundante), Mal olor (0 ausente, 1 leve, 2 moderado, 3 intenso), Inflamación alrededor de la herida (0 ausente, 1 leve, 2 moderado, 3 abundante), Tejido de granulación (0 muy bueno, 1 bueno, 2 insuficiente, 3 ausente). Los cuadros grises indican recuperación completa de la herida.

Días	Presencia edema					Presencia exudado					Mal olor					Inflamación					Tejido granulación				
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
Caso 1	3	2	2	1	1	3	2	1	0	0	3	3	2	1	0	3	2	1	1	0	3	3	2	0	0
Caso 2	3	2	1			3	2	1			3	3	2			3	3	2			3	3	2		
Caso 3	2	2	1	1	0	3	2	2	1	0	3	2	2	0	0	3	2	2	1	0	3	2	1	0	0
Caso 4	2	2	1			2	1	1			3	2	1			3	2	2			3	2	1		



Figura 1. Evolución de heridas en cuatro casos animales durante el tratamiento con larvas asépticas de *Lucilia sericata*. **A** característica morfológica inicial de la lesión. **B** lesión a los 8 días del tratamiento larval. **C** lesión cerrada en avanzado estado de cicatrización a los 12 días del tratamiento (caso 1). **D** absceso inicial con material encapsulado en su interior. **E** colocación de larvas asépticas de *L. sericata*. **F** lesión casi completamente cerrada al día nueve (caso 2). **G** lesión en el miembro inferior posterior de un equino antes de iniciar el tratamiento larval. **H** aspecto macroscópico de la lesión a los ocho días de tratamiento larval. **I** efecto del tratamiento larval a los 12 días (caso 3). **J** estado inicial de la lesión del canino. **K** proceso de aplicación de larvas. **L** estado de la lesión a los tres días de tratamiento larval (caso 4).

el éxito de los tratamientos es difícil de evaluar cuantitativamente (Jones y Wall 2008).

Tal como se ha establecido en trabajos previos (Kerridge *et al.* 2005; Robinson y Norwood 1933; Weil *et al.* 1933), las larvas de *L. sericata* poseen en su intestino un comensal, *Proteus mirabilis* Hauser, 1885 (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae), el cual es capaz de destruir las bacterias cuando pasan por el tracto digestivo de estos organismos; esta acción es complementada por la naturaleza antimicro-

biana de las excreciones y secreciones larvales liberadas en la lesión. Así, por ejemplo, la excreción de bicarbonato de amonio y sus derivados al ambiente, neutralizan el exudado ácido producido por la inflamación de la herida, elevando el pH por encima de 7 y, por ende, reduciendo la colonización de bacterias (Mecer y McClellan 1935). Steenvoorde *et al.* (2007) demostraron en 101 pacientes humanos la recuperación de 117 heridas de diversos orígenes, resaltando que la eliminación de los microorganismos asociados a las lesiones

fue relevante para continuar exitosamente el proceso de cicatrización. Aunque en el presente trabajo no se realizaron análisis microbiológicos antes o después del tratamiento, se puede inferir que previo a la completa cicatrización de las heridas, las larvas pudieron haber ejercido acción antimicrobiana que dio paso a la formación del tejido de granulación.

Otro hecho relevante, que ocurrió simultáneamente con la eliminación de la infección, en los casos de los animales tratados fue la remoción del tejido necrótico, siendo más notorio en el caso uno donde hubo abundante exudado y pus, la limpieza completa de la herida se dio en un tiempo máximo de nueve días. De acuerdo con Jones y Thomas (2000), las larvas se desplazan sobre la superficie de la lesión secretando una mezcla de enzimas proteolíticas que disuelven el tejido muerto para posteriormente este líquido ser succionado e ingerido.

Resultados similares a los de este trabajo se han registrado en otros animales por Thiemann (2003) y Bell (2001), quienes al tratar heridas en burros evidenciaron recuperación a partir del día tres, mediante la disminución del tejido necrótico y de la infección. En el caso dos del bovino, donde hubo una herida profunda en la fosa iliaca izquierda, la mejoría empezó a detectarse entre los días tres y seis, lo que coincide con los resultados registrados en una lesión similar en una oveja (Kocisova *et al.* 2006). Así mismo, los tiempos de remodelación óptima del tejido de granulación de este trabajo son similares a los obtenidos en otros estudios (Sherman *et al.* 2006, 2007).

Los animales tratados con larvas presentaron un tiempo relativamente corto en el proceso de cicatrización, el cual finalizó en un período máximo de 15 días y un mínimo de nueve días. Datos similares han sido reportados por Sherman (2003), quien comparó la terapia larval frente a diferentes tratamientos convencionales para cicatrización en heridas con sintomatología de pie diabético en humanos, encontrando que en un tiempo de 12 días, las heridas tratadas con terapia larval no solo fueron desbridadas, sino que se cubrieron con un excelente tejido de granulación sano en cerca de un 56% de la base de la herida. En contraste, el tejido de granulación cubrió solamente 15% de la base de las heridas tratadas convencionalmente. A su vez, Rey *et al.* (2008) demostraron en heridas infectadas con *P. aeruginosa* en un modelo animal, la cicatrización con terapia larval en un período no mayor de 10 días. De igual forma, registraron el aumento en las células y estructuras asociadas que favorecieron la cicatrización de las lesiones, tales como: fibroblastos, fibras de colágeno y vasos sanguíneos. Por otro lado, se pudo establecer que en el proceso de cicatrización, hubo una renovación del tejido de granulación, probablemente debido a las propiedades de las larvas para generar inicialmente efectos quimiotáxicos que indujeron a los fibroblastos a desplazarse a la herida e iniciar la producción de fibras de colágeno en dermis superficial y profunda (Horobin *et al.* 2003).

Otro hecho que amerita ser destacado en el presente trabajo, fue que ninguno de los animales evaluados mostró efectos secundarios al tratamiento con larvas, siendo similar a lo indicado por Kocisova *et al.* (2006). Así mismo, Jones y Wall (2008) resaltaron las ventajas de la terapia larval en animales gracias a los mínimos efectos secundarios.

Los animales tratados mostraron una adecuada reparación de las diferentes lesiones, evidenciándose la eficacia de la larvaterapia en el tratamiento de heridas infectadas, en donde su acción se manifestó en una mejor calidad de tejido y en un

tiempo de cicatrización relativamente corto. La terapia larval constituye una alternativa potencialmente efectiva para el tratamiento de heridas en diferentes especies animales.

Agradecimientos

A la Universidad del Rosario y a la Universidad de La Salle por la financiación de esta investigación. También, a los propietarios de los animales por su colaboración y confianza en los tratamientos de terapia larval que se aplicaron.

Literatura citada

- BAER, W.S. 1931. The treatment of chronic osteomyelitis with the maggot (larvae of the Blowfly). *Journal of Bone and Joint Surgery* 13: 438-75.
- BELL, N.J. 2001. Use of sterile maggots to treat panniculitis in an aged donkey. *The Veterinary Record* 149: 768-70.
- DUNBAR, G.K. 1944. Notes on the Ngemba Tribe of the Central Darling River, Western New South Wales, concluded, *Mankind* 3: 177-180.
- HOROBIN, A.J.; SHAKESHEFF, K.M.; WOODROW, S.; ROBINSON, C.; PRITCHARD, D.I. 2003. Maggots and wound healing: an investigation of the effects of secretions from *Lucilia sericata* larvae upon interactions between human dermal fibroblasts and extracellular matrix components. *British Journal of Dermatology* 148: 923-933.
- JONES, G.; WALL, R. 2008. Maggot-therapy in veterinary medicine. *Research in Veterinary Science* 85: 394-398.
- JONES, M.; THOMAS, S. 2000. Larval Therapy. *Nursing Standard* 14: 47-51.
- KERRIDGE, A.; LAPPIN-SCOTT, H.; STEVENS, JR. 2005. Antibacterial properties of larval secretions of the blowfly, *Lucilia sericata*. *Medical and Veterinary Entomology* 19: 333-337.
- KOCISOVA, A.; CONKOVA, E.; PISTL, J.; TOPORCAK, J. 2003. First Non-Conventional Veterinary Treatment of Skin Infections with Blowfly Larvae (Calliphoridae) in Slovakia. *Bulletin of the Veterinary Institute of Pullawy* 47: 487-490.
- KOCISOVA, A.; PISTL, J.; LINK, R.; CONKOVA, E.; GOLDOVA, M. 2006. Maggot Debridement Therapy in the Treatment of Footrot and Foot Scald in Sheep. *Acta Veterinaria Brno* 75: 277-281.
- MECER, M.; MCCLELLAN, R. 1935. Surgical maggots, a study of their functions in wound healing. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 20: 1219.
- MUMCUOGLU, K.Y.; INGBER, A.; GILEAD, L.; STESSMAN, J.; FRIEDMANN, R.; SCHULMAN, H.; BICHUCHER, H.; IOFFE-USPENSKY, I.; MILLER, J.; GALUN, R.; RAZ, I. 1998. Maggot therapy for treatment of intractable wounds. *Diabetes Care* 21: 2030-2031.
- POWERS, T.E.; GARG, R.C. 1980. Pharmacotherapeutics of newer penicillins and cephalosporins. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 176: 1054-1060.
- REY, M.; CASTAÑEDA, A.; GONZÁLEZ, J.; ACERO, V.; SEGURA, A.; ZAPATA, C.; GAONA, M.A.; RÍOS, D.; BELLO, F.J. 2008. Evaluación de la terapia larval en el proceso de curación de heridas infectadas con *Pseudomonas aeruginosa* en conejos. *Revista Ciencias de la Salud* 6: 9-24.
- ROBINSON, W.; NORWOOD, V. 1933. The role of surgical maggots in the disinfection of osteomyelitis and other infection wounds. *Journal of Bone and Joint Surgery* 15: 409-412.
- RUEDA, L.; ORTEGA, G.; SEGURA, A.; ACERO, V.; ZAPATA, A.C.; BELLO, F. 2010. Experimental Colonization, life tables and evaluation of two artificial diets of the blowfly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae), Bogotá strain. *Biological Research* 43: 197-203.
- SHERMAN, R.A.; WYLE, F.; VULPE, M.; LEUSE, L.; CASTILLO, L. 1993. The utility of maggot therapy for treating chronic

- wounds. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 49: 266.
- SHERMAN, R.A.; PECHTER, E.A. 1988. Maggot therapy a review of a therapeutic applications of fly larvae in human medicine, especially for treating osteomyelitis. Medical and Veterinary Entomology 2: 225-30.
- SHERMAN, R.A.; HALL, M.J.R.; THOMAS, S. 2000. Medicinal maggots: an ancient remedy for some contemporary afflictions. Annual Review of Entomology 45: 55-81.
- SHERMAN, R.A. 2003. Cohort study of maggot therapy for treating diabetic foot ulcers. Diabetes Care 26: 446-451.
- SHERMAN, R.A.; MORRISON, S.; DAVID, N.G. 2006. Maggot debridement therapy for serious horse wounds - A survey of practitioners. The Veterinary Journal 172: 1562-1683.
- SHERMAN, R.A.; STEVENS, H.; DAVID, N.G.; IVERSEN, E. 2007. Treating wounds in small animals with maggot debridement therapy: A survey of practitioners. The Veterinary Journal 173: 138-143.
- SPILSBURY, K.; CULLUM, N.; DUMVILLE, J.; O'MEARA, S.; PETHERICK, E.; THOMPSON, C. 2008. Exploring patient perceptions of larval therapy as a potential treatment for venous leg ulceration. Health Expectations 11: 148-159.
- STEENVOORDE, P.; JACOBI, C.E.; VAN DOORN, L.; OSKAM, J. 2007. Maggot debridement therapy of infected ulcers: patient and wound factors influencing outcome -a study on 101 patients with 117 wounds. Annals of The Royal College of Surgeons of England 89: 596-602.
- THEORET, C.L. 2004. Wound Repair in the Horse: Problems and Proposed Innovative Solutions. Clinical Techniques in Equine Practice 3: 134-140.
- THIEMANN, A. 2003. Treatment of a deep injection abscess using sterile maggots in a donkey: a case report. World Wide Wounds, web site. <http://www.worldwidewounds.com/2003/november/Thiemann/Donkey-Maggot-therapy>. Fecha última revisión: enero 2010. Fecha último acceso: [febrero 2010].
- THOMAS, S.; JONES, M.; ANDREWS, A. 1997. The use of fly larvae in the treatment of wounds. Nursing Standard 12: 54-59.
- WEIL, G.C.; SIMON, R.J.; SWEADNER, W.R. 1933. A biological, bacteriological and clinical study of larval or maggot therapy in the treatment of acute and chronic pyogenic infections. American Journal of Surgery 19: 36-46.
- WOLFF, H.; HANSSON, C. 2005. Rearing larvae of *Lucilia sericata* for chronic ulcer treatment an improved method. Acta Dermato-Venereologica 85: 126-131.
- WOLLINA, U.; LIEBOLD, K.; WOLF-DIETER, S.; HARTMANN, M.; FASSLER, D. 2002. Biosurgery supports granulation and debridement in chronic wounds-clinical data and remittance spectroscopy measurement. International Journal of Dermatology 41: 635-39.

Recibido: 3-mar-2010 • Aceptado: 26-ago-2010

Nota científica

Optimización de un procedimiento de extracción de ADN para mosquitos anofelinos

Optimization of a DNA extraction procedure for anopheline mosquitoes

DORIS A. ROSERO^{1,2}, LINA A. GUTIÉRREZ^{1,3}, ASTRID V. CIENFUEGOS^{1,4},
LUZ M. JARAMILLO^{1,5} y MARGARITA M. CORREA^{1,6}

Resumen: Se optimizó un protocolo para la extracción de ADN a partir de mosquitos anofelinos, evaluando varios tiempos de incubación de la muestra con el acetato de potasio (AcK). Los resultados evidenciaron que la mayor concentración de ADN y frecuencia de amplificación se obtuvieron al utilizar el tratamiento de 1 h, lo que sugiere que es posible reducir el tiempo de incubación con AcK sin afectar la cantidad y calidad del ADN extraído.

Palabras clave: *Anopheles*. PCR. Acetato de Potasio.

Abstract: A DNA extraction protocol for anopheline mosquitoes was optimized by the evaluation of various incubation times of the sample with Potassium acetate (KAc). The results showed that the highest DNA concentration and amplification frequency were obtained with the 1 h treatment, which suggests that it is possible to reduce the incubation time with KAc without affecting the amount and quality of the DNA extracted.

Key words: *Anopheles*. PCR. Potassium Acetate.

Introducción

Los estudios genéticos con artrópodos requieren ADN de buena calidad. En dichos estudios se deben procesar un gran número de muestras (Nodarse *et al.* 2004; Gutiérrez *et al.* 2008), por lo que es indispensable contar con un método de extracción eficiente, rápido y económico. En ocasiones se ha reportado la utilización de partes del mosquito como fuente de ADN para la amplificación por PCR, lo cual permite omitir el proceso de extracción; en dicho caso, las patas o alas son adicionadas directamente a la reacción de amplificación (Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008); sin embargo, se ha observado que algunos marcadores, como los mitocondriales, Citocromo Oxidasa Subunidad I (*COI*) y NADH Deshidrogenasa Subunidad 5 (*ND5*), no amplifican eficientemente a partir de pata o alas (Gutiérrez L, com. pers.).

Se han descrito varios métodos para la extracción del ADN a partir de mosquitos; uno de los más utilizados usa fenol cloroformo (Linton *et al.* 2001; Zapata *et al.* 2007); este método es laborioso y requiere usar solventes orgánicos, lo que representa un riesgo para la salud humana y el ambiente, principalmente por las dificultades para la eliminación de estos reactivos (Niu *et al.* 2008; Valter *et al.* 2009). Además, se ha reportado que la presencia de los residuos de fenol puede contaminar el producto de extracción e inhibir la amplificación (Rantakokko-Jalava y Jalava 2002). Otros métodos de extracción involucran el uso de aditivos como: Chelex (Angélla *et al.* 2007), tampón Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide - CTAB, Sarcosil (Lardeux *et al.* 2008) y proteinasa K (Nodarse *et al.* 2004), reactivos que pueden aumentar los costos del proceso (Valter *et al.* 2009).

Un método reportado inicialmente para la extracción de ADN de *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Bender

et al. 1983), fue modificado y utilizado para la extracción de material genético de mosquitos *Aedes albopictus* Skuse, 1894 (Birungi y Munstermann 2002), siendo también de utilidad para mosquitos *Anopheles* spp. (Gutiérrez *et al.* 2008, 2009); entre sus ventajas están el no utilizar solventes orgánicos, no requerir reactivos costosos y ser sencillo de ejecutar. Un paso importante en el procedimiento es la precipitación de proteínas con acetato de potasio (AcK), el que se adiciona a la muestra a una concentración de 1M y se incuba en hielo a -20°C durante 12 horas, prolongando el tiempo del proceso. Lo anterior es una desventaja de dicho protocolo pues toma en promedio dos días de trabajo. En la literatura se han reportado protocolos que utilizan otros tiempos de incubación con el AcK: 10 min (Linton *et al.* 2001; Bisset *et al.* 2005), 15 min (Beebe *et al.* 2000; Nodarse *et al.* 2004), 30 min (Kampen *et al.* 2003; De Armas *et al.* 2005) y 60 min (Nodarse *et al.* 2004; Golczer y Arrivillaga 2008). Estos estudios muestran la posibilidad de modificar el tiempo de incubación con el AcK. Por esta razón, en el presente trabajo se optimizó el protocolo mediante la disminución de dicho tiempo de incubación, con el fin de agilizar la extracción, obteniendo ADN de buena calidad y cantidad, para ser empleado en diferentes estudios moleculares de anofelinos.

Materiales y Métodos

Para la extracción del ADN se utilizaron abdómenes de mosquitos *Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus* Wiedemann, 1820, recolectados entre octubre y noviembre de 2006 en la localidad de Santa Rosa de Lima (Bolívar) y fueron identificados utilizando claves taxonómicas (Faran y Linthicum 1981; Suarez *et al.* 1988; Wilkerson 1993). Para trabajar con una muestra homogénea, se definió el tamaño de los abdómenes

¹ Grupo de Microbiología Molecular, Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53-108, 5- 437. Medellín, Colombia. ² Estudiante de Maestría en Biología, rosedoris@hotmail.com ³ Ph. D. en Ciencias Básicas Biomédicas. liangutibui@gmail.com ⁴ M. Sc. en Ciencias Básicas Biomédicas. vanessa.cienfuegos@gmail.com ⁵ Estudiante de Maestría en Biología. luzmajara@guajiros.udea.edu.co ⁶ Ph.D, mcorraa@quimbaya.udea.edu.co. Autor para correspondencia.

en $2 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ DS}$. Con este criterio, se seleccionaron 54 abdómenes completos que se mantuvieron preservados en etanol al 95%.

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se realizó un diseño experimental de comparación de bloques completamente aleatorizados; se definieron tres bloques, cada uno conformado por 18 abdómenes de mosquitos, y estos se procesaron con una periodicidad de uno por día. Los ensayos se realizaron en días diferentes; con tres repeticiones por cada tratamiento (T), cada uno correspondiente a un tiempo de incubación con AcK 1M, así: T1=15 min, T2=30 min, T3=1 h, T4=3 h, T5=6 h y T6=12 h. El tiempo de 12 h se utilizó como control de tratamientos debido a que es el tiempo reportado en el protocolo (Birungi y Munstermann 2002). Se definió como variable independiente cada uno de los tratamientos evaluados (T1-T6) y como variables dependientes: concentración, calidad de ADN y amplificación por PCR-ITS2.

Para la extracción del ADN, los abdómenes fueron macerados y homogenizados individualmente en viales de 1,5 mL con 100 μL de tampón de lisis (NaCl 0,1 M; Sucrosa 0,1 M; Tris 0,1 M; EDTA 0,05 M; SDS 0,5%, pH 9,1) y se incubaron por 30 min a 65°C , para facilitar la ruptura de los tejidos y membranas celulares. Luego se adicionó 14,5 μL de una solución de AcK 8M para obtener una concentración final de AcK 1M y se incubaron en los diferentes tiempos: T1=15 min, T2=30 min, T3=1 h, T4=3 h, T5=6 h y T6=12 h. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 13.000 rpm, durante 15 min, a 4°C y el sobrenadante se transfirió a un tubo nuevo. A continuación, se realizaron tres pasos de precipitación y subsiguiente centrifugación a 13.000 rpm y 4°C , así: 100 mL etanol absoluto, centrifugando por 15 min, 100 mL etanol frío al 70% por 5 min, y nuevamente, 100 μL etanol absoluto, por 5 min. Finalmente, se dejó secar el botón por un tiempo mínimo de 30 min a temperatura ambiente y se resuspendió en 25 μL de tampón TE 1X (Tris 10 mM, EDTA 1 mM, pH 7,6). Las muestras se incubaron a 65°C por 10 min, para garantizar la resuspensión del ADN extraído y se almacenaron a 4°C .

Se prepararon tres diluciones 1:100 de cada muestra. La concentración de ADN se determinó a una densidad óptica A260; la pureza de las muestras se estimó utilizando la relación A260/280 (Clark y Christopher 2001). Se amplificó el espaciador interno transcrito 2 (ITS2) del ADN ribosomal, como una forma adicional de valorar y validar la calidad y cantidad del ADN extraído, utilizando 2 μL del producto de extracción y las condiciones de PCR descritas anteriormente

(Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008). Los productos de la PCR-ITS2 se visualizaron mediante una electroforesis en gel de agarosa al 0,8%, con tinción de bromuro de etidio ($5\mu\text{g/mL}$).

La comparación de la concentración de ADN e índice de pureza entre los diferentes tratamientos se realizó calculando promedios, desviaciones estándar (DS) y Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor. Para identificar los tratamientos que presentaron diferencias significativas en la concentración de ADN se utilizaron las pruebas de Bonferroni y Dunnett (Díaz 1999; Molina *et al.* 2006). Para el análisis de las amplificaciones del marcador ITS2, se determinó el porcentaje de amplificación y se utilizó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) para establecer si existían diferencias significativas entre los porcentajes de amplificación obtenidos en los diferentes tratamientos (Halos *et al.* 2004). Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS para Windows, versión 15 (Inc. SPSS 2008).

Resultados y discusión

Se logró reducir el tiempo de procesamiento de las muestras al disminuir el tiempo de incubación con el AcK. Este logro es importante dado que en la actualidad muchos de los estudios con vectores de enfermedades involucran la extracción de ADN a partir de los especímenes; material que es utilizado para la realización de pruebas moleculares que permitan llevar a cabo diversos tipos de análisis, entre ellos: la confirmación molecular de especies anofelinas que presentan dificultades en su identificación por caracteres morfológicos (Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008), estudios de genética poblacional (Gutiérrez *et al.* 2009) y filogenia (Beebe *et al.* 2000).

La cuantificación de los productos de extracción mostró que las concentraciones más altas correspondían al tratamiento tres, con valores entre 489 y 597 ng/ μL (Tabla 1). Al aplicar la prueba t de Dunnett para comparar los tratamientos T1 a T5 con el tratamiento control (T6), no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en las concentraciones de ADN: T1 ($P = 0,116$), T2 ($P = 0,116$), T3 ($P = 0,996$), T4 ($P = 0,107$) y T5 ($P = 0,645$). Sin embargo, al aplicar la prueba de Bonferroni, si se encontró una diferencia significativa entre el tratamiento T3 con respecto a los tratamientos T1 ($P = 0,019$), T2 ($P = 0,019$) y T4 ($P = 0,017$), lo que indicó que el tratamiento T3 o la incubación con AcK por 1 h podría utilizarse en la extracción para obtener una alta concentración de ADN.

Tabla 1. Cuantificación por espectrofotometría del ADN extraído utilizando diferentes tiempos de incubación con el AcK.

TIEMPO	[ADN] ng/ μL			Relación A260/280		
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	$\bar{X}(\text{DS}; \%CV)$	$\bar{X}(\text{DS}; \%CV)$	$\bar{X}(\text{DS}; \%CV)$	$\bar{X}(\text{DS}; \%CV)$	$\bar{X}(\text{DS}; \%CV)$	$\bar{X}(\text{DS}; \%CV)$
T1 = 15 min	324 (± 16 ; 4,8)	330 (± 11 ; 3,3)	282 (± 17 ; 5,8)	1,6 ($\pm 0,165$; 10,2)	1,6 ($\pm 0,045$; 2,5)	2,0 ($\pm 0,247$; 12,1)
T2 = 30 min	287 (± 24 ; 7,5)	282 (± 11 ; 4,1)	367 (± 23 ; 6,3)	1,8 ($\pm 0,143$; 8,1)	1,8 ($\pm 0,061$; 3,3)	2,0 ($\pm 0,025$; 1,3)
T3 = 1 h	323 (± 19 ; 5,8)	597 (± 23 ; 4,0)	489 (± 38 ; 7,7)	1,8 ($\pm 0,143$; 8,1)	1,8 ($\pm 0,077$; 4,3)	1,7 ($\pm 0,129$; 7,7)
T4 = 3 h	389 (± 31 ; 7,5)	233 (± 28 ; 10,7)	308 (± 30 ; 9,8)	1,7 ($\pm 0,090$; 5,6)	1,7 ($\pm 0,099$; 5,3)	1,7 ($\pm 0,104$; 6,3)
T5 = 6 h	383 (± 16 ; 7,1)	378 (± 39 ; 10,3)	369 (± 34 ; 9,4)	1,7 ($\pm 0,147$; 8,7)	1,7 ($\pm 0,070$; 3,9)	2,0 ($\pm 0,136$; 6,8)
T6 = 12 h	436 (± 26 ; 6,9)	289 (± 16 ; 5,5)	477 (± 47 ; 9,8)	1,6 ($\pm 0,093$; 5,7)	1,6 ($\pm 0,114$; 6,6)	1,8 ($\pm 0,161$; 8,9)

$\bar{X}$ = promedio de las lecturas de tres diluciones 1:100, DS = Desviación estándar, CV = Coeficiente de variación.

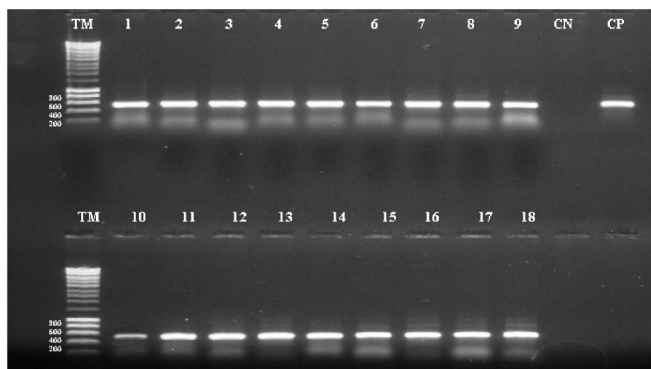


Figura 1. Productos de amplificación de la secuencia ITS2. Gel de agarosa 0,8%. Carriles: TM: Marcador de peso molecular 200-10000 pb. 1-18: producto de PCR obtenidos a partir de ADN extraído de *A. albimanus* utilizando diferentes tiempos de incubación con AcK 1M. 1-3: T1 (15 min), 4-6: T2 (30 min), 7-9: T3 (1 h), 10-12: T4 (3 h), 13-15: T5 (6 h), 16-18: T6 (12 h-toda la noche), CN: control negativo, CP: Control positivo: clon de ITS-2 de *A. albimanus*.

Los valores del índice A260/A280 se encontraron entre 1,5 y 2,0 (Tabla 1) y no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 0,937$, $P = 0,466$); lo que sugiere que cualquiera de los tiempos de incubación con el AcK (T1-T6), pueden ser de utilidad para obtener ADN de buena calidad. Lo anterior permite tener una mayor flexibilidad en el desarrollo de los experimentos, al poder ajustar estos tiempos según conveniencia del investigador. La calidad de ADN es una característica importante, dado que de ella depende en gran parte el éxito de los ensayos posteriores, puesto que incide en la estabilidad del ADN durante su almacenamiento por tiempo indefinido, conservando su estructura y propiedades físico-químicas (Sambrook y Russell 2001).

La amplificación de la región ITS2 fue un indicador adicional de la calidad y cantidad del ADN extraído. Se obtuvo un producto de PCR de 500 pb aproximadamente (Fig. 1), que es el tamaño esperado para este marcador en *A. albimanus* (Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.* 2008). Como se observó con los resultados de concentración, el mayor porcentaje de amplificación de la región ITS2 se obtuvo con el tratamiento T3, con el cual amplificaron ocho de las nueve muestras incubadas con el AcK durante 1 h (89,9%, Tabla 2). No hubo diferencia entre los tratamientos para los valores de amplificaciones (X^2 , $P > 0,05$). Lo anterior reitera la utilidad de este tiempo de incubación con AcK para disminuir el tiempo de extracción.

Tabla 2. Porcentaje de muestras con amplificación de la secuencia ITS2.

TIEMPO	Amplificación por PCR-ITS2			TOTAL	%
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3		
T1 = 15 min	3	1	3	7	77,8%
T2 = 30 min	3	1	3	7	77,8%
T3 = 1 h	3	2	3	8	88,9%
T4 = 3 h	1	1	3	5	55,5%
T5 = 6 h	1	3	3	7	77,8%
T6 = 12 h	2	2	3	7	77,8%

En general, la extracción de ADN es un procedimiento sencillo, sin embargo, en el caso de insectos como los anofelinos, el producto final puede ser poco satisfactorio por la escasa cantidad de material obtenida de un solo mosquito. Otros factores que influyen en la obtención de ADN de buena calidad y cantidad son los procedimientos de recolección, transporte y preservación de los especímenes (Rivero *et al.* 2007). Se han reportado diferentes temperaturas para el almacenamiento del producto de extracción como son: 4°C, -20°C y -80°C (Birungi y Munstermann 2002; Bisset *et al.* 2005). En ensayos preliminares de la cuantificación del ADN por espectrofotometría, se observó que se obtenían concentraciones más altas de ADN a partir de muestras almacenadas a 4°C que de aquellas a -20°C. Aunque se conoce que la congelación es ideal para almacenar muestras de ADN a largo plazo, es importante tener en cuenta que los procesos de congelación y descongelación promueven la contaminación y la degradación del ADN (Gómez y Uribe 2007); por esta razón, una buena estrategia es conservar el material extraído a 4°C y realizar los análisis posteriores en un tiempo no mayor a una semana y además, almacenar una alícuota a -20°C.

En los protocolos reportados en la literatura para la extracción de ADN a partir de anofelinos y de otros insectos de importancia médica o veterinaria, se pueden encontrar tiempos de incubación con el AcK que son menores o iguales a los evaluados en este estudio (Beebe *et al.* 2000; Linton *et al.* 2001; De Armas *et al.* 2005; Golczer y Arrivillaga 2008); sin embargo, las ventajas del protocolo optimizado consisten principalmente en la disminución del tiempo para el procesamiento de las muestras y el no requerir reactivos adicionales que impliquen el aumento de los costos o riesgos para la salud humana o el ambiente. Este sería de gran utilidad para laboratorios en países endémicos para enfermedades tropicales como la malaria, pues en estos generalmente se tiene mayor acceso a protocolos más sencillos, que a menudo son laboriosos o requieren reactivos nocivos. Este método posibilitaría el procesamiento más rápido de un gran número de mosquitos y podría ser estandarizado para la extracción de ADN a partir de otros artrópodos de importancia médica.

Agradecimientos

Este trabajo fue anidado a proyectos en ejecución del grupo de Microbiología Molecular, códigos: 8700-1416 y 8700-039, financiados por el Comité para el Desarrollo de la Investigación –CODI– Universidad de Antioquia (a MMC), y contribuyó a la formación en investigación de la Microbióloga DAR, durante sus prácticas académicas y Servicio Social Obligatorio realizado con apoyo de Estrategia para la Sostenibilidad 2007-2008, código BUPP: E01335 y Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia.

Literatura citada

- ANGÉLLA, A.; GIL, L.; DA SILVA, L.; RIBOLLA, P. 2007. Population structure of the malaria vector *Anopheles darlingi* in Rondônia, Brazilian Amazon, based on mitochondrial DNA. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro 102(8): 953-9.
- BEEBE, N.W.; COOPER, R.D.; MORRISON, D.A.; ELLIS, J.T. 2000. A Phylogenetic Study of the *Anopheles punctulatus* Group of Malaria Vectors Comparing rDNA Sequence Alignments Derived from the Mitochondrial and Nuclear Small Ribosomal Subunits. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 17(3): 430-436.

- BENDER, W.; SPIERER, P.; HOGNESS, D.S. 1983. Chromosomal walking and jumping to isolate DNA from the ace and rosy loci and the bi thorax complex in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Molecular Biology* 168: 17-34.
- BIRUNGI, J.; MUNSTERMANN, L.E. 2002. Genetic Structure of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Populations Based on Mitochondrial ND5 Sequences: Evidence for an Independent Invasion into Brazil and United States. *Annals of the Entomological Society of America* 95(1): 125-132.
- BISSET, J.A.; RODRÍGUEZ, M.; DE ARMAS, Y. 2005. Comparación de 2 poblaciones de mosquitos *Aedes aegypti* de Santiago de Cuba con diferente conducta de reposo. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 57(2): 143-150.
- CIENFUEGOS, A.; CÓRDOBA, L.; GÓMEZ, 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. *Biomédica (México)* 19(1): 35-44.
- CLARK, W.; CHRISTOPHER, K. 2001. Chapter 5. An Introduction to DNA: Spectrophotometry, Degradation, and the 'Frankel' Experiment. Tested studies for laboratory teaching 22: 81-99.
- DE ARMAS, Y.; RODRÍGUEZ, M.M.; BISSET, J.A. 2005. Modificación de un método de extracción de ADN genómico de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Colombiana de Entomología* 31: 203-6.
- DIAZ, A. 1999. Diseño Estadístico de Experimentos. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 260 p.
- FARAN, M.E.; LINTHICUM, K.J. 1981. A handbook of the Amazonian Species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae) Mosquito Systematics 13(1): 1-81.
- GOLCZER, G.; ARRIVILLAGA, J. 2008. Modificación de un protocolo estándar de extracción de ADN para flebotominos pequeños (Phlebotominae: *Lutzomyia*). *Revista Colombiana de Entomología* 34(2): 199-202.
- GÓMEZ, M.; URIBE, S. 2007. Preservación y almacenamiento de ADN de mariposas utilizando papel filtro. *Revista Colombiana de Entomología* 33(2): 191-196.
- GUTIÉRREZ, L.; NARANJO, N.; CIENFUEGOS, A.; MUSKUS, C.; LUCKHART, S.; CONN, J.; CORREA, M. 2009. Population structure analyses and demographic history of the malaria vector *Anopheles albimanus* from the Caribbean and the Pacific regions of Colombia. *Malaria Journal* 8: 259-276.
- GUTIÉRREZ, L.; NARANJO, N.; JARAMILLO, L.; MUSKUS, C.; LUCKHART, S.; CONN, J.; CORREA, M. 2008. Natural infectivity of *Anopheles* species from the Pacific and Atlantic Regions of Colombia. *Acta Tropica* 107: 99-105.
- HALOS, L.; JAMAL, T.; VIAL, L.; MAILLARD, R.; C. SUAUD, A.; LE MENACH, A.; BOULOUISA, H.; VAYSSIER-TAUSSAT, M. 2004. Determination of an efficient and reliable method for DNA extraction from ticks. *Veterinary Research* 35: 709-713.
- KAMPEN, H.; STERNBERG, A.; PROFT, J.; BASTIAN, S.; SCHAFFNER, F.; MAIER, W.; SEITZ, H.M. 2003. Polymerase Chain Reaction-Based differentiation of the mosquito sibling species *Anopheles claviger* s.s. and *Anopheles petragani* (Diptera: Culicidae). *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 69(2): 195-199.
- LARDEUX, F.; TEJERINA, R.; ALIAGA, C.; URSIC-BEDOYA, R.; LOWENBERGER, C.; CHAVEZ, T. 2008. Optimization of a semi-nested multiplex PCR to identify *Plasmodium* parasites in wild-caught *Anopheles* in Bolivia, and its application to field epidemiological studies. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 102: 485-492.
- LINTON, Y.M.; HARBACH, R.E.; MOHSENG, C.; ANTHONY, T.G. AND MATUSOP, A. 2001. Morphological and molecular identity of *Anopheles (Cellia) sudaicus* (Diptera: Culicidae), the nominotypical member of a malaria vector species complex in Southeast Asia. *Systematic Entomology* 26: 357-366.
- MOLINA, N.B.; POLVERINO, D.; MINVIELLE, M.C.; APEZ-TEGUÍA, M.; AGUILAR, M.; BASUALDO, J.A. 2006. Comparación de métodos de lisis y extracción de ADN de trofozoítos de *Giardia lamblia*. *Parasitología Latinoamericana (Chile)* 31: 134.
- NIU, C.; KEBEDE, H.; AULD, D.L.; WOODWARD, J.E.; BURROW, G.; WRIGHT, R. 2008. A safe inexpensive method to isolate high quality plant and fungal DNA in an open laboratory environment. *African Journal of Biotechnology* 7 (16): 2818-22.
- NODARSE, J.F.; RODRÍGUEZ, J.; FUENTES, O.; CASTEX, M.; FERNÁNDEZ-CALIENES, A. 2004. Comparación entre 5 métodos para la extracción de ADN de triatomíneos: su utilización en la técnica de ADN polimórfico amplificado al azar. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 56(3): 208-13.
- RANTAKOKKO-JALAVA, K.; JALAVA, J. 2002. Optimal DNA Isolation Method for Detection of Bacteria in Clinical Specimens by Broad-Range PCR. *Journal of Clinical Microbiology* 40(11): 4211-17.
- RIVERO, J.; ZOGHBI, N.; RUBIO-PALIS, Y.; URDANETA, L.; HERRERA, F. 2007. DNA degradation of *Anopheles darlingi* collected at high relative humidity and preserved in isopropanol. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, XLVII (1): 149-151.
- SAMBROOK, J.; RUSSELL, D. 2001. Molecular Cloning. A Laboratory Manual. Third Edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- SPSS Inc. SPSS versión 15.0 para Windows. Chicago, Illinois. <http://www.spss.com/>. Fecha de último acceso: [22 Agosto 2008].
- SUÁREZ, M.; QUIÑONES, M.; ROBAYO, M. 1988. Clave gráfica para la determinación taxonómica de los anofelinos de Colombia. Ministerio de Salud Pública de Colombia, 57pp.
- VALTER, L.F.; DA LUZ, G.; SILVA, E.L. 2009. Isolation of high quality DNA: a protocol combining "rennet" and glass milk. *Electronic Journal of Biotechnology* 12 (2): 1-6.
- WILKERSON, R.C.; STRICKMAN, D.; FERNÁNDEZ-SALAS, L.; IBÉÑEZ-BERNAL, S.; LITWAK, T.R. 1993. Clave ilustrada para la identificación de las hembras de mosquitos anofelinos de México y Centroamérica (Diptera: Culicidae). Centro de Investigación de Paludismo, Secretaría de Salud, Tapachula, Chiapas, México. pp. 1-46.
- ZAPATA, M.; CIENFUEGOS, A.; QUIRÓS, O.; QUIÑONES, M.; LUCKHART, S.; CORREA, M. 2007. Discrimination of *Anopheles* species from San Pedro de Urabá-Antioquia, Colombia, by PCR-RFLP analysis of ITS sequences. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 77(1): 67-72.

Recibido: 29-may-2009 • Aceptado: 5-mar-2010

Nota científica

***Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en la colección de la Universidad del Valle, Facultad de Salud, Cali**

Lutzomyia (Diptera: Psychodidae) in the collection of the Universidad del Valle, Facultad de Salud, Cali

MAURICIO BARRETO¹, MARÍA ELENA BURBANO² y PABLO BARRETO²

Resumen: La Colección de Artrópodos de Importancia Médica de la Universidad del Valle, Facultad de Salud cuenta con 14.877 ejemplares adultos de *Lutzomyia* de Colombia que corresponden a 76 especies y subespecies. Se presenta una lista de estas especies con el número de hembras, machos y los departamentos colombianos de origen. Además, se indican 12 especies adicionales de otros ocho países con representantes en la Colección. Se comenta el valor de este material, que incluye ejemplares tipo, y la importancia de preservar muestras en colecciones biológicas.

Palabras clave: *L. chagasi-fairtigi*. Flebótomos. Vectores.

Abstract: The Collection of Arthropods of Medical Importance of the Universidad del Valle, Facultad de Salud holds 14,877 specimens of *Lutzomyia* from Colombia, which corresponds to 76 species and subspecies. A list of these species is presented with the number of females, males, and Colombian departments (states) of origin. In addition, 12 more species from eight other countries are indicated as represented in the Collection. The value of this material, which includes type specimens, is discussed, as well as the importance of preserving samples in biological collections.

Key words: *L. chagasi-fairtigi*. Sand flies. Vectors.

Introducción

Una colección de insectos adecuadamente conservada es como una biblioteca pues registra qué insectos vivían en determinado sitio en un momento dado, su valor es incalculable y es una referencia irremplazable que se puede consultar por muchos años (Dirig 1977). Además, las colecciones biológicas representan el patrimonio natural de un país o de una región y son un archivo histórico fundamental para distintos estudios que incluyen aspectos primordiales de taxonomía, sistemática, ecología, biogeografía, entre otras (Mesa 2005). La Colección de Artrópodos de Importancia Médica de la Universidad del Valle, Facultad de Salud, Cali, Colombia, (UVS) la inició en 1959 uno de los autores (PB) y tiene el número de registro 047 en el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”, organismo estatal que por medio del Registro Nacional de Colecciones Biológicas es el encargado de supervisar estos recursos en Colombia. También está inscrita en el Consortium for the Barcode of Life, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC.

Los ejemplares en la Colección UVS están separados según los siguientes grupos principales: Acari, Scorpiones, Hemiptera, Phthiraptera, Siphonaptera, Diptera (Ceratopogonidae, Culicidae, Psychodidae, Simuliidae, Streblidae y Tabanidae). Otros taxones también están representados pero su nivel de organización es inferior. Dentro de la familia Psychodidae, la mayoría corresponde a miembros del género *Lutzomyia* que tiene una gran importancia médica pues varios de sus representantes son vectores comprobados de leishmaniasis, en sus distintas formas, bartonelosis y virus, además de producir, en algunas

personas, reacciones severas por las picaduras de las hembras en el momento de su alimentación (Munstermann 2005). El objetivo de este trabajo es informar las características de la colección de *Lutzomyia* depositadas en la Colección UVS.

Materiales y Métodos

Las lutzomias se recolectaron por diferentes métodos (Alexander 2000) en distintas localidades de Colombia y se prepararon para estudio según los procedimientos de Forattini (1973), con algunas modificaciones mínimas. Para el presente trabajo se revisaron individuos de las publicaciones de Barreto (1969, 1974); Loyola *et al.* (1988); Burbano (1992); Alexander (1995); Alexander *et al.* (1995) y Barreto *et al.* (1989, 1997, 2000, 2002, 2006), como también ejemplares de otros estudios. Las identificaciones se hicieron de acuerdo con las claves y descripciones de Young (1979), Young y Duncan (1994) y Bejarano *et al.* (2004). Se tuvo en cuenta el hallazgo reciente de *L. tihuilienis* Le Pont, Torres-Espejo y Dujardin, 1997 (Bejarano *et al.* 2006b) para diferenciarla de *L. pia* (Fairchild y Hertig, 1961) por la coloración de la pleura (Pérez-Doria *et al.* 2008). A cada uno de los ejemplares que se incorporó a la Colección se le asignó un número consecutivo UVS, con la mayor información posible. Estos datos se consignaron en el catálogo respectivo y después se manejaron en una base de datos de Excel.

Resultados

Se registran 15.207 especímenes de *Lutzomyia* de Colombia: 12.409 hembras y 2.798 machos. Una buena cantidad de los ejemplares (13.120) se preservan en alcohol a 70%-80% y

¹ M.S.P.H., Departamento de Microbiología, Facultad de Salud, Universidad del Valle. Calle 4B No. 36-00 San Fernando, Cali, Valle del Cauca, Colombia. mbarreto@univalle.edu.co. Autor para correspondencia. ² Bióloga y M.D.

hay 2.087 montados en lámina portaobjetos. Hay 76 especies y subespecies identificadas, provenientes de 16 departamentos de Colombia (Tabla 1). Además, hay 284 machos de *L. yuilli-pajoti* y 44 hembras de *L. chagasi-fairtigi* del Putumayo que sin el sexo contrario son imposibles de identificar (Young y Duncan 1994). Hay también dos hembras de este último binomio provenientes de Vista Hermosa, Meta, que por error se designaron en una publicación previa (Barreto *et al.* 2006) como *L. fairtigi* (Martins, 1970), sin tener machos de este municipio. El único representante de esta espe-

cie en la Colección UVS corresponde a una hembra montada que donó el Dr. Graham B. Fairchild y estaba rotulada como *Phlebotomus squamiventris* Lutz y Neiva, 1912. COLOMBIA. Meta. Villavicencio. Trampa establo con burro. 10-jun-1948. Chow, C. Y. (UVS No. de acceso 1.441).

El Valle del Cauca con 10.713 (70,4%) especímenes y Putumayo con 3.849 (25,3%) son los departamentos mejor representados. Asimismo, estas dos divisiones políticas con 32 y 37 especies respectivamente son las de mayor diversidad (Tabla 1).

Tabla 1. Especies y subespecies de *Lutzomyia* de Colombia en la sección de Psychodidae de la Colección de Artrópodos de Importancia Médica, Universidad del Valle, Facultad de Salud (UVS).

Especie, Hembras (H), Machos (M), Departamentos

<i>L. abonnenci</i> (Floch y Chassignet, 1947) H 0, M 1, Antioquia
<i>L. achedifera</i> (Fairchild y Hertig, 1952) H 45, M 25, Antioquia, Valle del Cauca
<i>L. amazonensis</i> (Root, 1934) H 22, M 1, Putumayo
<i>L. antunesi</i> (Coutinho, 1939) H 83, M 63, Meta, Putumayo
<i>L. aragaoi</i> (Costa Lima, 1932) H 26, M 102, Chocó, Nariño, Valle del Cauca
<i>L. auraensis</i> (Mangabeira, 1942) H 40, M 13, Putumayo
<i>L. ayrozai</i> (Barretto y Coutinho, 1940) H 101, M 28, Antioquia, Caldas, Putumayo, Valle del Cauca
<i>L. baityi</i> (Damasceno, Causey y Arouck, 1945) H 0, M 1, Boyacá
<i>L. barreto majuscula</i> Young, 1979 H 59, M 74, Cauca, Nariño, Valle del Cauca
<i>L. bifoliata</i> Osorno-Mesa, Morales, Osorno y Hoyos, 1970 H 17, M 19, Antioquia, Caldas
<i>L. bispinosa</i> (Fairchild y Hertig, 1951) H 1, M 0, Putumayo
<i>L. camposi</i> (Rodríguez, 1952) H 10, M 14, Antioquia, Nariño, Santander, Valle del Cauca
<i>L. caprina</i> Osorno-Mesa, Morales y Osorno, 1972 H 12, M 20, Valle del Cauca
<i>L. carpenteri</i> (Fairchild y Hertig, 1953) H 0, M 1, Antioquia
<i>L. carrerai carrerai</i> (Barretto, 1946) H 118, M 13, Putumayo
<i>L. carrerai thula</i> Young, 1979 H 33, M 3, Valle del Cauca
<i>L. cayennensis cayennensis</i> (Floch y Abonnenc, 1941) H 0, M 1, Risaralda
<i>L. cellulana</i> Young, 1979 H 0, M 2, Putumayo
<i>L. chagasi</i> (Costa Lima, 1941) H 6, M 3, Putumayo
<i>L. clausenae</i> Abonnenc, Léger y Fauran, 1979 H 6, M 0, Putumayo
<i>L. columbiana</i> (Ristorcelli y Van Ty, 1941) H 13, M 6, Cauca, Risaralda, Valle del Cauca
<i>L. davisi</i> (Root, 1934) H 114, M 30, Putumayo
<i>L. dendrophyla</i> (Mangabeira, 1942) H 8, M 3, Putumayo, Valle del Cauca
<i>L. dubitans</i> (Sherlock, 1962) H 4, M 1, Valle del Cauca
<i>L. dysponeta</i> (Fairchild y Hertig, 1952) H 9, M 3, Nariño
<i>L. evangelistai</i> Martins y Fraiha, 1971 H 12, M 2, Putumayo
<i>L. evansi</i> (Nuñez-Tovar, 1924) H 21, M 4, La Guajira
<i>L. fairtigi</i> Martins, 1970 H 1, M 0, Meta
<i>L. flaviscutellata</i> (Mangabeira, 1942) H 5, M 5, Putumayo
<i>L. geniculata</i> (Mangabeira, 1941) H 46, M 8, Putumayo
<i>L. gomezi</i> (Nitzulescu, 1931) H 177, M 34, Chocó, La Guajira, Meta, Nariño, Putumayo, Risaralda, Sucre, Valle del Cauca
<i>L. hartmanni</i> (Fairchild y Hertig, 1957) H 3448, M 40, Caldas, Nariño, Valle del Cauca
<i>L. hirsuta hirsuta</i> (Mangabeira, 1942) H 44, M 11, Putumayo
<i>L. howardi</i> Young, 1979 H 2, M 1, Putumayo
<i>L. lichyi</i> (Floch y Abonnenc, 1950) H 75, M 5, Caldas, Huila, Meta, Valle del Cauca
<i>L. longipalpis</i> (Lutz y Neiva, 1912) H 5, M 7, Cauca, Cundinamarca, Huila
<i>L. micropyga</i> (Mangabeira, 1942) H 0, M 2, Putumayo, Valle del Cauca

(Continúa)

Especie, Hembras (H), Machos (M), Departamentos

- L. nevesi* (Damasceno y Arouck, 1956) H 7, M 1, Putumayo
- L. nocticola* Young, 1973 H 1, M 1, Putumayo
- L. olmeca bicolor* Fairchild y Theodor, 1971 H 152, M 46, Cauca, Meta, Nariño, Putumayo, Valle del Cauca
- L. osornoi* (Ristorcelli y Van Ty, 1941) H 0, M 1, Nariño
- L. pabloi* Barreto, Burbano y Young, 2002 H 5, M 11, Putumayo
- L. pajoti* Abonnenc, Léger y Fauran, 1979 H 450, M 224, Putumayo
- L. panamensis* (Shannon, 1926) H 1256, M 270, Antioquia, Caldas, Cauca, La Guajira, Meta, Nariño, Risaralda, Valle del Cauca
- L. paraensis* (Costa Lima, 1941) H 6, M 0, Putumayo
- L. pia* (Fairchild y Hertig, 1961) H 30, M 17, Risaralda, Valle del Cauca
- L. pilosa* grupo Theodor, 1965 H 1, M 0, Putumayo
- L. punctigeniculata* (Floch y Abonnenc, 1944) H 3, M 0, Putumayo
- L. reburra* (Fairchild y Hertig, 1961) H 1212, M 568, Nariño, Valle del Cauca
- L. recurva* Young, 1973 H 1, M 0, Chocó
- L. richardwardi* Ready y Fraiha, 1981 H 119, M 4, Putumayo
- L. rorotaensis* (Floch y Abonnenc, 1944) H 75, M 66, Valle del Cauca
- L. runoides* (Fairchild y Hertig, 1953) H 0, M 4, Nariño, Valle del Cauca
- L. saulensis* (Floch y Abonnenc, 1944) H 11, M 5, Meta, Santander, Valle del Cauca
- L. saulensis* grupo Lewis, Young, Fairchild y Minter, 1977 H 2, M 0, Putumayo
- L. scorzai* (Ortiz, 1965) H 17, M 13, Risaralda, Valle del Cauca
- L. serrana* (Damasceno y Arouck, 1949) H 0, M 1, Meta
- L. shannoni* (Dyar, 1929) H 25, M 34, Antioquia, Boyacá, Caldas, Nariño, Valle del Cauca
- L. sipani* Fernández, Carbajal, Alexander y Need, 1994 H 1, M 1, Putumayo
- L. sordellii* (Shannon y Del Ponte, 1927) H 12, M 2, Cauca, Nariño, Putumayo, Valle del Cauca
- L. sp. de Pichindé* Young, 1979 H 2, M 0, Risaralda, Valle del Cauca
- L. sp. de Tres Esquinas* Young, 1979 H 8, M 0, Putumayo
- L. tortura* Young y Rogers, 1984 H 277, M 42, Putumayo
- L. townsendi* (Ortiz, 1959) H 6, M 4, Valle del Cauca
- L. trapidoi* (Fairchild y Hertig, 1952) H 2231, M 101, Cauca, Nariño, Risaralda, Valle del Cauca
- L. trinidadensis* (Newstead, 1922) H 17, M 5, Antioquia, Caldas, Huila, La Guajira, Tolima
- L. triramula* (Fairchild y Hertig, 1952) H 39, M 38, Antioquia, Nariño, Valle del Cauca
- L. tuberculata* (Mangabeira, 1941) H 63, M 74, Nariño, Valle del Cauca
- L. umbratilis* Ward y Fraiha, 1977 H 68, M 20, Putumayo
- L. undulata* (Fairchild y Hertig, 1950) H 4, M 2, Nariño
- L. vespertilionis* (Fairchild y Hertig, 1947) H 147, M 387, Caldas, Valle del Cauca
- L. walkeri* (Newstead, 1914) H 17, M 14, Meta, Putumayo
- L. witoto* Young y Morales, 1987 H 1, M 6, Putumayo
- L. ylephiletor* (Fairchild y Hertig, 1952) H 4, M 1, Valle del Cauca
- L. youngi* Feliciangeli y Murillo, 1985 H 36, M 2, Valle del Cauca
- L. yucumensis* (Le Pont, Caillard, Tibayrenc y Desjeux, 1986) H 14, M 2, Putumayo
- L. yuilli* Young y Porter, 1972 H 1480, M 1, Antioquia, Meta, Putumayo

El holotipo macho, el alotipo y cinco paratipos machos de *L. pabloi* Barreto, Burbano y Young, 2002, como también paratipos hembras de *L. triramula* (Fairchild y Hertig, 1952) y *L. recurva* Young, 1973 y un paratipo macho de *L. napoensis* (Young y Rogers, 1984), donados por los respectivos autores, se encuentran depositados en la colección. También hay ejemplares de los siguientes países: Brasil, *L. anduzei* (Rozeboom, 1942), *L. ubiquitalis* (Mangabeira, 1942); Ecuador, *L. napoensis*, *L. tortura* Young y Rogers, 1984; Estados

Unidos de América, *L. anthophora* (Addis, 1945); México, *L. oppidana* (Dampf, 1944); Panamá, *L. carpenteri* (Fairchild y Hertig, 1953), *L. chiapanensis* (Dampf, 1947), *L. christensenii* Young y Duncan, 1994, *L. dysponeta* (Fairchild y Hertig, 1952), *L. gomezi* (Nitzulescu, 1931), *L. longipalpis* (Lutz y Neiva, 1912), *L. lichyi* (Floch y Abonnenc, 1950), *L. micropyga*, *L. olmeca bicolor* Fairchild y Theodor, 1971, *L. panamensis* (Shannon, 1926), *L. pilosa* (Damasceno y Causey, 1944), *L. punctigeniculata* (Floch y Abonnenc, 1944), *L.*

rorotaensis (Floch y Abonnenc, 1944), *L. runoides* (Fairchild y Hertig, 1953), *L. sanguinaria* (Fairchild y Hertig, 1957), *L. saulensis* (Floch y Abonnenc, 1944), *L. tiramula* (Fairchild y Hertig, 1952), *L. volcanensis* (Fairchild y Hertig, 1950); Perú, *L. noguchii* (Shannon, 1929), *L. peruensis* (Shannon, 1929), *L. verrucarum* (Townsend, 1913); Trinidad y Tobago, *L. micropyga*; Venezuela, *L. longipalpis* y *L. youngi* Feliciangeli y Murillo, 1985. Con los ejemplares y datos de estos países se incrementa a 88 el número total de especies de *Lutzomyia* en la Colección UVS.

Discusión

De acuerdo con la lista reciente de Bejarano (2006) y otros trabajos (Ferro 1999; Bejarano *et al.* 2006a; Flórez y Ferro 2007; Cabrera *et al.* 2009) para Colombia hay 148 especies y subespecies de *Lutzomyia*. En la Colección UVS hay representantes de 51,3% de estas especies, como también de la mitad de los 32 departamentos de Colombia. Aparte del material tipo de *L. pabloi* y los paratipos de *L. napaensis*, *L. recurva* y *L. tiramula*, vale la pena destacar la presencia del único macho de *L. baityi* (Damasceno, Causey y Arouck, 1945) conocido para el país (Young 1979). Además, están los ejemplares de los primeros registros para Colombia de 16 especies (Barreto 1969; Barreto *et al.* 2000).

Según comenta Martins (1970), a *L. fairtigi* se le nombró como una nueva especie para honrar a los Drs. Graham B. Fairchild y Marshall Hertig, quienes describieron e ilustraron ejemplares de Villavicencio, Meta, Colombia como *P. squamiventris* con base en un macho y cerca de 50 hembras, pero ellos tenían dudas sobre su correcta identificación (Fairchild y Hertig 1951). La hembra de *L. fairtigi* depositada en la Colección UVS hacía parte del material original colectado en Villavicencio y por eso se puede afirmar su identidad sin tener machos asociados. En el caso de las hembras de Vista Hermosa, Meta, es indispensable el sexo contrario para definir la especie, o especies, de este grupo en dicho municipio. Además, hay que tener en cuenta el informe reciente de Vásquez-Trujillo *et al.* (2008) sobre la presencia de *L. chagasi* (Costa Lima, 1941) en la vereda La Reforma, Villavicencio, que ubica a estas dos especies en el mismo departamento. Molina *et al.* (2008) comentan sobre la actividad estacional de *L. fairtigi*, como también la presencia de flagelados no identificados en una hembra de 259 que se examinaron en Tauramena, Casanare, zona oriental de Colombia.

De acuerdo con Mayr (1969), toda clasificación se basa en la comparación de especímenes que representan poblaciones y especies, una adecuada colección es indispensable para el trabajo taxonómico, y parte del valor único de las colecciones se debe a que forman la base de investigaciones publicadas. Aunque la diversidad y el número de ejemplares de *Lutzomyia* mencionados son relativamente modestos, han sido fundamentales para distintas publicaciones hechas en diversos años. Además, en la Colección UVS se preservan como especímenes testigos que pueden ser útiles para futuros trabajos de investigación. La sección de Psychodidae de la Colección UVS se puede considerar con un crecimiento lento pero ordenado según los criterios de Simmons y Muñoz-Saba (2005). El 41% del material presenta un nivel ocho de salud y el resto está en un nivel diez según los criterios descritos por Fernández *et al.* (2005).

Desde hace varios años se han hecho distintas publicaciones sobre insectos depositados en colecciones presentes

en Colombia (por ejemplo: Apolinar 1939; Vélez 1989; Hernández *et al.* 1994; Salazar 2000; Posso y González 2008), pero aparentemente, esta es la primera que trata de forma exclusiva sobre vectores de enfermedades. Es de esperar que esta contribución sea un estímulo para que la información de otras colecciones de *Lutzomyia* presentes en el país, con mayor número de ejemplares, especies y más cobertura geográfica, se publique, como también, los datos de otros artrópodos de importancia médica y se ayude a mejorar el conocimiento sobre las colecciones biológicas de Colombia y los grupos respectivos.

Agradecimientos

Los doctores Graham B. Fairchild (fallecido) y David G. Young confirmaron varias de las identificaciones y donaron especímenes de Colombia y otros países. Numerosos colectores proporcionaron material incorporado en la Colección UVS. En distintas épocas, los técnicos Amelia Arias, Henry Rubio y Constanza Zapata colaboraron con la preparación o codificación de material para la Colección. Este trabajo contó con el apoyo del Departamento de Microbiología, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Literatura Citada

- ALEXANDER, B. 1995. Biology and control of sand flies in Colombian coffee plantations. Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental 35 (S1): 21-28.
- ALEXANDER, B. 2000. Sampling methods for phlebotomine sandflies. Medical and Veterinary Entomology 14 (2): 109-122.
- ALEXANDER, B.; USMA, M. C.; CADENA, H.; QUESADA, B. L.; SOLARTE, Y.; ROA W.; MONTOYA, J.; JARAMILLO, C.; TRAVI, B. L. 1995. Phlebotomine sandflies associated with a focus of cutaneous leishmaniasis in Valle del Cauca, Colombia. Medical and Veterinary Entomology 9 (3): 273-278.
- APOLINAR, M. 1939. Catálogo explicativo de las ropalóceras colombianas del Museo del Instituto de La Salle. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 3 (9,10): 108-111.
- BARRETO, M.; BURBANO, M. E.; BARRETO, P. 1997. Nuevos registros de flebotominos (Diptera: Psychodidae) y triatominos (Hemiptera: Reduviidae) para Risaralda, Cauca y Valle del Cauca, Colombia. Colombia Médica 28 (3): 116-122.
- BARRETO, M.; BURBANO, M. E.; BARRETO, P. 2000. *Lutzomyia* sand flies (Diptera: Psychodidae) from middle and lower Putumayo department, Colombia, with new records to the country. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 95 (5): 633-639.
- BARRETO, M.; BURBANO, M. E.; YOUNG, D. G. 2002. Description of *Lutzomyia* (*Trichophoromyia*) *pabloi* n. sp. and the female of *L. howardi* (Diptera: Psychodidae) from Colombia. Journal of Medical Entomology 39 (4): 601-604.
- BARRETO, M.; BURBANO, M. E.; BARRETO, P. 2006. Registros de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en nuevas localidades de Colombia. Colombia Médica 37 (1): 39-45.
- BARRETO, P. 1969. Artrópodos hematófagos del Río Raposo, Valle, Colombia IV. Psychodidae. Caldasia 10 (49): 459-472.
- BARRETO, P. 1974. Sobre la presencia de algunos artrópodos en el área urbana de la ciudad de Cali, Valle. Acta Médica del Valle 5 (4): 122-126.
- BARRETO, P.; MONTOYA, J.; SOLARTE, Y.; JARAMILO, C.; BARRETO, M.; FREYRE, J. L.; SÁNCHEZ, A. 1989. Notas sobre algunos flebotomos *Lutzomyia* (Diptera, Psychodidae) en tres focos de leishmaniasis cutánea en el occidente de Colombia. Colombia Médica 20 (2): 53-59.

- BEJARANO, E. E. 2006. Lista actualizada de los psicódidos (Diptera: Psychodidae) de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana* 45 (1): 47-56.
- BEJARANO, E. E.; DUQUE, P.; VÉLEZ, I. D. 2004. Taxonomy and distribution of the series *pia* of the *Lutzomyia verrucarum* group (Diptera: Psychodidae), with a description of *Lutzomyia emberai* n. sp. *Journal of Medical Entomology* 41 (5): 833-841.
- BEJARANO, E. E.; DUQUE, P.; VÉLEZ, I. D. 2006a. Redescrición de la hembra de *Lutzomyia vattierae* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) de la Serranía de La Macarena, Colombia. *Biomédica* 26 (4): 556-561.
- BEJARANO, E. E.; SIERRA, D.; PÉREZ-DORIA, A.; VÉLEZ, I. D. 2006b. Primer hallazgo de *Lutzomyia tihuiensis* (Diptera: Psychodidae) en el Valle de Aburrá, Colombia. *Biomédica* 26 (S1): 228-231.
- BURBANO, M. E. 1992. Distribución vertical de los flebótomos *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae), en un foco de leishmaniasis cutánea. *Colombia Médica* 23 (3): 120-125.
- CABRERA, O. L.; MOSQUERA, L.; SANTAMARÍA, E.; FERRO, C. 2009. Flebótomos (Diptera: Psychodidae) del departamento de Guaviare, Colombia con nuevos registros para el país. *Biomédica* 29 (1): 73-86.
- DIRIG, R. 1977. Labelling and storing an insect collection. New York College of Agriculture and Life Science, Cornell University, Ithaca. 21 p.
- FAIRCHILD, G. B.; HERTIG, M. 1951. Notes on the *Phlebotomus* of Panama (Diptera, Psychodidae) VII. The subgenus *Shannonomyia* Pratt. *Annals of the Entomological Society of America* 44 (3): 399-421.
- FERNÁNDEZ, F.; MUÑOZ-SABA, Y.; SIMMONS, J. E.; SAMPER, C. 2005. La gestión en la administración de las colecciones biológicas. p. 189-206. En: Simmons, J. E.; Muñoz-Saba, Y. (eds.). Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. 286 p.
- FERRO, C. 1999. Laboratorio de entomología, 1998. *Biomédica* 19 (S1): 53-55.
- FLÓREZ, L.; FERRO, C. 2007. Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) encontradas en el municipio de Inírida, departamento de Guainía, Colombia. *Biomédica* 27 (S2): 222.
- FORATTINI, O. P. 1973. *Entomologia Médica* 4° vol. Psychodidae. Phlebotominae. Leishmanioses. Bartonelose. Editora E. Blücher, São Paulo. 658 p.
- HERNÁNDEZ, M. D. P.; BELLOTTI, A.; CARDONA, C.; LAPOINTE, S.; PANTOJA, A. 1995. Organización y utilidad de una colección de insectos para referencia y trabajo en cuatro cultivos tropicales. *Revista Colombiana de Entomología* 21 (1): 59-62.
- LOYOLA, E.; ALZATE, A.; SÁNCHEZ, A.; GÓNZALEZ, A. 1988. Epidemiology of a natural focus of *Leishmania brasiliensis* in the Pacific lowlands of Colombia IV. Observations in sandflies. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 82 (3): 408.
- MARTINS, A. V. 1970. *Lutzomyia (Psychodopygus) fairtigi* n. sp. from Colombia. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 72 (2): 279.
- MAYR, E. 1969. Principles of systematic zoology. McGraw-Hill Book Company, New York. 428 p.
- MESA, D. P. 2005. Protocolos para la preservación y manejo de colecciones biológicas. *Boletín Científico Museo de Historia Natural, Manizales* 10: 117-148.
- MOLINA, J. A.; ORTIZ, M. I.; GUHL, F. 2008. Seasonality of *Lutzomyia fairtigi* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), a species endemic to Eastern Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 103 (5): 477-482.
- MUNSTERMANN, L. E. 2005. Phlebotomine sand flies, the Psychodidae. p. 141-151. En: Marquart, W. C. (ed.). *Biology of disease vectors*. 2nd. ed. Elsevier Academic Press, Burlington. 785 p.
- PÉREZ-DORIA, A.; BEJARANO, E. E.; SIERRA, D.; VÉLEZ, I. V. 2008. Molecular evidence confirms the taxonomic separation of *Lutzomyia tihuiensis* from *Lutzomyia pia* (Diptera: Psychodidae) and the usefulness of pleural pigmentation patterns in species identification. *Journal of Medical Entomology* 45 (4): 653-659.
- POSSO, C. E.; GONZÁLEZ, R. 2008. Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) del Museo Entomológico de la Universidad del Valle. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (2): 230-238.
- SALAZAR, J. A. 2000. Mántidos contenidos en la Colección Entomológica "Francisco Luis Gallego" Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, sede Medellín, Antioquia. (Insecta: Mantodea). *Boletín Científico Museo de Historia Natural, Manizales* 4: 63-69.
- SIMMONS, J. E.; MUÑOZ-SABA, Y. 2005. Teoría de manejo de las colecciones biológicas. p. 44-53. En: Simmons, J. E.; Muñoz-Saba, Y. (eds.). Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. 286 p.
- VÁSQUEZ-TRUJILLO, A.; SANTAMARÍA-HERREÑO, E.; GONZÁLEZ-REINA, A. E.; BUITRAGO-ÁLVAREZ, L. S.; GÓNGORA-ORJUELA, A.; CABRERA-QUINTERO, O. L. 2008. *Lutzomyia antunesi* probable vector de leishmaniasis cutánea en el área rural de Villavicencio. *Revista de Salud Pública, Bogotá* 10 (4): 625-632.
- VÉLEZ, R. 1989. Catálogo del Museo de Entomología "Francisco Luis Gallego". Universidad Nacional de Colombia, Seccional de Medellín, Medellín. 262 p.
- YOUNG, D. G. 1979. A review of the bloodsucking psychodid flies of Colombia (Diptera: Phlebotominae and Sycoracinae). *University of Florida Agricultural Experimental Station Technical Bulletin* 806: 1-266.
- 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). *Memoirs of the American Entomological Institute* 54: 1-881.

Recibido: 8-ago-2009 • Aceptado: 1-May-2010

Top-down, bottom-up, and horizontal mortality variation in a generalist seed beetle

Variación en mortalidad “top-down”, “bottom-up” y horizontal en un escarabajo
generalista comedor de semillas

ÁNGELA R. AMARILLO-SUÁREZ¹

Abstract: The study of the interacting factors that constrain resource use in organisms and promote diversity is an important task, especially in a mega diverse area, in which the increasing transformation of ecosystems modifies the interactions among organisms. Among the hypotheses that explain resource use and diversity of insects are the Top-down and the Bottom-up hypotheses, in which experimental studies have shown trade-offs between these factors. The influence of parasitism, host plant and competition was evaluated to determine their effect on mortality of the seed beetle *Stator limbatus* from populations adapted to different host plants. Mortality of eggs caused by parasitism, and mortality of larvae caused by competition was recorded for seven populations that use a single host seed, and for one population that uses two hosts. Populations that use *Acacia greggii* experienced the lowest mortality, and populations that use *Parkinsonia florida* suffered the highest mortality, demonstrating no evidence of trade-offs between bottom-up and top-down factors. Interactions between host and larval density, and between host and number of eggs on seeds, showed variation between hosts in the mortality of beetles caused by competition and by parasitism, respectively. In addition, there was no evidence of egg size affecting parasitism of eggs. These results show the need of including in the traditional bottom-up and top-down explanations, the study of factors that could be mediating their outcome such as the one examined here (competition). This need is more urgent now that we are exposing ecosystems to accelerated changes in structure, functioning, and composition.

Key words: Parasitism. Competition. Host plant. Natural enemies. Trade-offs.

Resumen: El estudio de los factores interrelacionados que restringen el uso de recursos en los organismos y que promueven la diversidad, es una tarea importante, especialmente en una región megadiversa, en donde el incremento en la transformación de los ecosistemas modifica las interacciones entre los organismos. “top-down” y “bottom-up,” están entre las hipótesis que explican el uso de los recursos y la diversidad de insectos y sus estudios experimentales han mostrado compromisos (“trade-offs”) entre estos factores. Se evaluó la influencia del parasitismo, la planta hospedera y la competencia sobre la mortalidad del escarabajo comedor de semillas *Stator limbatus* en poblaciones adaptadas a diferentes hospederos. Se registró la mortalidad de huevos debida a parasitismo y la mortalidad de larvas debida a competencia en siete poblaciones que emplean solo un hospedero semilla y en una que emplea dos hospederos. Las poblaciones que emplean *Acacia greggii* presentaron la mortalidad más baja y las poblaciones que emplean *Parkinsonia florida* experimentaron la mortalidad más alta, sin evidencia de “trade-offs” entre factores “bottom-up” y “top-down”. Interacciones entre hospedero y densidad de larvas y entre hospedero y número de huevos en las semillas mostraron variación entre los hospederos en la mortalidad de los escarabajos debido a la competencia y al parasitismo, respectivamente. No hubo evidencia de que el tamaño de los huevos afectara su parasitismo. Estos resultados muestran la necesidad de incluir en las tradicionales explicaciones “bottom-up” y “top-down” el estudio de factores que podrían influir en su resultado como lo examinado acá (competencia). Esta necesidad es más urgente ahora que estamos exponiendo los ecosistemas a cambios acelerados en estructura, funcionamiento y composición.

Palabras clave: Parasitismo. Competencia. Planta hospedera. Enemigos naturales. Trade-offs.

Introduction

The understanding of the interacting factors that constrain resource use in organisms is an important task, especially in a mega diverse country (Mainka 2002), but with a rapid transformation of ecosystems (Etter *et al.* 2008) that also modifies the interactions between and among organisms and their environment. Thus, when studying the ways in which organisms adapt to their host plants, it is necessary to examine the factors that restrict or favor host use. In herbivorous insects, such factors incorporate the biology and behavior of insects, and environmental factors such as host availability, spatial distribution and nutritional value of the host, and the diversity and abundance of natural enemies and competitors, among others (Bernays and Chapman 1994; Fox *et al.* 1996; Camara 1997).

In general, there are two hypotheses that explain the diversity, abundance and diet breadth of herbivores. The

Top-down hypothesis proposes that natural enemies such as predators and parasitoids are the main forces controlling diversity and abundance of insect populations (Hairston *et al.* 1960). Meanwhile, the Bottom-up hypothesis proposes that the main factor that control insects on plants is the characteristics of hosts such as nutritional value, temporal and spatial availability, and type of secondary compounds, among others (Root 1973; Schowalter 2006). With the exception of studies performed in some pest insects, few studies have been conducted to determine the simultaneous effects of natural enemies and host quality in the structure of communities around a biological resource (Aquilino *et al.* 2005 and references there in), in natural conditions, and comparing habitats or sites (Gripenberg and Roslin 2007).

Adaptive responses of organisms are a consequence of the synergic, and sometimes, the antagonistic interaction between the factors that influence resource use. Sometimes, these interactions result in trade-offs between top-down and

¹ Ph. D. Departamento de Ecología y Territorio, Pontificia Universidad Javeriana. Transv. 4 No. 42-00, piso 8. aamarillo@javeriana.edu.co

bottom-up factors, and in the evolution of life histories. For example, some populations of insects use hosts that while suboptimal for progeny development, offer enemy free space, reducing the risk of predation and parasitism (Mira and Bernays 2002).

On the other hand, a number of studies have demonstrated the negative effects of competition in fitness and fitness related traits of organisms. For example, when competition increases, body size and in consequence, fecundity decreases (Bai and Mackauer 1992; Hardy *et al.* 1992; Fox *et al.* 1996; Ode *et al.* 1996; Mackauer and Chau 2001). Thus, it is expected that females exposed to competition during oviposition minimize negative effects by, for example, distributing eggs uniformly among the available hosts (Messina and Mitchel 1989), reducing oviposition rate, and choosing to oviposit on hosts with a lower number of competitors (Messina and Renwick 1985). Stilwell *et al.* (2007) found that host plants are the main factor that explains adult body size variation of *Stator limbatus* (Horn, 1873) along its distribution range. Studies done with this beetle also found that females modify egg size in response to seed quality, increasing survivorship of progeny (Fox *et al.* 2001).

Little is known about the influence of other selection factors that like host availability, parasitism, and competition influence host use in herbivorous insects in natural conditions. Given that competition, natural enemies, and host plant simultaneously affect resource use, in this study I evaluated and compared the effects of host plant, density of eggs and density of larvae on the mortality caused by parasitism and by competition on *S. limbatus*. I compared populations of *S. limbatus* that use one out of four host plants, and that belong to the extremes of the distribution range of the species. This beetle constitutes a very good model to understand the ecological mechanisms that constrain host plant use, the colonization of new hosts and in a broader sense, the factors that facilitate diet expansion in organisms that like *S. limbatus*, have broad distribution and are generalists, but restricted locally to a few host plants.

Materials and Methods

Study organism. *S. limbatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) is a seed feeding beetle with a broad distribution in the Americas (Johnson and Kingsolver 1976). Populations are distributed from the Southwestern in the United States to the Northwestern Argentina (Johnson *et al.* 1989). Besides being considered a generalist species because it feeds on more than 70 legume species (Morse and Farrel 2005), populations use just a few available hosts in each area with indication of minor local adaptation in some populations (Amarillo-Suárez and Fox 2006). Females oviposit directly on the seed coat, and development of larvae and pupae occurs completely inside the seed host. Thus, factors such as the host selected by mothers to oviposit, natural enemies, competition, and host quality and size are easier to identify than in organisms that develop and move among hosts.

Host plants. *Acacia greggii* (Gray, 1852) (Fabaceae), commonly known as cat claw, is a shrub distributed along the most part of the southwest of the United States and northern Mexico (Sargent 1965). It grows in gravelly and sandy areas at the side of roads, canyons and streams. Seed pods contain between one and five brown, round, and laterally compressed

seeds. Seed mass varies between 600 and 300 mg. *S. limbatus* colonizes seeds through holes in the pods made by other insects, by partial dehiscence of the legume, or by cracks in the seed pod.

Acacia berlandieri Benth, 1842 (Fabaceae), commonly known as guajillo, is a small to medium size shrub distributed from Mexico to the southwest of the United States in Texas (Hatch and Pluhar 1993). It grows in roadsides and sandy areas. Seed pods contain around five large, brown, and round to square seeds that are about 40% larger than *A. greggii* seeds. *S. limbatus* colonizes seeds through holes in the pods made by other insects or created by cracks in the seed pod.

Parkinsonia florida (Benth. ex A. Gray, 1876) (Fabaceae), commonly known as blue paloverde, is a native tree distributed in California, Arizona and Nevada of the United States and in the Sonora desert region from Mexico and USA. It contains between one and five large, laterally compressed and oval seeds of similar size than *A. greggii* seeds. These seeds have a toxic seed coat that causes large mortality of *S. limbatus* larvae when borrowing (Siemens *et al.* 1992; Siemens *et al.* 1994). Beetles colonize seeds through holes in the pods made by other insects or created by cracks in the seed pod.

Pseudosamanea guachapele (Kunth, 1930) (Fabaceae) is a medium to large tree that usually grows in pastures and dry areas from Central America to Northern South America (Bartholomäus *et al.* 1990). The dehiscent seed pods contain between 10 and 25 white, oval and laterally compressed seeds. Seed mass vary between 18 and 46 mg. Because seed pods are dehiscent, *S. limbatus* colonizes seeds directly when they are exposed, and still on the tree.

Collection of seeds in the field. Seeds during two field trips were collected. The first field trip occurred between December of 2002 and January of 2003 to the Municipios of Anapoima (Cundinamarca), and Melgar (Tolima) in Colombia, and the second one was between July and August 2003 to the Counties of Verde, Wenden, Roosevelt, Phoenix (Arizona), and Del Rio (Texas) in The United States of America. 10-20 plants from each locality were inspected, their seeds were collected and deposited in 1000 cc hermetic plastic bags, and labeled to be transported to laboratory. Seeds were collected from a total of four host plants: *P. florida*, *A. greggii*, *A. berlandieri* and *P. guachapele*. Table 1 shows the locations and host plant of each population.

Data recording and analysis. Once in the lab, seed pods were split open and seeds containing eggs were placed in a chamber at 28°C, 80% humidity. Seeds were inspected daily and emerging organisms were collected and stored in vials with alcohol. Inspection of seeds was done until no individuals were obtained for seven continuous days in order to make sure no organisms emerged later.

Once all individuals emerged from the seeds, a random sample of 200 seeds from each host/locality was taken, and the following data were recorded for each individual seed: number of eggs laid on the seed, number of eggs hatched, number of eggs parasitized and number of exit holes. The difference between hatched and non hatched eggs is easily determined because hatched eggs are evenly cream colored; meanwhile non hatched eggs are transparent. Parasitized eggs are silver color and have a conspicuous exit hole on the top (Figs. 1A-F).

Table 1. Localities and host plants of collection of *Stator limbatus*.

Country	Population	Host
Colombia	Anapoima, Cundinamarca	<i>Pseudosamanea guachapele</i>
	Melgar, Tolima	<i>Pseudosamanea guachapele</i>
United States of America	Verde, Arizona	<i>Acacia greggii</i>
	Wenden, Arizona	<i>Acacia greggii</i>
	Phoenix: "Apache Trail-State route 88", Arizona	<i>Acacia greggii</i> and <i>Parkinsonia florida</i>
	Roosevelt, Arizona	<i>Parkinsonia florida</i>
	Del Rio, Texas	<i>Acacia berlandieri</i>

Mortality caused by competition of larvae was scored for each seed as the number of exit holes out of the total number of hatched eggs on the seed. Mortality caused by parasitism was scored for each seed as the number of parasitized eggs out of the number of laid eggs on the seed. Data matrix for the analyses was expanded to accounts for mortality on each individual egg. Logistic regression analyses were performed to determine the effects of host plant, population origin, density of eggs, and egg size in mortality of eggs by parasitism. In the case of mortality of larvae by competition I used for the analysis the number of hatched eggs per seed instead of density of eggs, because the former takes in account the effective number of larvae under competition inside each seed.

Survivorship to parasitism was scored for each single egg as "1" if given the laid egg, it hatched. It was scored as "0" if the egg presented a silver color and an exit hole in the chorion. Survivorship to competition was scored as "1" if given the hatched egg, there was a corresponding emergence hole in the seed. It was scored as "0" if given the hatched egg, there was not an emergence hole. For example, a seed with five eggs, could have three emergence holes, one parasitized egg and four hatched eggs. In this case, survivorship due to parasitism was scored 0 for egg number 1, and 1 for eggs 2-5, under the treatment density = 5 (number of eggs laid on the seed). Survivorship to competition was scored 0 for egg number 2, and 1 for eggs 3-5 under the treatment density = 4 (number of hatched eggs).

Logistic regression analyses were performed to test for the effects of density and host plant in mortality caused by parasitism and by competition. Analyses were performed with SAS (SAS institute, ver. 8.2). Graphs were done using mean proportional mortality.

Results

In general, there was higher mortality caused by competition (Total mean mortality of larvae = 0.27 ± 0.99) than to by parasitism (Total mean mortality of eggs = 0.018 ± 0.003 $P < 0.05$).

Table 2 shows the parasitoids that emerged from each host. Since parasitoids from Verde and Wenden populations were lost during their storing, this table shows parasitoids from another *A. greggii* population (Oracle, Arizona) that was not considered in this study. In the case of USA populations, all parasitoids may not be parasitoids of *S. limbatus*. Seeds of *A. greggii* are hosts of other species of seed feeders such as *Stator pruininus* (Horn, 1873), and *Merobruchus julianus* (Horn, 1894), though less abundant than *S. limbatus* (Siemens *et al.* 1991); and seeds of *P. florida* are hosts of *Mimosestes* spp. (Hetz and Johnson 1988). In the case of the Colombia populations, only *S. limbatus* were found emerging from seeds of *P. guachapele*.

Host plant effects in mortality due to parasitism and to competition. Irrespective of the density of eggs on the seeds, parasitism was significantly higher on *P. florida* followed by *A. greggii*, *A. berlandieri*, and *P. guachapele* (Fig. 2A, Table 3). Mortality caused by competition was higher in seeds of *A. greggii*, followed by *P. florida*, *A. berlandieri*, and *P. guachapele* (Fig. 2B, Table 3) irrespective of the rearing density of larvae. In addition, there was a certain amount of eggs that did not hatch due to unknown reasons, but associated to the embryo death, or to the first instar larvae death before burrowing into the seeds, the last being the case of larvae in *P. florida*.

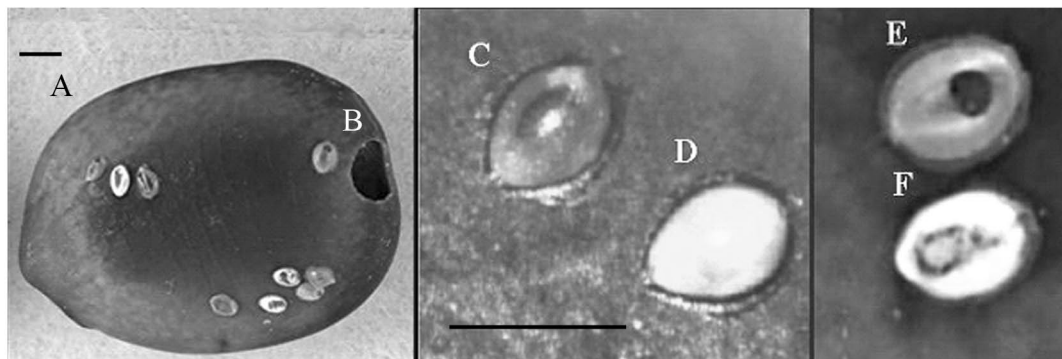


Figure 1. Illustration of variables recorded for data analysis. A. Density of eggs by seed. B. Exit holes as an indication of survivorship and emergence of adults. C. Non developed egg. D. Hatched egg, an indication of survivorship of larvae burrowing into the seed. E. Parasitized egg. F. Death of larvae when penetrating the seed. Bars indicate 1mm.

Table 2. Parasitoids collected on different host species.

Host species	Population	Parasitoid species
<i>Acacia greggii</i>	Oracle	Eurytomidae
		<i>Chryseida</i> sp. 1
		<i>Chryseida</i> sp. 1
		Braconidae
		<i>Stenocorse</i> sp. 1
		<i>Stenocorse</i> sp. 2
		<i>Urosigalphus</i> sp. 1
		<i>Bracon</i> sp. 1
		<i>Bracon</i> sp. 2
		Eulophidae
		<i>Horismenus</i> sp. 1
<i>Acacia berlandieri</i>	Del Río	Eupelmidae
		<i>Eupelmus</i> sp. 1
		<i>Eupelmus</i> sp. 2
		<i>Reikosiella</i> (<i>Reikosiella</i>) sp. 1
		Braconidae
		<i>Stenocorse</i> sp. 2
		Eulophidae
		<i>Horismenus</i> sp. 1
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Anapoima	Eulophidae
		<i>Horismenus</i> sp. 1
		Eupelmidae
		<i>Eupelmus</i> sp. 3
		Braconidae
		<i>Stenocorse</i> sp. 1
	Melgar	Eurytomidae
		<i>Chryseida</i> sp. 1
		<i>Chryseida</i> sp. 2
		Eulophidae
		<i>Horismenus</i> sp. 1
		Braconidae
		<i>Stenocorse</i> sp. 1
<i>Parkinsonia florida</i>	Roosevelt	Braconidae
		<i>Stenocorse</i> sp. 2
		<i>Urosigalphus</i> sp. 1

Density effects in mortality due to parasitism and to larval competition. There was a significant effect of density of eggs in parasitism of eggs. However, the pattern of response was different among hosts (Table 3). While in *P. florida* parasitism increased about 40% on seeds with higher density of eggs, in the remaining hosts mortality did not increase higher than 85%, and there was not a gradual increase in parasitism (Fig. 3).

Mortality of larvae also increased with larval competition (Table 3). However, the pattern of mortality with density

was different among hosts (Table 3). Mortality in *P. florida* increased sharply up to 90% in seeds with higher density of eggs. In the other three hosts there was a smoother increase in mortality, but it did not past over an 80% in *P. guachapele*, over a 40% in *A. berlandieri*, and over a 30% in *A. greggii* (Fig. 4).

Discussion

Despite the numerous studies showing the effects of competition, parasitism and host plant in life history traits of

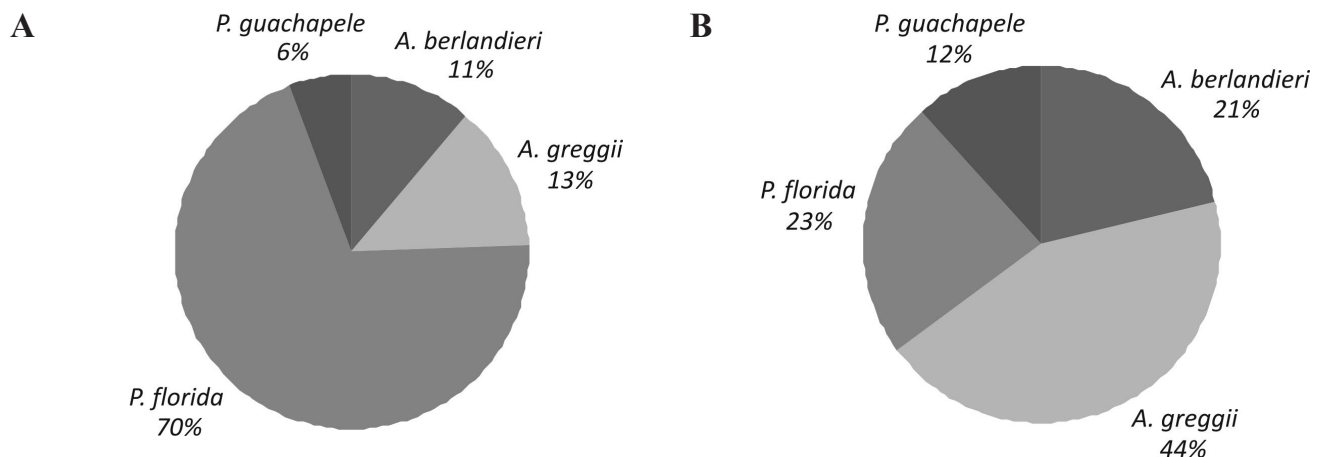
Table 3. Host plant and density effects in mortality caused by parasitism of eggs and competition of larvae in *S. limbatus*.

Source of mortality	df	X ²	P
Parasitism			
- Population (host) (H)	7	80.8	<0.0001
- Egg density (ED)	23	53.5	0.0003
- H x ED	45	48.4	0.33
Competition			
- Population (host) (H)	7	34.2	<0.0001
- Larval density (LD)	20	123.6	<0.0001
- H x LD	39	135.5	<0.0001

herbivores (Lewinsohn *et al.* 2005; Ode 2006), just a few of them have considered bottom-up, and top-down mortality factors simultaneously (Aquilino *et al.* 2005), and even fewer, have considered the analysis of these factors together with intraspecific competition and in field conditions (Mira and Bernays 2002). Overall it was found that competition and host plant had a greater impact than parasitism in survivorship of larvae.

Uscana semifumipennis Girault, 1911, the single egg parasitoid that has been reported to attack *S. limbatus* in *P. florida* (Siemens and Johnson 1992), was not found in this study. Hetz and Johnson (1988) report *Stenocorse bruchivora* (Crawford, 1909), and *Urosigalphus neobruchi* Gibson, 1972 as parasitoids of larvae of *S. limbatus* feeding on *P. florida*. In this study we recorded two species of these genera emerging from *P. florida*, but the specimens were not determined to species level. *Heterospilus bruchi* Viereck, 1910, *Urosigalphus bruchi* Crawford, 1907, *U. neobruchi*, *Lariophagus texanus* Howard, 1898, *Zatropis incertus* (Ashmead, 1864) are recorded in the same paper as parasitoids of larvae of bruchids on *A. greggii*, but there is not specific reference to these Hymenoptera attacking *S. limbatus*. However, in this study we recorded *Urosigalphus* sp. 1, emerging from *A. greggii*. Other parasitoids of larvae are reported, but they belong to parasitoids on hosts and localities other than the localities studied here.

Mortality caused by egg parasitism was higher in *P. florida*, and its effect increased with density of eggs. An explanation for this pattern remains unclear. Because *S. limbatus* females lay larger eggs in this host, it could be considered that egg size could play an important role in parasitism of eggs. In fact, a preliminary examination of the relationship between egg size and parasitism in a population in which *P. florida* and *A. greggii* are sympatric, with many cases of trees overlapping branches, shows that there is higher parasitism of eggs laid on *P. florida* than on eggs of *A. greggii* (Fig. 5). This is a host in which females lay larger eggs due to the toxicity of the seed coat that causes mortality up to a 40% in some populations (Siemens and Johnson 1990; Fox 2000). As a consequence, there is high mortality of larvae when entering the seed, with larger eggs having a higher probability of survivorship during the hatching process. However, and contrary to what some experiments done in laboratory conditions show (Deas and Hunter 2008), a preliminary examination of the effect of egg size in parasitism within hosts shows that there are not significant differences in egg size between parasitized and unparasitized eggs collected in the field (Fig. 6. Table 4). This surprising result could imply that there are factors other than egg size involved in the higher risk of mortality by parasitism in *P. florida*. One hypothesis to test would be that this species of plant attracts more natural enemies than the other hosts.

**Figure 2.** Mortality factors affecting *S. limbatus* beetles on different hosts. **A.** Mortality caused by parasitism of eggs. **B.** Mortality caused by competition among larvae.

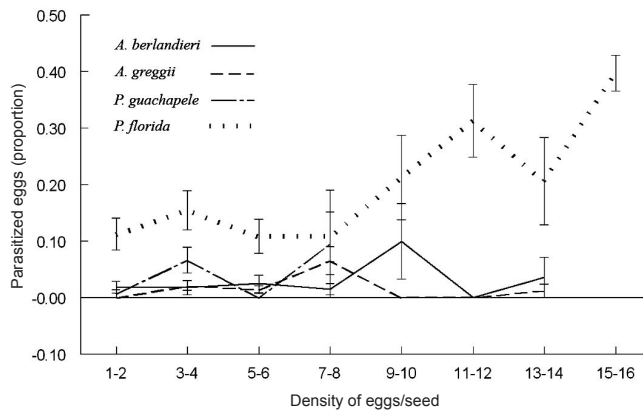


Figure 3. Mortality of *Stator limbatus* beetles caused by parasitism of eggs on different host plants and at different egg densities.

In addition to being the host in which parasitism increased broadly with density of eggs, *P. florida* was also the host where beetles had higher mortality caused by competition. These results contrast with literature reports regarding trade-offs between bottom-up and top-down sources of mortality in herbivorous insects, in which ovipositing in a low quality host or in a less preferred host would provide, for example, enemy free space (Feder 1995; Mira and Bernays 2002), being this, one of the underlying reasons for specialization in resource use, and colonization of new hosts (Futuyma and Moreno 1988; Jaenike 1990).

In addition to the differences in mortality mentioned before, there was variation in the response to each source of mortality between hosts. Thus, parasitism and competition differed in the magnitude of their impact in each population adapted to different hosts, perhaps as a result of local adaptation to their hosts, which has been proved as one of the main factors determining life history differences among populations (Van Zandt and Mopper 1998; Amarillo-Suárez and Fox 2006; Stillwell *et al.* 2007). Thus, *P. florida* is the host in which there is larger mortality risk by bottom-up and top-down factors, and *A. greggii* is the host in which beetles experienced the lowest mortality. Seed quality may also play an important role in the variation observed. Previous studies show that beetles from the same populations examined here experienced longer development time and higher mortality due to competition in *P. guachapele*, though the response from each population was not symmetrical (Amarillo-Suárez *et al.*, submitted).

Trade-offs are one of the main factors proposed as the cause of specialization and local adaptation in host use (Futuyma and Moreno 1988; Jaenike 1990; Mira and Bernays 2002). Thus it would be expected that adaptation to hosts plants would result in an antagonistic balance between mor-

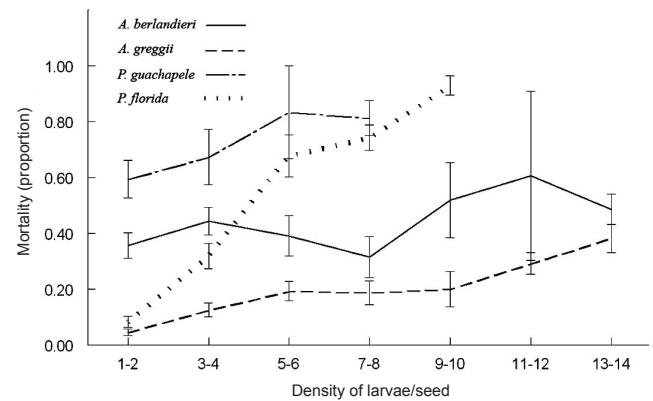


Figure 4. Mortality of *Stator limbatus* beetles caused by competition among larvae on different host plants and at different egg densities.

tality by top-down and bottom-up factors. In the present study, there was no evidence of trade-offs between top-down and bottom-up mortality factors in the field in populations of *S. limbatus* using different host plants. The results show a host in which total mortality by these factors is reduced, and another in which mortality is the highest. One of the explanations to this unusual result may be in the examination of additional factors, and in natural conditions. One of them analyzed here is competition. Recent papers show that competition, predation risk, intraspecific variation, and spatial variation, among others could be affecting the outcome of mortality by natural enemies and by host plant characteristics (Heisswolf *et al.* 2006). These results post the need of including in the traditional bottom-up top-down paradigm, the study of factors that could be mediating their outcome. Some of them to explore are intraspecific and interspecific competition, the spatial distribution of resources and its temporal availability, a necessity more urgent now when we humans are exposing ecosystems to accelerated changes in structure, functioning, and composition.

Acknowledgements

I thank Charles Fox for comments on the early version of the manuscript. To Craig Stillwell, Bill Wallin, Jordi Moya-Laraño, and Kristy Schelby, for their help with the experi-

Table 4. Effect of egg size in parasitism of eggs per host in *S. limbatus*.

Host	df	X ²	P
<i>Acacia berlandieri</i>	1	1.6	0.2
<i>Acacia greggii</i>	1	1.2	0.3
<i>Parkinsonia florida</i>	1	0.005	0.9
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	1	0.3	0.6

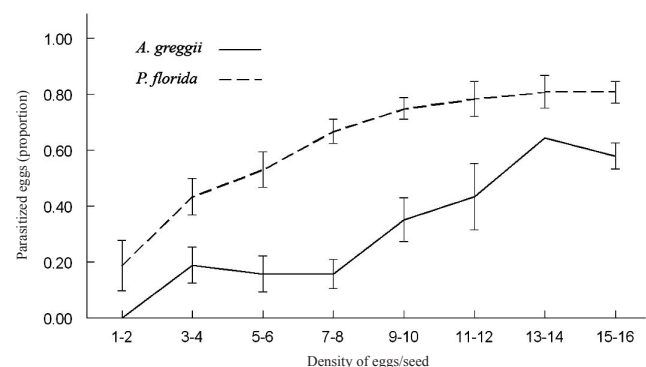


Figure 5. Mortality of *Stator limbatus* beetles caused by parasitism of eggs on different host plants and at different egg densities in a population that uses two hosts.

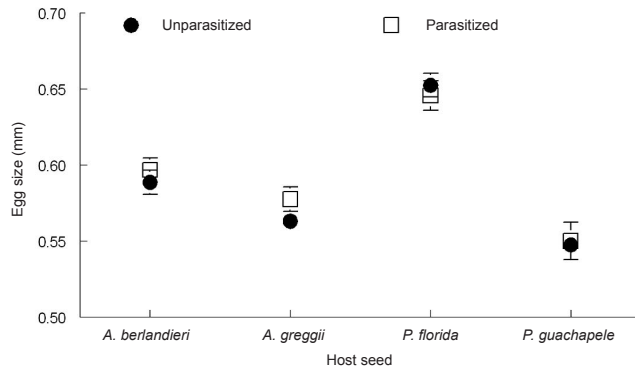


Figure 6. Differences in egg size between parasitized and unparasitized eggs in populations of *S. limbatus*. Standard errors are sometimes smaller than the symbols.

ments and field collecting in Arizona and Texas. I also thank Celestino Amarillo, Fidelia Suárez, Carlos Sarmiento-M, María A. Sarmiento-Amarillo, Adela Suárez, and Wilson Yaya for help with field collecting in Colombia. Entomologist Helmuth Aguirre made the identification of parasitoids. The anonymous reviewers provided insightful comments and supporting literature that improved the quality of the manuscript. Support for this study was provided by Grants DEB 01-10754 from Nacional Science Foundation, USA (to C.W. Fox), grants 1568 and 620 from Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología, Banco de la República, Colombia (to A. Amarillo-Suárez), and by grant ID PRY 001932 from Departamento de Ecología y Territorio, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia (to A. Amarillo-Suárez).

Literature cited

- AMARILLO-SUÁREZ, A.; FOX, C. W. 2006. Population differences in host use by a seed beetle: Local adaptation, phenotypic plasticity y maternal effects. *Oecologia* 150 (2): 247-258.
- AMARILLO-SUÁREZ, A.; STILLWELL, R. C.; FOX, C. W. Host size and larval competition mediate natural selection on body size in a seed-feeding beetle. Submitted to *Oikos* in August 2010.
- AQUILINO, K. M.; CARDINALE, B. J.; IVES, A. R. 2005. Reciprocal effects of host plant and natural enemy diversity on herbivore suppression: an empirical study of a model tritrophic system. *Oikos* 108 (2): 275-282.
- BAI, B.; MACKAUER, M. 1992. Influence of super parasitism on development rate and adult size in a solitary parasitoid *Aphidius ervi*. *Functional Ecology* 6 (3): 302-307.
- BARTHOLOMÄUS, A.; De la ROSA CORTÉS, A.; SANTOS GUTIÉRREZ, J. O.; ACERO DUARTE, L.E. MOOSBRUGGER, W. 1990. El manto de la tierra: flora de los Andes. Ediciones Lerner. 332 p.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, F. F. 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman & Hall. New York. 312 p.
- CAMARA, M. D. 1997. A recent host range expansion in *Junonia coenia* Hubner (Nymphalidae): Oviposition preference, survival, growth, and chemical defense. *Evolution* 51 (3): 873-884.
- DEAS, J.; HUNTER, M. S. 2008. Host egg-size plasticity affects preference and performance in the egg parasitoid *Uscana semifumipennis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as a result of host size selection. Entomological Society of America. Annual Meeting. Available in: http://esa.confex.com/esa/2008/techprogram/paper_39078.htm. [Consulted on July 10th. 2010].
- ETTER, A.; McALPINE, C.; POSSINNGHAM, H. 2008. Historical Patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers* 98 (1): 2-23.
- FEDER, J. L. 1995. The effects of parasitoids on sympatric host races of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *Ecology* 76 (3): 801-813.
- FOX, C. W.; MARTIN, J. D.; THAKAR, M. S.; MOUSSEAU, T. 1996. Clutch size manipulations in two seed beetles: consequences for progeny fitness. *Oecologia* 108 (1): 88-94.
- FOX, C. W. 2000. Natural selection on seed-beetle egg size in nature and the laboratory: Variation among environments. *Ecology* 81 (11): 3029-3035.
- FOX, C. W.; CZESAK, M. E.; FOX, R. W. 2001. Consequences of plant resistance for herbivore survivorship, growth, and selection on egg size. *Ecology* 82 (10): 2790-2804.
- FUTUYMA, D. J.; MORENO, G. 1988. The evolution of ecological specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 207-233.
- GRIPENBERG, S.; ROSLIN, T. 2007. Up or down in space? Uniting the bottom-up versus top-down paradigm and spatial ecology. *Oikos* 116 (2): 181-188.
- HAIRSTON, N. G.; SMITH, F. E.; SLOBODKIN, L. B. 1960. Community structure, population control and competition. *The American Naturalist* 94 (879): 421-425.
- HARDY, I. C.; GRIFFITHS, T.; GODFRAY, H. C. J. 1992. Clutch size in a parasitoid wasp: A manipulation experiment. *Journal of Animal Ecology* 61 (1): 121-129.
- HATCH, S. L.; PLUHAR, J. 1993. Texas range plants. Texas A&M Univ. Press. College Station. 326 p.
- HEISSWOLF, A.; JOACJIM, J.; OBERMAIER, E. 2006. Multitrophic influences on egg distribution in a specialized leaf beetle at multiple spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 7 (6): 565-576.
- HETZ, M.; JOHNSON, C. D. 1988. Hymenopterous parasites of some bruchid beetles of North and Central America. *Journal of Stored Products Research* 24 (3): 131-143.
- JAENIKE, J. 1990. Host specialization in phytophagous insects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 243-273.
- JOHNSON, C. D.; KINGSOLVER, J. M. 1976. Systematics of *Stator* of North and Central America (Coleoptera: Bruchidae). USDA. Technical Bulletin 1537 101p.
- JOHNSON, C. D.; KINGSOLVER, J. M.; TERAN, A. L. 1989. Sistemática del género *Stator* (Insecta: Coleoptera: Bruchidae) en Sudamérica. *Opera Lilloana* 37 J. M.105 p.
- LEWINSOHN, T.; NOVOTNY, V.; BASSET Y. 2005. Insects on plants: Diversity of herbivore assemblages revisited. *Annual Review Ecology Evolution and Systematics* 36: 597-620.
- MACKAUER, M.; CHAU, A. 2001. Adaptive self superparasitism in a solitary parasitoid wasp: the influence of clutch size on offspring size. *Functional Ecology* 15 (3): 335-343.
- MAINKA, S. 2002. Biodiversity, poverty and hunger - where do they meet? En: MAINKA, S.; TRIVEDI, M. Links between Biodiversity, Conservation, Livelihoods, and Food Security. The sustainable use of wild species for meat. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 135 p.
- MESSINA, F. J.; MITCHEL, R. 1989. Intraspecific variation in the egg-spacing behavior of the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Behavior* 2 (6):727-742.
- MESSINA, F. J.; RENWICK, A. 1985. Ability of ovipositing seed beetles to discriminate between seeds with differing egg loads. *Ecological Entomology* 10 (2): 225-230.
- MIRA, A.; BERNAYS, E. A. 2002. Trade-offs in host use by *Manduca sexta*: plant characters vs natural enemies. *Oikos* 97 (3): 387-397.
- MORSE, G.; FARREL, B. 2005. Interspecific phylogeography of the *Stator limbatus* species complex: The geographic context of speciation and specialization. *Evolution* 59 (6): 1165-1388.

- ODE, P. 2006. Plant chemistry and natural enemy fitness: Effects on herbivore and natural enemy interactions. *Annual Review of Entomology* 51: 163-85.
- ODE, P. J.; ANTOLIN, M. F.; STRAND, M. R. 1996. Sex allocation and sexual asymmetries in intra-brood competition in the parasitic wasp *Bracon hebetor*. *Journal of Animal Ecology* 65 (6): 690-700.
- ROOT, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43 (1): 95-124.
- SARGENT, C. S. 1965. *Manual of trees of North America*, vol. 2. Dover Publications Inc., New York. 934 p.
- SCHOWALTER T. D. 2006. *Insect ecology*. Academic Press, Burlington. 536 p.
- SIEMENS, D. H.; JOHNSON, C. D. 1990. Host-associated differences in fitness of a seed beetle (Bruchidae): effects of plant variability. *Oecologia* 82 (3): 408-413.
- SIEMENS D. H.; JOHNSON, C. D. WOODMAN, R. L. 1991. Determinants of Host Range In Bruchid Beetles *Ecology* 72 (5): 1560-1566.
- SIEMENS, D. H.; JOHNSON, C. D.; RIBARDO, K. J. 1992. Alternative seed defense mechanisms in congeneric plants. *Ecology* 73 (6): 2152-2166.
- SIEMENS, D. H.; JOHNSON, C. D. 1992. Density-dependent egg parasitism as a determinant of clutch size in bruchid beetles (Coleoptera: Bruchidae). *Environmental Entomology* 21(3): 610-619.
- SIEMENS, D. H., B. E. RALSTON, and C. D. JOHNSON. 1994. Alternative seed defense mechanisms in a palo verde (Fabaceae) hybrid zone - effects on bruchid beetle abundance. *Ecological Entomology* 19 (4): 381-390.
- STILLWELL, R. C.; MORSE, G. E.; FOX, C. W. 2007. Geographic variation in body size and sexual size dimorphism of a seed beetle. *The American Naturalist* 170 (3): 358-369.
- VAN ZANDT, P.; MOPPER, S. 1998. A meta-analysis of adaptive deme formation in phytophagous insect populations. *The American Naturalist* 152 (4): 597-606.

Recibido: 10-oct-2009 • Aceptado: 16-nov-2010

Soil spiders in differing environments: *Eucalyptus* plantations and grasslands in the Pampa biome, southern Brazil

Arañas del suelo en ambientes diferentes: Plantaciones de *Eucalyptus* y pasturas en el bioma de Pampa, sur de Brasil

EVERTON NEI LOPES RODRIGUES^{1,2}, MILTON DE S. MENDONÇA, JR.¹, JOÃO L. O. ROSADO³
and ALCI E. LOECK³

Abstract: The Pampa biome in southern Brazil has grassland areas with high biodiversity. Given the fast advance of *Eucalyptus* silviculture over grassland areas in this biome, and the scant knowledge on the soil spider fauna in these landscapes, we aimed to provide a first view of spiders occurring there and to quantitatively evaluate differences in the spider fauna between the two environments. Study areas included five farms each with the two environments, native grassland and *Eucalyptus* plantation. Spider densities were 6.53 (± 1.01 s.e.) individuals/m² in silviculture and 3.88 individuals/m² (± 0.73) in grassland. This could be due to spiders finding more shelter sites underneath a denser silviculture litter than in the grassland where they could be more exposed, for example, to their own predators. Twenty-four spider families were captured; the most abundant and diverse were Salticidae and Linyphiidae. Nineteen families occurred in the silviculture and 21 in the grassland. For adult spiders, 51 morphospecies were determined, the most abundant being *Guaraniella mahnerti*. Adult abundance was marginally significant for environment, with silviculture areas having more spiders. Species density did not differ between environments or sites, but evenness was significantly higher for the grassland. This better balance in species abundances for spider assemblages in grasslands suggests a healthier environment compared to a monoculture. The most abundant guild was that of the running hunters. Even as a rapid spider diversity inventory, the information gathered here adds considerably to our knowledge on how this new economic upsurge in silviculture affects native environments.

Key words: Araneae. Monoculture. Richness. Rio Grande do Sul.

Resumen: El bioma de la Pampa en el sur de Brasil tiene pasturas con alta biodiversidad. Dado el rápido crecimiento del cultivo de *Eucalyptus* sobre estas áreas de pasturas y el poco conocimiento de la fauna de arañas de suelo, se planteó hacer un reconocimiento de las arañas que ocurren allí y una evaluación cuantitativa de las diferencias en esta fauna entre los dos ambientes. Las áreas de estudio incluyeron cinco fincas cada una con los dos ambientes, pasturas nativas y plantaciones de *Eucalyptus*. La densidad de arañas fue de 6,53 ($\pm 1,01$ d.e.) individuos/m² en el silvicultivo y de 3,88 individuos/m² ($\pm 0,73$) en las pasturas. Este resultado podría deberse a que las arañas encontraron más refugios bajo una capa de hojarasca más densa en el silvicultivo que en las pasturas donde pueden estar más expuestas entre otras cosas a sus depredadores. Se capturaron 24 familias de arañas, las más abundantes y diversas fueron Salticidae y Linyphiidae. Diecinueve familias se encontraron en el silvicultivo y 21 en las pasturas. Se identificaron 51 morfoespecies de arañas adultos, la más abundante es *Guaraniella mahnerti*. La abundancia de adultos fue marginalmente mayor en las áreas de silvicultivo. La densidad de especies no fue diferente entre ambientes o sitios, pero la equitatividad fue significativamente mayor para las pasturas. Este mayor balance en las abundancias de especies de los ensamblajes de arañas en las pasturas sugiere un ambiente más sano comparado con el de un monocultivo. El gremio más abundante fue el de las cazadoras cursoriales. Aun siendo un inventario rápido de la diversidad de arañas, la información obtenida aquí es un aporte significativo a nuestro conocimiento de cómo esta nueva tendencia económica en silvicultura afecta los ambientes nativos.

Palabras clave: Araneae. Monocultivo. Riqueza. Rio Grande do Sul.

Introduction

The Pampa biome has vast areas of grasslands, covering the southern half of Rio Grande do Sul state, already the southernmost state of Brazil, filling approximately 176.496 km² (IBGE 2004). Southern grasslands include areas with a high diversity of both plants and animals, with a long history of low impact pasture management under extensive cattle farming. However, its conservation has been threatened by the increased degradation caused by the inadequate use of exotic species, especially grasses, and especially by a recent economic interest in agriculture and silviculture (Pillar *et al.* 2009).

Land use (agriculture, silviculture and pasture) can degrade natural environments, reducing biodiversity, mainly

through loss of habitat (Wilcox and Murphy 1985; Primack and Rodrigues 2002). The establishment of exotic species silviculture has been a widely debated subject in southern Brazil, an activity that is known to generate strong negative impact in the original environments (Pillar *et al.* 2009). Substitution of native areas for tree monocultures may lead to continuous and irreversible biodiversity loss, either directly through species extinction, or through habitat fragmentation. Some studies suggest planted forests have also a lower productivity than most local natural habitats (Lima 1993; Bird *et al.* 2004).

Many soil organisms, as most invertebrates, are directly affected by land use mode. Arthropods are an important component of the natural diversity in any habitat (May 1986), including native grasslands and silviculture. On the soil of

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco IV, Prédio 43435, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brazil. enlrodrigues@yahoo.com.br Corresponding author. ² Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. Rua Dr. Salvador França, 1427, 90690-000 Porto Alegre, RS, Brazil. ³ Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário, s/nº, caixa postal 354, 96010-900 Pelotas, RS, Brazil.

both environments a complex system of organic matter cycling is established and leaf litter acts as food for a variety of arthropods, and as shelter for others, composing a particular food chain of detritivores and predators (Höfer *et al.* 1996). Among soil arthropods, spiders stand out as important predators (Nyffeler *et al.* 1994; Foelix 1996; Beck *et al.* 1997), with a role in checking the balance of such edaphic/litter communities (Bultman and Uetz 1982; Toti *et al.* 2000).

Few literature sources have studied the edaphic fauna of the eucalypt monoculture, comparing it to other environments, and mostly such comparisons address native forests (Ferreira and Marques 1998; Pellens and Garay 2000; Moço *et al.* 2005; Lo-Man-Hung *et al.* 2008). Besides, usually species lists of groups as Araneae are not provided, with the exception of Rinaldi (2005) recording the spider fauna of a silviculture area.

Evaluations of diversity, richness and invertebrate species composition, especially arthropods, can help understand the dynamics of these introduced habitats. It is thus fundamental for wide scale planning of environmental management and conservation of all habitats composing a landscape. Given the advance of eucalypt silviculture activities over the grassland ecosystem of the Pampa biome, we aimed to evaluate the abundance, species richness, and foraging guild proportions and species composition for soil spiders comparing both environments.

Material and Methods

Study areas. Sampling took place in three municipalities of the southern region of Rio Grande do Sul state of Brazil, within the Pampa biome. Five farms were sampled in the summer of 2008: in Cerrito municipality, Nossa Senhora do Guadalupe (NG) farm (31°77'56.57"S, 52°64'53.32"W; 208 ha of planted area; 440 ha of total area, sampled in 03/01/2008) and Pitangueiras (PI) farm (31°79'38.57"S, 52°53'50.51"W; 101 ha of planted area; 230 ha of total area, sampled in 24/01/2008); in Capão do Leão municipality, Ouro Verde (OV) farm (31°57'55.40"S, 52°51'42.73"W; 125 ha of planted area; 297 ha of total area, sampled in 15/01/2008); in Piratini municipality, Santa Isabel (SI) farm (31°56'50.95"S, 52°88'20.48"W; 145 ha of planted area; 330 ha of total area, sampled in 14/02/2008) and Santa Maria (SM) farm (31°56'58.01"S, 53°17'06.13"W; sampled in 21/02/2008). Silviculture was based on *Eucalyptus saligna* Smith planted in 2006. Grassland areas are managed lightly by releasing cattle infrequently for use as pasture.

Sampling method and design. For each farm a native grassland and eucalypt plantation area were designated. From each area 25 samples were taken, distributed along a linear transect. To avoid edge effects, samples were at least 50 m far from the limits between the areas, and to guarantee a degree of independence between samples, there were also at least 50 m between consecutive sampling areas. For each sample all leaf litter and a small superficial fraction of the soil was taken from an area of 1 m². The material was put through a field sieve, with the content transferred to closed nylon bags. These were taken to the lab where bag content was placed in Winkler extractors, where it stayed for 72h to collect the animals. Spiders were identified in the Laboratório de Aracnologia and deposited in the spider collection (curator: E. H. Buckup) of Museu de Ciências Naturais de Fundação Zoológica do Rio Grande do Sul, in Porto Alegre, Brazil.

Data analysis. Diversity variables were compared using PAST (Paleontological Statistics 1.97, Hammer and Harper 2009), with environment (eucalypt plantation or native grassland) and site (farms) as factors. Alpha diversity (abundance, richness and equability) was compared at the family and species levels using two-way ANOVAs. To illustrate spider species composition comparisons two ordinations were plotted (Non-metric MultiDimensional Scaling - nMDS) using a qualitative similarity index (Simpson) and a quantitative one (Morisita). To test for statistical differences among spider assemblage composition for the above similarity indexes, we applied two one-way ANOSIM (Analysis of Similarities) with Bonferroni correction, one for each factor. A SIMPER Analysis (Percentage Similarity) was employed to rank species contributing more for dissimilarities among environments and sites (Clarke and Warwick 1994). Species accumulation curves and analytical species richness estimator Chao1 were calculated to verify sampling sufficiency, as suggested by Toti *et al.* (2000). We used EstimateS 8.0 (Colwell 2005) with 500 randomizations.

Guild classification was based on Uetz *et al.* (1999), Höfer and Brescovit (2001) and Rodrigues *et al.* (2009), where all captured spiders, separated by family, were grouped as weavers, divided between orb weavers - ORB (build bidimensional webs) and space web sheet builders - SPW (build tridimensional webs) or as hunters, divided between hunting runners - HRU (search actively for prey) and hunting ambushers/stalkers - HAS (do not build webs but sit-and-wait for prey). Comparisons of guild proportions among environments and sites used a two-way ANOVA (with data arcsine transformed).

Results

Overall 1.301 spiders were found, mostly immatures (76.4%). Among adults, females were more common (77.5%) than males (22.5%) (a sex ratio of 1:3.5). A higher absolute abundance characterised the eucalypt plantation with 816 individuals, whilst grassland resulted in 485 spiders. Thus, spider densities were 6.53 (± 1.010 s.e.) individuals.m⁻² in eucalypt, and 3.88 individuals.m⁻² (± 0.731 s.e.) in grassland. Out of 125 samples, seven did not record spiders in eucalypts and 21 in the grassland; the highest number of spiders in a sample was 36 individuals for eucalypt and 27 for grassland.

Twenty-four spider families were captured, of which eleven were represented only by juveniles; the most abundant were: Salticidae (N = 276), Linyphiidae (230), Gnaphosidae (185), Theridiidae (124) and Lycosidae (116); the least abundant were Nemesiidae, Oonopidae, Senoculidae and Sparassidae, all with singletons. Of the five most abundant families, four were more abundant in eucalypt, the exception being Lycosidae, found more in the grasslands (Table 1). Nineteen families occurred in eucalypt and 21 in grassland. Three were exclusive to eucalypt, five to grassland. Six families were recorded from all sites and both environments (Table 1).

Analyses at the familial level (i.e. including young spiders) showed average abundance to differ significantly between environments, with more individuals found in eucalypt plantations ($F_{1,4} = 13.83$, $P = 0.020$). Surprisingly, differences in family density among sites are marginally significant ($F_{4,4} = 6.00$, $P = 0.055$; Fig. 1), indicating a possible founder effect. No differences in evenness among families were detected between environments or among sites.

Table 1. Number of individuals (adults and young) per family and guilds found in the two environments (eucalypt plantations and grassland), in the Pampa biome, southern Brazil (ORB, Orb weavers; SPW, Space web sheet builders; HAS, Hunting - Ambushers/stalkers; HRU, Hunting - Runners; NG, Nossa Senhora do Guadalupe farm; OV, Ouro Verde farm; PI, Pitangueiras farm; SI, Santa Izabel farm; SM, Santa Maria farm).

Families	Guilds	Eucalypt					Total Euc	Grassland					Total Grass	Total	%
		NG	OV	PI	SI	SM		NG	OV	PI	SI	SM			
Salticidae	HRU	31	51	28	20	29	159	15	24	23	23	32	117	276	21.21
Linyphiidae	SPW	18	18	25	19	64	144	15	2	34	23	12	86	230	17.68
Gnaphosidae	HRU	18	36	28	21	31	134	2	22	3	19	5	51	185	14.22
Theridiidae	SPW	20	30	13	15	5	83	7	10	12	9	3	41	124	9.53
Lycosidae	HRU	2	8	17	17	10	54	9	11	16	16	10	62	116	8.92
Miturgidae	HRU	5	17	4	12	13	51	2	3	4	2	5	16	67	5.15
Corinnidae	HRU		13	11	7	9	40	3	1	10	5	3	22	62	4.77
Hahniidae	SPW	3	4	3	6	24	40		6	2	2	6	16	56	4.3
Thomisidae	HAS	8	1	9	5		23	2	2	6	10	5	25	48	3.69
Titanoecidae	SPW	10	9	1	1	10	31		4	1			5	36	2.77
Araneidae	ORB		7	1	3		11	4	2	1	1	2	10	21	1.61
Zodariidae	HRU	11		4			15	1				1	2	17	1.31
Anyphaenidae	HRU		1	2		3	6	1	3			5	9	15	1.15
Philodromidae	HAS	1		6			7	1		1		3	5	12	0.92
Amaurobiidae	SPW	1		2	3	1	7		1				1	8	0.61
Ctenidae	HAS	3	1			2	6	1		1			2	8	0.61
Oxyopidae	HAS								2	2	2		6	6	0.46
Palpimanidae	HRU							2				2	4	4	0.31
Mysmenidae	ORB									3			3	3	0.23
Tetragnathidae	ORB			3			3							3	0.23
Nemesiidae	HAS									1			1	1	0.08
Oonopidae	HRU					1	1							1	0.08
Senoculidae	HAS				1		1							1	0.08
Sparassidae	HAS									1			1	1	0.08
Sub-total		131	196	157	130	202		65	93	121	112	94		1301	100
Total				816						485					

For adult spiders, 51 morphospecies were determined, the most abundant being *Guaraniella mahnerti* Baert, 1984 ($N = 42$), *Thymoites* sp. (34), *Smermisia vicosana* (Bishop and Crosby, 1938) (24) and *Hisukattus tristis* (Mello-Leitão 1944) (23) (Table 2). Twenty morphospecies were singletons and eight were doubletons, comprising 55% of the sampled species (Table 2). The richest families in morphospecies were Salticidae (12), Linyphiidae (11) and Theridiidae (8), independently of environment. *Thymoites* sp. was the only morphospecies recorded from all sampled sites.

Each environment totalled 35 morphospecies, and thus no sample-based rarefaction was employed to distinguish environments. However, the Chao1 estimator indicated an expected 40.63 species for eucalypt, which would mean 86.1% of the spider fauna have been sampled for that environment. Figures for grassland were somewhat different with 47 species expected, meaning 74.5% of the fauna sampled. However, the estimated values do not differ significantly between environments (considering confidence intervals).

Adult abundance was marginally significant for environment ($F_{1,4} = 7.50$; $P = 0.052$), with eucalypt areas having more spiders (Fig. 2A); no differences were found among sites. Species density (Fig. 2B) did not differ between either environments or sites, but evenness was significant for environ-

ment ($F_{1,4} = 14.65$; $P = 0.019$), being higher in grassland (Fig. 2C). Consequently, abundance distribution curves showed higher dominance by a few species in eucalypt with more rare species in grasslands as well. Curves for both environments significantly approximated the log-series model (eucalypt: $\alpha = 12.42$, $x = 0.94$, $\chi^2 = 2.66$; $P = 1.00$; grassland: $\alpha = 17.46$, $x = 0.86$, $\chi^2 = 3.68$; $P = 0.99$ Fig. 3). Higher abundance in eucalypt and identical species densities means significantly higher species richness for grasslands under individual-based rarefaction (Fig. 4).

More than 37% of the species were common to both environments and the two most common species on each environment were the same. Sixteen species were exclusive to each environment, probably due to the large number of singletons and doubletons in the sample. This amount of exclusivity sets the two environments apart and thus differences in species composition are significant between the two environments for the qualitative index (Simpson, ANOSIM: $R = 0.248$; $P = 0.049$; this significance is just lost when singletons are excluded from the analysis). However, taking species abundance into consideration renders this difference insignificant, as the quantitative index shows (Morisita: $R = -0.116$; $P = 0.776$). There is no apparent founder effect in terms of species composition, since no difference among sites was found

Table 2. Number of individuals (adults) in spider morphospecies and diversity values for the two environments (eucalypt plantation and grassland) in the Pampa biome, southern Brazil (NG, Nossa Senhora do Guadalupe farm; OV, Ouro Verde farm; PI, Pitangueiras farm; SI, Santa Izabel farm; SM, Santa Maria farm).

Family	Morphospecies	Eucalypt					Total	Grassland					Total	Total	%
		NG	OV	PI	SI	SM	Euc	NG	OV	PI	SI	SM	Grass		
Anyphaenidae	Anyphaenidae indet.								1				1	1	0.33
	<i>Osoriella</i> sp.											1	1	1	0.33
Araneidae	<i>Alpaida rioja</i> Levi, 1988								1				1	1	0.33
	<i>Gea heptagon</i> (Hentz, 1850)										1		1	1	0.33
Corinnidae	<i>Castianeira</i> sp.					1	1							1	0.33
	<i>Meriola cetiformis</i> (Strand, 1908)		1	1	1		3							3	0.98
	<i>Meriola foraminosa</i> (Keyserling, 1891)		2				2							2	0.65
Gnaphosidae	<i>Camillina pulchra</i> (Keyserling, 1891)		1	1			2		1		1		2	4	1.30
	<i>Camillina</i> sp.		3				3							3	0.98
Hahniidae	Hahniidae indet.				1	1	2		1		1		2	4	1.30
	<i>Neohahnia</i> sp.	2	1	1	1	4	9		4	1	1	1	7	16	5.21
Linyphiidae	<i>Erigone</i> sp.1		2		1	7	10	2		1	7	1	11	21	6.84
	<i>Erigone</i> sp.2									1		1	2	2	0.65
	<i>Labicymbium</i> sp.					5	5	1		2	1		4	9	2.93
	<i>Psilocymbium lineatum</i> (Millidge, 1991)		1				1							1	0.33
	Linyphiidae indet.							1					1	1	0.33
	<i>Sphecozone</i> sp.1										1		1	1	0.33
	<i>Sphecozone</i> sp.2		4		2		6							6	1.95
	<i>Scolecurea parilis</i> Millidge, 1991	2	4	3	8	1	18			1	1		2	20	6.51
	<i>Smermisia vicosana</i> (Bishop & Crosby, 1938)	10				8	18	1		1	2	2	6	24	7.82
	<i>Tutaibo</i> sp.1		1				1							1	0.33
	<i>Tutaibo</i> sp.2		1				1							1	0.33
Lycosidae	<i>Hogna</i> sp.		1	2			3							3	0.98
	<i>Lycosa</i> sp.					1	1				1		1	2	0.65
	Lycosidae indet.								1		1		2	2	0.65
Miturgidae	<i>Cheiracanthium inclusum</i> (Hentz, 1847)				1		1							1	0.33
	<i>Teminius insularis</i> (Lucas, 1857)				1	1	2		1			1	2	4	1.30
Oxyopidae	<i>Oxyopes salticus</i> Hentz, 1845									2			2	2	0.65
Salticidae	<i>Euophrys</i> sp.1		9		1		10	1	3				4	14	4.56
	<i>Euophrys</i> sp.2		1	1	1	1	4							4	1.30
	<i>Freya</i> sp.		2				2					1	1	3	0.98
	<i>Hisukattus tristis</i> (Mello-Leitão, 1944)	1	5	1	2	5	14		2	6	1		9	23	7.49
	<i>Neonella</i> aff. <i>minuta</i>		1	7			8							8	2.61
	<i>Paradescanso</i> sp.									1			1	1	0.33
	Salticidae indet.1		2		3		5		1		1	1	3	8	2.61
	Salticidae indet.2				1		1							1	0.33
	Salticidae indet.3											1	1	1	0.33
	<i>Sarinda</i> sp.	1	1				2				1		1	3	0.98
	<i>Sassacus</i> sp.										1		1	1	0.33
	<i>Tullgrenella serrana</i> Galiano, 1970	1					1							1	0.33
Theridiidae	<i>Cryptachaea pinguis</i> (Keyserling, 1886)		1				1							1	0.33
	<i>Dipoena granulata</i> (Keyserling, 1886)									1			1	1	0.33
	<i>Euriopis</i> sp.1				2		2							2	0.65

(Continúa)

Family	Morphospecies	Eucalypt					Total Euc	Grassland					Total Grass	Total	%
		NG	OV	PI	SI	SM		NG	OV	PI	SI	SM			
	<i>Euriopsis</i> sp.3								2				2	2	0.65
	<i>Euriopsis spinifera</i> (Mello-Leitão, 1944)				1		1				1		1	2	0.65
	<i>Guaraniella mahnerti</i> Baert, 1984	11	3	1	10	1	26	5	4	5	2		16	42	13.68
	<i>Thymoites</i> sp.	1	13	4	1	1	20	2	4	2	4	2	14	34	11.07
Thomisidae	Thomisidae indet.1	1		2		1	4			2			2	6	1.95
	Thomisidae indet.2											1	1	1	0.33
Titanoecidae	<i>Goeldia</i> sp.		1	1	1	2	5		3	1			4	9	2.93
	Total	30	61	25	39	40	195	14	28	27	29	12	110	307	100
	Richness (adults)				35						35				
	Chao1				40.63±4.48						47±7.16				
	Shannon-Wiener				3.049						3.073				
	Simpson				0.935						0.9324				
	Evenness				0.6027						0.6276				

for any index. Figure 5 illustrates species composition differences among environments and sites. The contribution of the most representative species in each environment to dissimilarity (SIMPER) between environments is presented in Table 3. *Guaraniella mahnerti* (percentage contribution: 7.75%) and *Smermisia vicosana* (6.85%) were the most important ones.

The most abundant guild was the running hunters (N = 743), followed by irregular web builders (454) ambush hunters (77) and especially orbicular web builders (27) were relatively rare (Fig. 6). No differences were found in the proportion represented by each guild, either between environments (two-way ANOVA, interaction term: $F_{3,32} = 1.547$ $p = 0.221$) or sites (two-way ANOVA, interaction term: $F_{12,20} = 0.789$ $p = 0.656$).

Discussion

This is the first record of the spider fauna comparing eucalypt silviculture and grasslands in the Pampa biome of Brazil. Most of the studies compare eucalypt plantation to native

forests; among such comparisons, generalizing for soil arthropod fauna, a lower species richness and/or abundance is found in silviculture (Ferreira and Marques 1998; Pellens and Garay 2000; Moço *et al.* 2005; Lo-Man-Hung *et al.* 2008).

The above sources differ somewhat from what we found in southern Rio Grande do Sul; a higher abundance was found in a monoculture (eucalypt) and species density was identical between eucalypt and grassland, although richness per se was higher in the latter. These two environments differ in other aspects as well, with grasslands showing higher heterogeneity in their spider assemblages and species composition quantitatively distinct. Higher structural vegetation complexity is known to lead to higher spider diversity, thanks to a larger number of microhabitats for web building and shelter (Souza 2007; Rypstra *et al.* 1999). The only sense in which native grassland have higher heterogeneity compared to eucalypt silviculture is in terms of plant species richness, but its effect seem too indirect to explain patterns in spider distribution.

In the eucalypt plantation the amount of litter can be higher due to a larger plant biomass. Litter can soften extreme abiotic factors (Uetz 1979; Höfer *et al.* 1996), and in silviculture spiders could more easily find shelter and a substrate, whereas in the grassland they would be more exposed to predators. A low organismal diversity due to lower nutrient amount and cycling in the litter has been described for eucalypt plantations (Majer and Recher 1999), however, these factors do not seem to influence spider abundance given the versatility of such opportunistic and generalist organisms (Foelix 1996). Because the plantation areas studied here were recent, with time it may be expected that abundance and species density could even increase more, depending on litter dynamics.

At the litter level, the grassland environment also suffers stronger disturbances, as higher light intensity, higher wind speeds and direct rainfall, among others. Some or all of these abiotic factors could lead to a lower abundance in the grassland, either through stronger hygrothermal stress to spiders, damages to webs, or both. These effects in turn can influence not only spider survival and reproduction but also important behaviors as those involved in environment choice (Wise 1993).

Family composition showed dissimilarity with higher richness and more exclusive families recorded in the grassland.

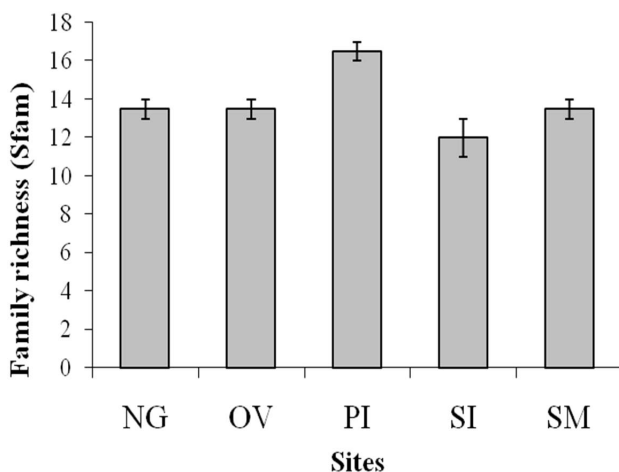


Figure 1. Family spiders richness (adults and young, $\pm$ s.e.) in the five farms of the Pampa biome, southern Brazil (NG, Nossa Senhora do Guadalupe farm; OV, Ouro Verde farm; PI, Pitangueiras farm; SI, Santa Izabel farm; SM, Santa Maria farm). Differences among farms are marginally significant ($p < 0.055$).

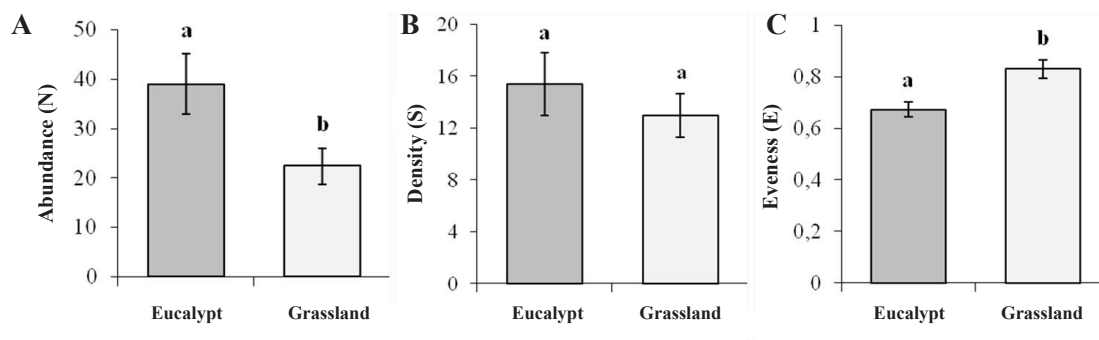


Figure 2. Adult spider diversity in two environments (eucalypt plantation and grassland) in the Pampa biome, southern Brazil. (A) Abundance. (B) Species Density. (C) Evenness (letters indicate significant differences, $P < 0.05$).

Rinaldi (2005) studied a eucalypt plantation in Botucatu, São Paulo state, Brazil, recording 17 families at different strata, finding only seven for soil; here we report 19. Six families were shared between theirs and our inventory, Caponiidae was exclusive to the Botucatu study and six were exclusive to southern Rio Grande do Sul. No Mygalomorphae was recorded for eucalypt silviculture in either inventory, but we recorded family Nemesiidae for grassland.

Comparing the araneofauna in this study to other work within the Pampa biome is all but impossible given the absence of publications with the same aim. In Rodrigues *et al.* (2009) we compared the araneofauna of a grassland environment similar to the one reported here against a rice agroecosystem, but at a smaller scale, using a fairly isolated area and a different method (sweeping net): 12 families were found in that case. We report Salticidae as the most abundant family, Rodrigues *et al.* (2009) recorded Oxyopidae as the most abundant in grasslands near rice.

Some species are worth mentioning for their habitat use. *Teminius insularis* (Lucas, 1857) was found here from both environments; Lo-Man-Hung *et al.* (2008) sampled it from pitfall-traps in eucalypt plantations from Amazonia, not finding it either in primary or secondary forests. Rinaldi (2005) recorded this species in edges and interior of eucalypt plantation using sweeping nets. *Cheiracanthium inclusum* Hentz, 1847 is a species commonly found in agroecosystems (Young

and Edwards 1990), and here indeed it occurred only in the monoculture; Rinaldi (2005) recorded it from the edge between eucalypt plantation and in the grassland. Rodrigues *et al.* (2009) sampled *Oxyopes salticus* more from the grassland than in a rice agroecosystem, in here it occurred only in the grassland as well. These spiders could act in the biological control of pest insects in the monoculture as suggested by Rinaldi (2005), however, they may need the grassland as a refuge because of eucalypt silvicultural management practices acting as infrequent but strong environmental disturbances.

Spiders are usually among the first organisms to occupy altered or recently formed habitats, actively participating in community succession processes (Uetz *et al.* 1999). Grassland, as the natural environment usually surrounding the disturbed area, may serve as the origin for predators (among those the araneofauna) colonizing silviculture, a pattern already suggested by Plagens (1983). However, the low similarity between the faunas of the two environments suggests otherwise. Silviculture selectivity in regard to spider species seems to be high given the low degree of nesting of the two faunas. Possibly, rare spider species inhabiting grassland can readily adapt to silviculture, although it should be noted that plantation areas are not too long, and thus a longer time may influence the fauna in silviculture so as to change the observed patterns in still unpredictable ways. Clearly, long term monitoring of such faunas is necessary to better understand such processes.

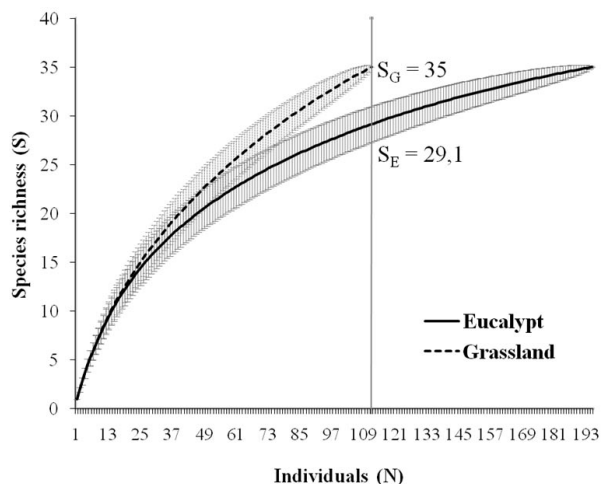


Figure 3. Individual-based rarefaction curves for the two environments (eucalypt and grassland) in the Pampa biome, southern Brazil (S_G , grassland richness; S_E , eucalypt richness; numbers indicate richness at the comparison point).

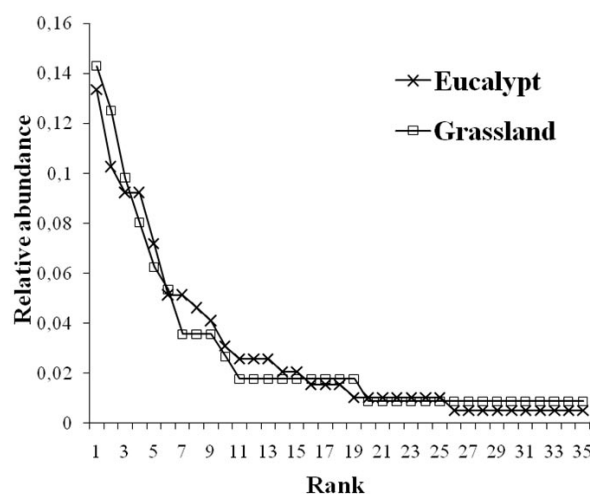


Figure 4. Species abundance distribution in two environments (eucalypt and grassland) in the Pampa biome, southern Brazil (relative abundances shown to allow visual comparison).

Table 3. SIMPER analysis for the first ten species contributing more for dissimilarities between the two environments (eucalypt plantation and grassland) in the Pampa biome, southern Brazil.

Taxon	Contribution*	Accumulative % [#]	Mean abund. [†] Eucalypt	Mean abund. [†] Grassland
<i>Guaraniella mahnerti</i>	7.758	11.03	5.2	3.2
<i>Smermisia vicosana</i>	6.857	20.79	3.6	1.2
<i>Scolecurea parilis</i>	5.399	28.47	3.6	0.4
<i>Thymoites</i> sp.	4.835	35.34	4	2.8
<i>Erigone</i> sp.1	4.21	41.33	2	2.2
<i>Hisukattus tristis</i>	3.982	46.99	2.8	1.8
<i>Neonella</i> aff. <i>minuta</i>	3.272	51.65	1.6	0
<i>Euophrys</i> sp.1	3.17	56.16	2	0.8
<i>Labicymbium</i> sp.	2.448	59.64	1	0.8
<i>Neohahnia</i> sp.	2.188	62.75	1.8	1.4
Overall average dissimilarity: 70.31				

* species percentage contribution to dissimilarity; # cumulative dissimilarity between environments; † mean species abundance per transect on each environment.

Although it is known that distinct environments and microenvironments are selective in terms of spider hunting guilds as well as families and species (Uetz 1979; Uetz *et al.* 1999; Toti *et al.* 2000; Whitmore *et al.* 2002), guild composition too was very similar between environments, with cursorial hunters predominating. Rinaldi (2005) also recorded hunters as the most abundant guild in the eucalypt plantation soil. The nearly absence of a shrub layer in the eucalypt plantation and a predominance of herbs in the grassland means a lack of physical structures for orbicular web building, which would appear as tourists on the soil anyway. However, irregular web builders can be successful even without tridimensional structures appropriate for orbiculars, either in the grassland

or plantation. This would explain the marked abundance of hunters and irregular web builders in the two environments.

Even a rapid spider diversity inventory can produce information on the main ecological aspects of such an assemblage. Data presented here can help direct future studies focusing on the changes brought to the grassland environment and the whole Pampa biome given the strong efforts to occupy these areas with exotic silviculture. Long term studies, especially, may permit solving the puzzles found here, to better understand the relationship between native and introduced environments, perhaps to help minimize the impacts brought by human disturbance.

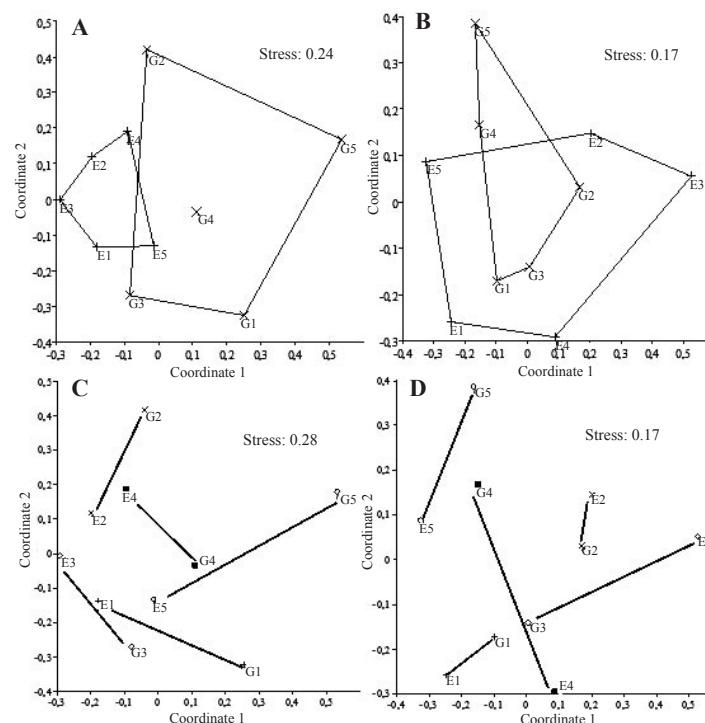


Figure 5. Ordination of spider faunal composition for environments and farms - Non-Metric MultiDimensional Scaling (nMDS, using qualitative and quantitative similarity indexes) - in the Pampa biome, southern Brazil. **A** Environments, Simpson index. **B** Environments, Morisita index. **C** Farms, Simpson index. **D** Farms, Morisita index. (E, Eucalypt plantation; G, Grassland; numbers indicate different farms as ordered in Figure 2).

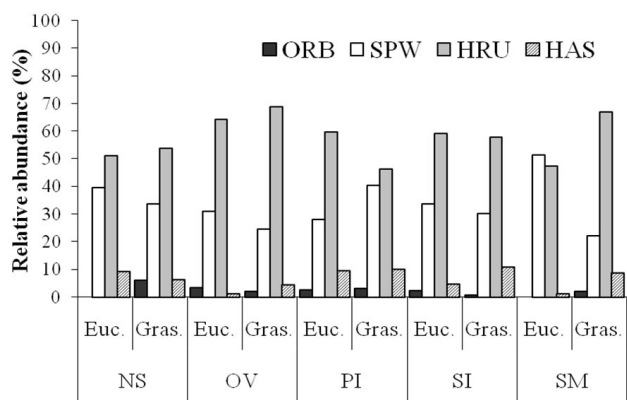


Figure 6. Spider feeding guilds for the two environments (eucalypt plantation and grassland) on each farm in the Pampa biome, southern Brazil (ORB, Orb weavers; SPW, Space web sheet builders; HAS, Hunting - Ambushers/stalkers; HRU, Hunting - Runners; NG, Nossa Senhora do Guadalupe farm; OV, Ouro Verde farm; PI, Pitangueiras farm; SI, Santa Izabel farm; SM, Santa Maria farm).

Acknowledgements

To Erica H. Buckup (curator of the Araneae collection) and Maria A. L. Marques for access to spider material and bibliography and the direction of MCN by permitting the first author to develop part of this work at its dependences. This study was supported by CNPq (process 140586/2007-5 for E. N. L. Rodrigues from Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Literature cited

- BECK, L.; HÖFER, H.; MARTIUS, C.; RÖMBKE, J.; VERHAAGH, M. 1997. Bodenbiologie tropischer Regenwälder. *Geographische Rundschau* 49(1): 24-31.
- BIRD, S. D.; COULSON, R. N.; FISHER, R. F. 2004. Changes in soil and litter arthropod abundance following tree harvesting and site preparation in a loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation. *Forest Ecology and Management* 202: 195-208.
- BULTMAN, T. L.; UETZ, G. W. 1982. Abundance and community structure of forest floor spider following litter manipulation. *Oecologia* 55: 34-41.
- COLWELL, R. K. 2005. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5.1. University of Connecticut, USA. Available at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. 1994. Change in Marine Communities. UK, National Research Council. 144 p.
- FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. 1998. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27(3): 359-403.
- FOELIX, R. F. 1996. Biology of spiders. New York, Oxford University Press. 336p.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T. 2009. Past: Paleontological Statistics. Version 1.97. Available at: <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- HÖFER, H.; BRESOVIT, A. D. 2001. Species and guild structure of a Neotropical spider assemblage (Araneae) (Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brazil). *Andrias* 15: 99-120.
- HÖFER, H.; MARTIUS, C.; BECK, L. 1996. Decomposition in an Amazonian rainforest after experimental litter addition in small plots. *Pedobiologia* 40: 70-76.
- IBGE, 2004. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. Available at: <http://www.ibge.gov.br>.
- LIMA, W. P. 1993. Impacto ambiental do eucalipto. 2ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. 302 p.
- LO-MAN-HUNG, N. F.; GARDNER, T. A.; RIBEIRO-JÚNIOR, M. A.; BARLOW, J.; BONALDO, A. B. 2008. The value of primary, secondary, and plantation forests for Neotropical epigeic arachnids. *Journal of Arachnology* 36: 394-401.
- MAJER, J. D.; RECHER, H. F. 1999. Are eucalypts Brazil's friend or foe? An entomological viewpoint. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28(2): 185-200.
- MAY, R. M. 1986. The search for patterns in the balance of nature: Advances and retreats. *Ecology* 67: 1115-1126.
- MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. 2005. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29: 555-564.
- NYFFELER, M.; STERLING, W. L.; DEAN, D. 1994. A Insetivorous activities of spiders in United States field crops. *Journal of Applied Entomology* 118: 113-128.
- PELLENS, R.; GARAY, I. 2000. Edaphic macroarthropod communities in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid (Myrtaceae) and *Acacia mangium* Wild (Leguminosae) in Brazil. *European Journal of Soil Biology* 35: 77-89.
- PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. 2009. Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, MMA. 403 p.
- PLAGENS, M. J. 1983. Population of *Misumenops* (Araneida: Thomisidae) in two Arizona cotton fields. *Environmental Entomology* 12: 572-575.
- PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. 2002. Biologia da conservação. Londrina, Editora Planta. viii+328p.
- RINALDI, I. M. P. 2005. Spiders of a young plantation of eucalypt: diversity and potential predator of the most frequent arboreal species. *Acta Biológica Paranaense* 34: 1-13.
- RODRIGUES, E. N. L.; MENDONÇA, JR., M. S.; OTT, R. 2009. Spider diversity in a rice agroecosystem and adjacent areas in southern Brazil. *Revista Colombiana de Entomologia* 35(1): 78-86.
- RYPSTRA, A. L.; CARTER, P. E.; BALFOURD, R. A.; MARSHALL, S. D. 1999. Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spiders inhabitants. *Journal of Arachnology* 27: 371-377.
- SOUZA, A. L. T. 2007. Influência da estrutura do habitat na abundância e diversidade de aranhas. In: GONZAGA, M. O.; SANTOS, A. J.; JAPYASSÚ, H. F. eds. Ecologia e comportamento de aranhas. Rio de Janeiro, Interciência Editora, p.25-44.
- TOTI, D. S.; COYLE, F. A.; MILLER, J. A. 2000. A structured inventory of Appalachian Grass Bald and Heath Bald spider assemblages and a test of species richness estimator performance. *Journal of Arachnology* 28: 329-345.
- UETZ, G. W. 1979. The influence of variation in litter habitats on spider communities. *Oecologia* 40: 29-42.
- UETZ, G. W.; HALAJ, J.; CADY, A. B. 1999. Guild structure of spiders in major crops. *Journal of Arachnology* 27: 270-280.
- WHITMORE, C.; SLOTO, R.; CROUCH, T. E.; DIPPERNAAR-SCHOEMAN, A. S. 2002. Diversity of spiders (Araneae) in a savanna reserve, Northern Province, South Africa. *Journal of Arachnology* 30: 344-356.
- WILCOX, B. A.; MURPHY, D. D. 1985. Conservation strategy: the effects of the fragmentation on extinction. *The American Naturalist* 125: 879-887.
- WISE, D. H. 1993. Spiders in ecological webs. Cambridge, Cambridge University Press. xiii+328p.
- YOUNG, O. P.; EDWARDS, G. B. 1990. Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. *Journal of Arachnology* 18(1): 1-27.

Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia)

Assemblage of Coprophagous Beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Tropical Dry Forest in Bahia Concha, Santa Marta (Colombia)

JEISON BARRAZA M.¹, JENILEE MONTES F.¹, NEIS MARTÍNEZ H.² y CUAUHTÉMOC DELOYA³

Resumen: En un paisaje de bosque tropical seco, en la ensenada de Bahía Concha, Santa Marta, Colombia, se evaluó la variación espacio-temporal del ensamblaje de coleópteros coprófagos asociados a tres zonas con diferente grado de intervención antrópica. Se realizaron muestreos mensuales desde marzo hasta octubre del 2008, utilizando trampas de caída, cebadas con excremento humano. Se calculó la riqueza, abundancia, diversidad y la variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad. Se capturaron 24.571 individuos pertenecientes a 22 especies. La especie dominante fue *Canthidium* sp. con 7.860 individuos. El bosque tropical seco antropizado y el pastizal presentaron la mayor riqueza (20) y abundancia (9.644 y 11.330 respectivamente); mientras que en la zona de bosque conservado se reportan 3.567 individuos agrupados en 17 especies. Temporalmente, mayo presentó un mayor número de capturas (5.139) y marzo la menor (151). El ANOSIM ($p < 0,05$), demostró que existe un patrón temporal en la comunidad debido a la precipitación, lo que está asociado a los cambios que se producen en el suelo y en la mayor disponibilidad y composición del recurso alimenticio. Los resultados demuestran la sensibilidad del gremio ante distintos niveles de intervención antrópica y la relación directa de la precipitación con el ensamblaje de coleópteros coprófagos en el área de estudio.

Palabras clave: *Canthidium*. Intervención antrópica. Patrón de nidificación.

Abstract: In a tropical dry forest landscape, in the inlet of Bahia Concha, Santa Marta, Colombia, we evaluated the spatio-temporal variation in the assemblage of coprophagous coleopterans associated with three zones with different degrees of anthropogenic disturbance. Samples were collected monthly from March to October 2008 using pitfall traps baited with human excrement. We calculated the richness, abundance and spatio-temporal variation of the structure of the community. We captured a total of 24,571 individuals belonging to 22 species. The dominant species was *Canthidium* sp, with 7,860 individuals. The disturbed tropical dry forest and the grassland had the highest richness (20) and abundance (9,644 and 11,330); while in the conserved forest area 3,567 individuals grouped in 17 species were reported. Temporally, May presented the greatest number of captures (5,139) and March the least (151). The ANOSIM ($p < 0.05\%$) demonstrated that there is a temporal pattern in the community owing to precipitation, which is associated with changes that are produced in the soil and in the greater availability and composition of the food resource. The results demonstrate the sensitivity of the guild to different levels of anthropogenic disturbance and the direct relationship of precipitation with the assemblage of coprophagous coleopterans in the study area.

Key words: *Canthidium*. Anthropogenic disturbance. Nesting pattern.

Introducción

El bosque tropical seco (BTs) se considera entre los ecosistemas más degradados, fragmentados y menos conocido en Colombia y actualmente solo representa el 3% de la cobertura original; debido en gran parte a la expansión de las fronteras agrícolas y al sobrepastoreo, disminuyendo la extensión del hábitat original (IAvH 1998).

Este panorama se observó en la ensenada de Bahía Concha, Santa Marta, Colombia, donde se presenta una reducción del hábitat original, debido al aumento de las zonas de pastoreo, agricultura y entresacado de madera, lo que ha generado una alteración del paisaje y un posible cambio en el ensamblaje de grupos faunísticos. Por lo cual, se hace urgente determinar el estado de estos bosques considerando el gremio de los escarabajos coprófagos Scarabaeidae, Scarabaeinae. Este grupo es considerado en la región Neotropical como el principal reciclador del excremento de mamíferos omnívoros y herbívoros, cuyos nutrientes son reincorporados a la cadena

alimenticia o al ciclo de nutrientes (Howden y Young 1981; Escobar y Chacón 2000). Además, participan en la aireación del suelo, la dispersión secundaria de semillas y como agentes de control biológico de parásitos presentes en las heces (Halffter 1959; Hanski y Camberfort 1991), debido a que al enterrar el estiércol impiden que los dípteros ovipositen y puedan multiplicarse, contribuyendo de esta forma al control de la diseminación de enfermedades infectocontagiosas (Tapia 2005). Por otro lado, estos insectos son importantes en estudios de biodiversidad por ser sensibles a perturbaciones que alteren tanto la estructura como el microclima del hábitat (Halffter y Matthews 1966; Nealis 1977; Doube 1991).

Los estudios sobre Scarabaeinae en el BTs de la costa Caribe colombiana son escasos. Se tiene el inventario del bosque seco al norte del Tolima (Escobar 1997) y el listado de especies de Santa Marta (Jiménez *et al.* 2008), y la diversidad de los Scarabaeinae en la Cuenca del Río Gaira (Martínez *et al.* 2009). Sin embargo, la composición y estructura de los escarabajos coprófagos en las estribaciones de la Sierra Ne-

¹ Est. Biología, Semillero Investigación Insectos (NEOPTERA) del Caribe colombiano. Grupo Biodiversidad del Caribe colombiano. Programa de Biología, Universidad del Atlántico. Ciudadela Universitaria, km 7, Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia. jeisonbarraza@gmail.com ² Docente investigador. Grupo Biodiversidad Del Caribe. Programa de Biología, Universidad del Atlántico, Ciudadela Universitaria, km 7, Vía Puerto Colombia. Barranquilla - Colombia. neisjosmartinez@yahoo.es, neismartinez@email.uniatlantico.edu.co ³ Ph.D., Instituto de Ecología, A.C. (Red Interacciones Multitróficas). Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México. cuauhtemoc.deloya@inecol.edu.mx. Autor para correspondencia.

vada de Santa Marta no ha sido documentada. Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la variación espacio-temporal del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) en un paisaje de bosque tropical seco en la ensenada de Bahía Concha, Santa Marta, Colombia.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la finca Villa Concha (11°18'120"N, 74°08'824"O), donde se ubican fragmentos típicos del bosque tropical seco, en la formación costera de la SNSM, departamento del Magdalena, norte de Colombia (Fig. 1). En el BTs predominan en su composición las familias Bignoniaceae, Bombacaceae, Cactaceae, Capparidaceae, Fabaceae y Rubiaceae (Holdridge *et al.* 1971). Las especies características son *Prosopis juliflora* (Sw.) DC; *Ficus* sp., *Spondias monbin* L. (1753); *Crataeva tapia* L., *Capparis* sp. y *Crescentia cujete* L.

Los muestreos se realizaron de marzo a octubre del 2008, considerando la época seca, primeras lluvias y lluvias. Durante el estudio no se completó el ciclo anual de muestreo por el difícil acceso a la zona y la inseguridad en el área de estudio debido a la extracción ilegal de madera.

Se seleccionaron tres sitios con base en las características de la vegetación y los niveles de intervención antrópica, como el pastoreo y la producción de carbón: a) Bosque tropical seco conservado (BTsC: 45 msnm), vegetación original con dosel cerrado, abundante hojarasca, suelo arenoso con buen drenaje; b) Bosque tropical seco antropizado (BTsA: 33 msnm), actividad humanada con extracción de madera y dosel semiabierto, poca hojarasca, suelo arenoso con drenaje moderado; c) Pastizal, 16 msnm, totalmente antropizado para fines pecuarios, presencia de arbolado disperso, suelo arenoso con drenaje moderado.

En cada sitio se montó un transecto lineal donde se instalaron 12 trampas de caída ("pitfall traps") separadas 30m (Escobar 2000b), para un total de 288 muestras. Las trampas de caída fueron modificadas, acondicionando al vaso de plástico (500 ml de volumen) en la parte superior un alambre en forma de "L" invertida, y colocando en el extremo el cebo de excremento humano envuelto en gasa. Estas trampas fueron enterradas a nivel del suelo, adicionando una solución de agua con detergente a un cuarto de su capacidad. Las trampas estuvieron expuestas 24 horas y los especímenes capturados

fueron conservados en etanol al 70%. Se determinaron a género siguiendo los criterios propuestos por Medina y Lopera (2000) y Vaz de Melo y Edmonds (2007). Adicionalmente, se consultó la colección del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia. Los ejemplares se encuentran depositados en la Colección Entomológica del IAvH y el Laboratorio de Zoología, Universidad del Atlántico (UARC).

Los datos de precipitación fueron suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y con base en los datos se consideró época seca (marzo-abril), primeras lluvias (mayo-septiembre) y lluvias en octubre.

Se registró el número de especies por sitio (S = diversidad alfa) y el número total de individuos (N). Para evaluar el esfuerzo de muestreo y la efectividad del mismo se realizaron curvas de acumulación de especies, utilizando el programa EstimateS 8.2 (Colwell 2009).

La diversidad de especies, se calculó mediante el índice de riqueza de Margalef (d); la dominancia como el número de especies efectivo por sitio, ponderadas de acuerdo con su abundancia relativa con la serie de Números de Hill (N1) y (N2), y para establecer como está repartido el número de individuos se estimó el índice de equidad de Pielou (J') por medio del paquete estadístico PRIMER 6.0. Para determinar el recambio de especies entre zonas, se utilizó el índice de complementariedad propuesto por Colwell y Coddington (1994). Las descripciones de estos índices se encuentran en Moreno (2001). Para determinar diferencias en la estructura de las especies de escarabajos coprófagos entre los sitios y entre las épocas de muestreo, se aplicó ANOSIM de una vía. Para identificar las especies que caracterizaron o tipificaron los sitios y las épocas a través de su abundancia, se utilizó la rutina SIMPER. Se consideraron las especies que aportaron más del 10% de la abundancia total.

Las especies fueron separadas con base en los patrones de nidificación del alimento en cavadores, rodadores y residentes (Hanski y Camberfort 1991). Adicionalmente se graficó la variación espacial y temporal de estos patrones con el fin de observar su distribución.

Resultados y Discusión

Se capturaron 24.571 individuos, 10 géneros y 22 especies (Tabla 1) que corresponden al 68,75% de las especies registradas por Escobar (1998) para la región Caribe colombiana. A pesar de la alta transformación del paisaje en la zona, se recolectó el 84,61% de las especies reportadas para la región de Santa Marta, Colombia (Jiménez *et al.* 2009); lo cual es indicativo que en Bahía Concha, todavía se alberga una fauna representativa de las especies nativas de escarabajos coprófagos. Con base en los resultados obtenidos, se hace necesario conciliar con la comunidad aledaña y autoridades del sistema de parques naturales, la inclusión de estos fragmentos en una figura apropiada de protección.

Los estimadores de riqueza esperada (Chao 2 y Jackknife 1) indican que con el esfuerzo de muestreo realizado se obtuvo el 95% de las especies, faltando por capturar una especie (Fig. 2). Lo anterior indica que la técnica de captura, el número de trampas y muestreo, fueron suficientes y eficaces para obtener un número representativo del total de la fauna de escarabajos coprófagos en el área de estudio. Además, se nota

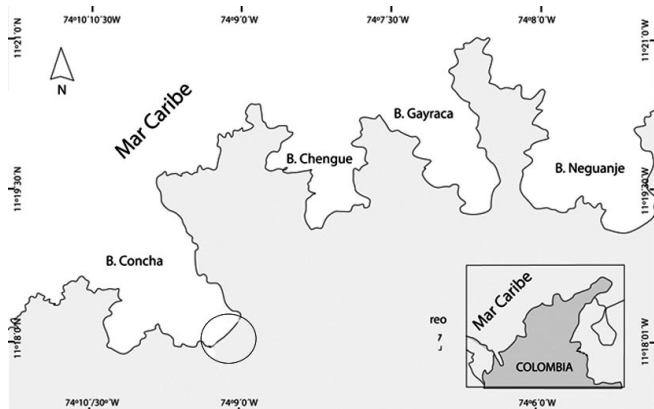


Figura 1. Localización de la zona de estudio en la ensenada de Bahía Concha, Santa Marta, Colombia.

Tabla 1. Composición y estructura de escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) en la ensenada de Bahía Concha, Santa Marta, Colombia. Bosque tropical seco (BTs), bosque tropical seco antropizado (BTsA), cavador (CAV), rodador (ROD), residente (RES).

TRIBU	ESPECIE	BTs	BTsA	Pastizal	TOTAL	GREMIO
Dichotomiini	<i>Canthidium</i> sp.	1059	3738	3063	7860	CAV
	<i>Dichotomius belus</i> (Harold, 1880)	127	990	3097	4214	CAV
	<i>Dichotomius</i> sp.	0	0	1	1	CAV
	<i>Uroxys</i> sp.1 (Westwood, 1842)	318	727	185	1230	CAV
	<i>Uroxys</i> sp.2 (Westwood, 1842)	260	722	291	1273	CAV
Canthonini	<i>Canthon aberrans</i> (Harold, 1868)	1127	2159	526	3812	ROD
	<i>Canthon juvencus</i> Harold, 1868	30	61	9	100	ROD
	<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	72	10	77	159	ROD
	<i>Canthon mutabilis</i> Lucas, 1857	281	656	2626	3563	ROD
	<i>Canthon septemmaculatum</i> (Latreille, 1811)	1	7	771	779	ROD
	<i>Canthon subhyalinus</i> Harold, 1867	78	16	24	118	ROD
	<i>Malagoniella astyanax</i> Harold, 1867	53	25	37	115	ROD
	<i>Scybalocanthon</i> sp.	0	2	0	2	ROD
	<i>Onthophagus landolti</i> Harold, 1880	28	41	28	97	CAV
	<i>Onthophagus acuminatus</i> Harold, 1880	0	0	7	7	CAV
	<i>Onthophagus chypeatus</i> Blanchard, 1843	18	66	124	208	CAV
	<i>Onthophagus marginicollis</i> Harold, 1880	65	296	365	726	CAV
Onthophagini	<i>Onthophagus</i> sp.	55	119	85	259	CAV
	<i>Phanaeus hermes</i> Harold, 1868	7	3	0	10	CAV
	<i>Phanaeus prasinus</i> Harold, 1868	18	1	1	20	CAV
Phanaeini	<i>Coprophanaeus telamon</i> (Erichson, 1847)	0	1	10	11	CAV
Eurysternini	<i>Eurysternus plebejus</i> Harold, 1880	0	4	3	7	RES
Número de especies		17	20	20	22	
Número de individuos		3597	9644	11330	24571	
Índice de Margalef		1,954	2,071	2,035		
Número de Hill (N1)		7,031	6,087	6,241		
Número de Hill (N2)		4,829	4,386	4,75		
Índice de Pielou (J)		0,6884	0,6029	0,6113		

una tendencia de la curva de especies únicas y duplicadas a lograr una asíntota, por lo cual se deduce una estabilización de éstas para el muestreo y se concluye que el porcentaje fue óptimo, según lo propuesto por Moreno y Halffter (2000).

Las especies más abundantes son *Canthidium* sp. (32%), *Dichotomius belus* (Harold, 1880) (17%), *Canthon aberrans* Harold, 1868 (15%) y *C. mutabilis* Lucas, 1857 (14%) (Tabla 1). La abundancia de *Canthidium* sp. confirma el carácter euritópico del género, además de explotar las heces de diferentes mamíferos, también muestran un comportamiento saprófago secundario, alimentándose de frutos u otras partes de plantas superiores en fermentación (Halffter y Matthews 1966); no fue posible su determinación específica porque la taxonomía del género *Canthidium* no está resuelta y su ecología es poco conocida en el país, además muy probablemente se trate de un complejo de especies; aunado a su amplia distribución Neotropical (139 especies) y diversidad en Colombia con 27 especies, de las cuales seis están registradas para la Sierra de Santa Marta (Escobar 2000a; Medina *et al.* 2001; Noriega *et al.* 2007b).

En el BTsC se registró la menor riqueza ($S = 17$) y abundancia (14,63%), mientras que el BTsA y Pastizal obtuvieron

la mayor riqueza ($S = 20$) y abundancia (39,24% y 46,11% respectivamente) (Tabla 1). La mayor abundancia en los dos últimos sitios, se debe a la alta disponibilidad del recurso alimenticio, factor determinante en la composición y estructura de la escarabeidofauna coprófaga. Además, se evidenció el aporte de algunas especies (*D. belus*, *C. mutabilis*, *Canthon septemmaculatum* Latreille 1811, *Onthophagus chypeatus* Blanchard, 1843) que se caracterizan por colonizar hábitats abiertos y alterados donde hay presencia de animales domesticados. *Onthophagus acuminatus* (Harold, 1880) y *Dichotomius* sp. se capturaron únicamente en el pastizal, *Scybalocanthon* sp. fue exclusiva del BTsA. Se catalogan como especies raras por la baja representatividad. Es posible que presenten hábitos especializados, por lo cual no pueden ser detectadas con facilidad con la técnica utilizada. *Onthophagus acuminatus* Harold, 1880 y *Dichotomius* sp. capturadas en el pastizal y *Scybalocanthon* sp. en el BTsA, podrían catalogarse como especies raras por su baja representatividad, tal vez por tener hábitos especializados y no fueron atraídas con la técnica utilizada, o ser consideradas especies turistas que fueron atraídas a las copro-trampas.

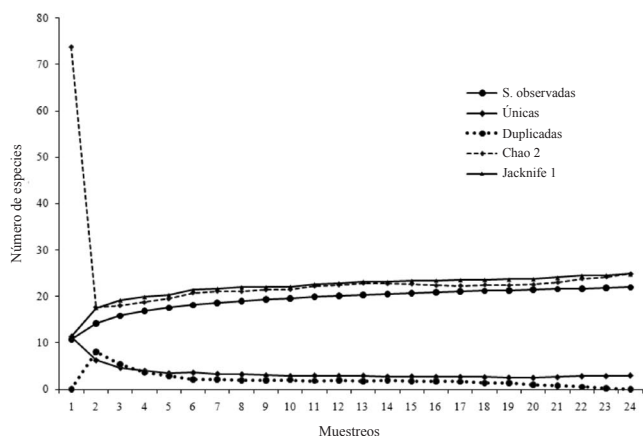


Figura 2. Curva de acumulación de especies de los escarabajos coprófagos, en tres sitios con diferente grado de intervención antrópica, ensenada de Bahía Concha, Colombia.

En la región, la temperatura media anual es de 27°C con precipitaciones mayores a 233,3 mm, al inicio de la época de lluvias, donde se observa un incremento del 100% en la riqueza específica (Fig. 3). Esto se debe a que en la temporada seca, la humedad del suelo es muy baja, lo cual puede condicionar la emergencia del adulto de la bola-nido, por no estar lo suficientemente ablandada (Bustos-Gómez y Lopera 2003). Además la severidad de la estación seca limita la actividad de estos escarabajos al impedir la construcción de galerías debido a la dureza y compactación del terreno (Janzen 1983). En la época de primeras lluvias y lluvias los valores de riqueza no fluctúan de manera brusca, lo que indica que las especies utilizan diferentes estrategias para evitar la competencia por un mismo recurso, teniendo picos reproductivos alternados (Fig. 4). Resultados similares fueron obtenidos por Vidaurre *et al.* (2009) en el Jardín Botánico de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia) y Oliveira (2009) en la Caatinga, Minas Gerais (Brasil).

La mayor abundancia de escarabajos coprófagos (21%) se presentó en mayo, que corresponde al inicio del periodo de lluvias (Fig. 3). En esta época puede existir una mayor oferta de recursos tanto a nivel cualitativo como cuantitativo por parte del bosque, lo que representa disponibilidad de recursos como frutos y otros invertebrados para muchos mamíferos. Lo anterior, puede determinar variaciones en la composición y disponibilidad del excremento a lo largo del año (Estrada *et al.* 1993); generando una mejor y mayor disponibilidad de alimento para los escarabajos coprófagos (Huston 1994). Resultados similares se han obtenido en la región Neotropical, donde las comunidades residentes aumentan sus poblaciones con el inicio y posterior establecimiento del periodo de lluvias. Esto último conlleva a que aumente la cobertura vegetal

Tabla 2. Índice de complementariedad (Colwell y Coddington 1994) en tres sitios de muestreo, ensenada de Bahía Concha, Santa Marta, Colombia. Bosque tropical seco (BTs), bosque tropical seco antropizado (BTsA). En paréntesis, el número de especies compartidas.

Sitios	BTs	BTsA	Pastizal
BTs	—	(17)	(16)
BTsA	0,15	—	(18)
Pastizal	0,238	0,181	—

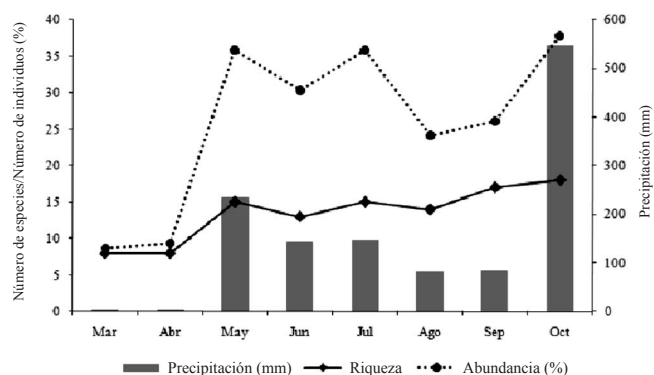


Figura 3. Precipitación, variación temporal de la riqueza y abundancia de coleópteros coprófagos del bosque tropical seco, Bahía Concha, Colombia.

en los parches de BTs en el área de estudio, contribuyendo a una mayor heterogeneidad de recursos que son aprovechados por estos insectos durante esta época del año (Lauer 1992; Pinheiro *et al.* 2002; Bustos-Gómez y Lopera 2003; Martínez *et al.* 2009). Durante agosto y septiembre disminuye la precipitación y la abundancia, aumentando ambas en octubre con el inicio de las lluvias fuertes en la región. Andresen (2005) propone que el aumento y descenso de la abundancia y los cambios en la estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos en bosques secos, están ligados a la precipitación, tal como fue obtenido en el presente estudio.

Los índices de diversidad, equitatividad y complementariedad muestran que los valores varían muy poco entre los sitios, debido a que comparten entre el 73% y 82% de las especies. En el BTsC se presentó la mayor diversidad y equitatividad, indicando que las especies se distribuyen de forma más homogénea, al ser un hábitat más complejo y maduro, como ha sido referido por Noss (1983). La mayor complementariedad se observó entre el BTsC y Pastizal, indicando que la tasa de recambio de especies es mayor, a medida que aumenta la degradación del bosque (Tabla 2). Además, tampoco se observaron diferencias significativas en la estructura de la comunidad entre los sitios ($R = 0,071$, $P = 0,09$). Esto debido a que los escarabajos coprófagos tienen una alta capacidad para la consecución del recurso alimenticio, y algunas especies penetran al bosque intervenido o potreros donde existen mamíferos domesticados que aporten excremento, como ha sido informado por Escobar y Chacón de Ulloa (2000). Sin

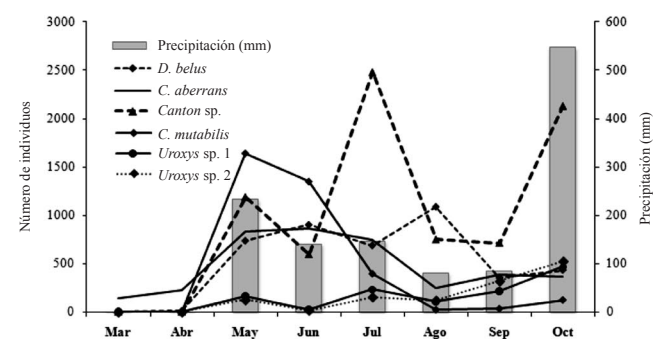


Figura 4. Precipitación y variación temporal de la abundancia de especies de escarabajos coprófagos (≥ 1000 individuos) en Bahía Concha, Colombia.

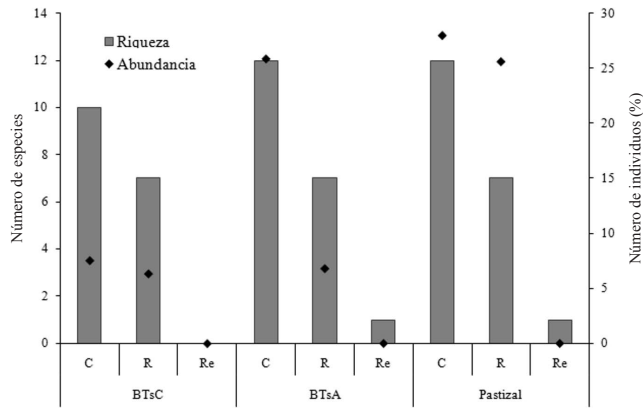


Figura 5. Hábitos de relocalización del alimento en relación con la riqueza y abundancia de los Scarabaeinae en Bahía Concha, Colombia. Cavador (C), Rodador (R), Residente (Re).

embargo, *Phanaeus hermes* Harold, 1863 y *P. prasinus* Harold, 1868 fueron capturadas en los fragmentos poco antropizados, lo cual indicaría que son especies umbrófilas, aunque no necesariamente especies indicadoras de la calidad del hábitat, como ha sido referido por Escobar 2000b).

En cambio, si se observaron diferencias en la estructura de la comunidad ($R = 0,073$, $P = 0,01$) entre épocas de muestreo, mostrándose un patrón temporal en el área de estudio y una alternancia en los picos de emergencia (≥ 1000 individuos; Fig. 4). Esto permite la coexistencia de distintas especies, disminuyendo la competencia interespecífica (Hanski y Camberfort 1991). *Canthidium* sp. y *D. belus* son especies que presentan comportamiento reproductivo multivoltino con varios picos de reproducción, y posiblemente realicen una mayor explotación y aprovechamiento del recurso alimenticio y de los diferentes requerimientos nutricionales que necesitan (Janzen 1983; Edwards 1991). Lo anterior está relacionado con la composición y disponibilidad del excremento proporcionado por los mamíferos durante la época de lluvias, debido a que muchos de estos se alimentan del follaje, flores, frutos frescos e invertebrados (Estrada *et al.* 1998).

Cada sitio fue caracterizado por la abundancia de dos especies, *C. aberrans* y *Canthidium* sp., por el aporte a la abundancia en cada lugar y pueden considerarse especies euritópicas, con amplios rangos de tolerancia. Bustos-Gómez y Lopera (2003) las han citado tanto en hábitats perturbados como no perturbados. *Uroxys* sp. 1 caracteriza el BTsC, con una tendencia a localizarse en ambientes con poca intervención antrópica. *Dichotomius belus* caracteriza los sitios antropizados (BTsA y pastizal) Este resultado difiere a lo sugerido por Bohórquez y Montoya (2009), quienes asocian esta especie con áreas menos perturbadas. El porcentaje más bajo de si-

Tabla 3. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizan cada una de los sitios, identificadas por el procedimiento SIMPER.

Especies que caracterizan	BTs	BTsA	Pastizal
<i>Canthon aberrans</i>	32,78	34,95	12,35
<i>Canthidium</i> sp	16,49	16,83	22,78
<i>Uroxys</i> sp1	11,11		
<i>Dichotomius belus</i>		11,9	24,1
Similitud promedio	41,43	52,02	41,66

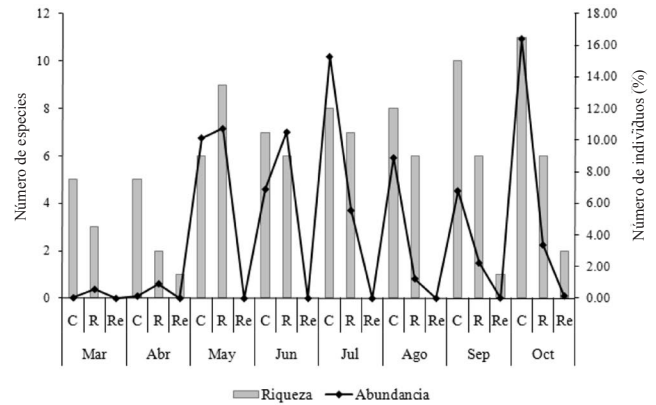


Figura 6. Fenología mensual de los hábitos de relocalización del alimento de los Scarabaeinae en Bahía Concha, Colombia. Cavador (C), Rodador (R), Residente (Re).

militud se presentó entre BTs (41,43%) y el más alto en BTsA con 52,02%. Sin embargo, estos valores de similaridad son muy bajos, debido a que el número de especies es muy bajo y los aportes a la abundancia de *C. aberrans* y *Canthidium* sp. 2 son muy similares (Tabla 3).

Canthon aberrans puede considerarse generalista y multivoltina, debido a que estuvo presente durante las tres épocas, confirmándose que la estacionalidad no influye de igual forma sobre el comportamiento de las especies presentes de escarabajos coprófagos, y que probablemente esté más relacionado con la eficiencia y aprovechamiento de diversos recursos alimenticios (Halffter y Favila 1993). Similar caso se observó en *D. belus*, pero en menor proporción en la época seca, tal vez debido a que es una especie umbrófila con requerimientos específicos de humedad. Resultados similares obtuvieron Bohórquez y Montoya (2009), donde observaron un aumento en su abundancia durante el periodo de lluvias en la Reserva Forestal de Coloso, Sucre.

Canthidium sp. mostró una alta relación con los niveles de precipitación, tipificando la época de primeras lluvias y la época de lluvias, donde sus principales picos de emergencia se presentaron en los meses donde ésta fue mayor. Lo anterior puede estar asociado a los cambios que se producen en la humedad del suelo y en la disponibilidad del recurso alimenticio. *Canthon mutabilis* caracterizó la época de primeras lluvias, teniendo la mayor abundancia en mayo y descendiendo rápidamente en los siguientes meses. Por otra parte, las especies de *Uroxys* caracterizaron la época de lluvias, lo cual indica una sincronización y estacionalidad con esta época del año (Tabla 3, Fig. 4).

El gremio de los cavadores predominó en los tres sitios (64,67%), seguido por los rodadores (35,19%) y por último los residentes (0,02%). Este último gremio está representado por *Eurysternus plebejus* Harold, 1880, especie coprófaga con siete especímenes. Su escasa representatividad en las muestras se debe al método de captura, como ha sido informado por Halffter y Edmonds (1982). El predominio del gremio de los cavadores (Fig. 5) se debe a la textura arenosa de los sitios, lo que favorece la habilidad competitiva, aumentando la rapidez con la que estas especies entierran el alimento y la construcción de las bolas-nido (Hanski y Camberfort 1991). Estos datos son similares a los obtenidos por Noriega *et al.* (2007) en un bosque con tres grados de alteración, en los Llanos Orientales (Meta, Colombia); donde se observó una

Tabla 4. Porcentajes de similitud de especies (Scarabaeinae) que caracterizan las épocas de muestreos en Bahía Concha, identificadas por el procedimiento SIMPER.

Especies que caracterizan	Época seca	Primeras lluvias	Lluvias
<i>Canthon aberrans</i>	74,81	22,69	14,26
<i>Dichotomius belus</i>	4,62	13,5	11,9
<i>Canthidium</i> sp.		17,86	24,93
<i>Canthon mutabilis</i>		15,97	
<i>Uroxys</i> sp. 2			11,84
<i>Uroxys</i> sp. 1			11,02
Similitud promedio	40,15	54,31	65,72

proporción de 1,1: 1 entre cavadores-rodadores y una baja proporción (1,19%) de residentes.

La variación temporal de las especies muestra una dominancia en riqueza de cavadores sobre rodadores y residentes durante el periodo de muestreo. En cambio, la abundancia mostró un patrón bimodal con un mayor número de rodadores durante la época seca y primeras lluvias y una mayor proporción de especies cavadoras durante el periodo de primeras lluvias y lluvias altas en la zona (Fig. 6). Esto debido a que las condiciones físicas del terreno cambian de una estructura rígida y compacta a una blanda, lo cual beneficia a este gremio trófico. Resultados similares son reportados por Martínez *et al.* (2009) en la vertiente Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Agradecimientos

A José Dávila propietario de la Finca “Villa Concha”, por permitir la realización del proyecto en su propiedad. A la comunidad de esta finca por su amabilidad y colaboración. Héctor García gentilmente realizó la identificación de los escarabajos. A Claudia Medina (Instituto Alexander von Humboldt) y Germán Amat (ICN, Universidad Nacional de Colombia) por su colaboración en la identificación y su gran aporte bibliográfico.

Literatura citada

- ANDRESEN, E. 2005. Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica* 37 (2): 291-300.
- BOHÓRQUEZ, J.; MONTOYA, J. 2009. Abundancia y preferencia trófica de *Dichotomius belus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en la reserva forestal de Colosó, Sucre. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10 (1): 1-7.
- BUSTOS-GOMEZ, F.; LOPERA, A. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *M3m monografías tercer milenio SEA, Zaragoza*. 3 (30): 59-65.
- COLWELL, R. K. 2009. ESTIMATES: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Version 8.2. Available at <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- COLWELL, R.; CODDINGTON, J. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society London* 345: 101-118.
- DOUBE, B.M. 1991. Dung beetles of southern Africa, p. 133-155. *En: Hanski, I. & Y. Cambeftort (Eds.). Dung beetle ecology.* Princeton University, New Jersey.
- EDWARDS, P. B. 1991. Seasonal variation in the dung of African grazing mammals and consequences for coprophagous insects. *Functional Ecology* 5: 617-628.
- ESCOBAR, F. 1997. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un remanente de Bosque Seco al norte del Tolima. *Caldasia* 19 (3): 419-430.
- ESCOBAR, F. 1998. Análisis regional de la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de los Bosques Secos de la región Caribe de Colombia, p. 72-75. *En M. E. Chávez & N. Arango (Eds.). Informe Nacional del Estado de la Biodiversidad, Colombia, Tomo I: Diversidad Biológica.* Instituto Humboldt, PNUMA y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá.
- ESCOBAR, F.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae, Aphodiinae) en un bosque Tropical Montano, Nariño, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 48 (4): 961-975.
- ESCOBAR, F. 2000a. Diversidad y Distribución de los Escarabajos del Estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. p. 197-210. *En F. Martín-Piera, J. J. Morrone & A. Melic (Eds.). Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000, Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España.*
- ESCOBAR, F. 2000b. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitat en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* (ns) 79: 103-121.
- ESTRADA, A.; HALFFTER, G.; COATES-ESTRADA, R.; MERRITT, D. A. 1993. Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 9: 45-54.
- ESTRADA, A.; R. COSTA-ESTRADA, A. A. DADDA.; P. CAMMARANO. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 14: 577-593.
- HALFFTER, G. 1959. Etología y Paleontología de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ciencia* 29: 164-178.
- HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. 1966. Natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana* 12-14: 1-312.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W.D. 1982. The nesting behavior of dung beetle (Scarabaeinae) Instituto de Ecología, México. 220 p.
- HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27: 15- 21.
- HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. 1991. *Dung beetle ecology.* Princeton University Press, New Jersey. 520p.
- HOLDRIDGE, L. R.; GRENKE, W.C.; HATHEWAY, W.H.; LIANG, T.; TOSI, J.A. 1971. *Forest environments in tropical life zones, a pilot study.* Pergamon Press, Oxford. P. 747 *En: INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAVH. 1998. El bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA, IAVH, Villa de Leyva.* P. 1-24.
- HOWDEN, H.; YOUNG, O. 1981. Panamanian Scarabaeinae: taxonomy, distribution and habits (Coleoptera: Scarabaeidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 18: 1-204.
- HUSTON, M. 1994. *Biological Diversity. The coexistence of species on changing landscapes.* Cambridge. University Press N. Y. 671 p.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAVH. 1998. Programa de inventarios de la biodiversidad Grupo de exploración y monitoreo GEMA. El bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia. <http://araneus.humboldt.org.co/download/inventarios/bst/doc3.pdf>.

- JANZEN, D.H. 1983. Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pastures. *Oikos* 33: 274-283.
- JIMÉNEZ, L.; MEDIETA, W.; GARCIA, H.; AMAT-GARCÍA, G. 2008. Notas sobre los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en ambientes secos de la región de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13 (2): 203-208.
- LAUER, W. 1992. Climate and weather. p. 7-53. En Lieth, H; Werger, M.J.A. Tropical rain forest ecosystems. Biogeographical and ecological studies. Elsevier, New York.
- MARTÍNEZ, N. J.; GARCÍA, H.; PULIDO, A.; OSPINO, D.; NARVÁEZ, J.C. 2009. Fauna de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal en la vertiente Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Neotropical Entomology* 38 (6): 708-715.
- MEDINA, C.; LOPERA, A. 2000. Clave Ilustrada para la Identificación de Géneros de Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia* 22 (2): 299-315.
- MEDINA, C.; LOPERA, A.; VITOLO, A.; GILL, B. 2001. Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana* 2(2): 131-144.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 p.
- MORENO, C. E.; HALFFTER, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37: 149-158.
- NEALIS, V. G. 1977. Habitat associations and community analysis of south Texas dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *Canadian Journal of Zoology* 5: 138-147.
- NORIEGA, J.; REALPE, E.; FAGUA, G. 2007. Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque de galería con tres estadios de alteración. *Universitas Scientiarum*, edición especial (12): 51-63.
- NOSS, R.F. 1983. A regional landscape approach to maintain diversity. *Bio-Science* 33: 700-706.
- OLIVEIRA, V. H. F. 2009. Variação na fauna de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) entre habitats de cerrado, mata seca e mata ciliar em uma região de transição cerrado - caatinga no norte de Minas Gerais. *Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia*, 10 a 13 de Setembro de 2009, São Lourenço.
- M.G. PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; COELHO, D.; BANDEIRA, M. P. S. 2002. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. *Australian Ecology* 27:132-136.
- TAPIA, A. 2005. Preferencia por fecas de tapir amazónico (*Tapirus terrestris*) de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en bosque secundario amazónico. *Tapir Conservation* 14 (17): 24-28. <http://www.tapirs.org/Downloads/newsletters/TapirCons17web.pdf>
- VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W.D. 2007. Géneros y subgéneros de la subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de las Américas. Versión 2.0 Español. 30 p. http://www.scarabnet.org/ScarabNet/Taxonomy/Entries/2007/1/26_Neotropical_Genera_Key_V1.4_files/claveespaniol2.0.pdf
- VIDAURRE, T.; LEDEZMA, J.; AMAYA, M.; FUENTES, K. 2009. Variación temporal de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de La Sierra, Bolivia. *Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia*, 10 a 13 de Setembro de 2009, São Lourenço-MG.

Recibido: 23-mar-2010 • Aceptado: 10-nov-2010

Variación altitudinal en diversidad de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla Colombiano

Altitudinal variation in diversity of Arctiidae and Saturniidae (Lepidoptera) in a Colombian Cloud Forest

ANDERSON MUÑOZ¹ y ÁNGELA AMARILLO- SUÁREZ²

Resumen: La riqueza y diversidad de organismos está asociada a cambios ambientales y a factores como la altitud, determinando el surgimiento de patrones de distribución de grupos y especies. En este estudio se comparó la distribución de la riqueza de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un gradiente altitudinal (1448-2068 msnm) de un bosque nublado del departamento del Cauca, Colombia. Estos lepidópteros poseen riqueza y características en sus historias de vida marcadamente diferentes. Se seleccionaron tres estaciones altitudinales y en cada caso se realizaron siete sesiones de muestreo de seis días cada una, entre las 6:00p.m. y las 6:00a.m. Se capturaron 70 especies, 55 de Arctiidae y 15 de Saturniidae. La riqueza de Saturniidae disminuyó significativamente con el aumento de la altitud (Kruskal-Wallis $P = 0,009$), mientras que en Arctiidae la mayor riqueza se presentó en la altitud media (Kruskal-Wallis $P = 0,002$). La diversidad alfa presentó tendencias similares a las registradas con la riqueza para las dos familias. La diversidad beta para Saturniidae mostró mayor similitud entre estaciones que en Arctiidae. Factores como resistencia a cambios ambientales y la amplitud de plantas hospederas, podrían explicar la diferencia en la distribución altitudinal de la diversidad en estas familias.

Palabras clave: Polillas. Heterocera. Andes.

Abstract: The richness and diversity of organisms is associated with environmental changes and factors such as altitude, determining the configuration of patterns of distribution of groups and species. In this study we compared the distribution and the richness of Arctiidae and Saturniidae (Lepidoptera) along an altitudinal gradient (1448-2068 m elev) in a cloud forest of the Department of Cauca, Colombia. These lepidopterans possess richness and life histories that are considerably different. We selected three altitudinal stations and in each one seven sampling events of six days each were conducted, between 6:00p.m. and 6:00a.m. We captured 70 species, 55 Arctiidae and 15 Saturniidae. The richness of Saturniidae decreased significantly with increasing altitude (Kruskal-Wallis $P = 0.009$), while the greatest richness of Arctiidae was at the middle altitude (Kruskal-Wallis $P = 0.002$). Alpha diversity had similar tendencies to that of richness for both families. Beta diversity in Saturniidae showed greater similarity between stations than the Arctiidae. Factors like resistance to environmental changes and the breadth of host plants of each group could explain the difference in the altitudinal distribution of diversity in these families.

Key Words: Moths. Heterocera. Andes.

Introducción

Numerosos estudios muestran la estrecha asociación entre cambios altitudinales y cambios en la composición y diversidad de especies en un área. Al respecto, se han planteado varias hipótesis entre las que se destacan el efecto Rapoport, en donde la riqueza y los rangos de distribución de especies están inversamente ligados a la altitud, presentándose mayor riqueza en altitudes bajas (Fleishman *et al.* 1998; Stevens 1992; Sanders 2002), y la hipótesis de dominio medio donde la mayor riqueza se presenta en altitudes medias (MacArthur 1969; McCoy 1990; Brown y Lomolino 1998). Sin embargo, algunas objeciones a esta última hipótesis proponen que el patrón observado se debe más a una baja eficiencia de muestreo que a un patrón real de distribución de la riqueza (Camerero 2003). Wolda (1987) estudió la distribución de riqueza de especies de insectos a lo largo de gradientes altitudinales en Panamá y sugirió que si además de los gradientes se inspeccionaban las variaciones ambientales a corto y largo plazo se podrían producir diferentes modelos de distribución de riqueza de especies. McCoy (1990) determinó que si la distribución difiere entre elevaciones, entonces la escala temporal empleada influiría fuertemente en la evaluación de estos modelos.

A pesar de la gran diversidad de plantas y animales que se generan por la especial ubicación geográfica de los trópicos, las comunidades de insectos continúan seriamente amenazadas a causa del vertiginoso avance de la frontera agrícola y de la deforestación quienes generan la extinción de gran cantidad de recursos naturales, incluyendo especies aún no descritas y posiblemente de gran importancia económica y ecológica (Camerero 2003; Camero y Calderon 2007).

Se estima que una tercera parte del millón de especies de insectos actualmente descritas se localizan en el Neotrópico, en ecosistemas de selvas y bosques (Jaffé 1993). Así mismo, alrededor del 70% del número mundial de vertebrados, plantas superiores y mariposas, se encuentra en doce países “mega diversos” (Carranza 2004), siendo los países más importantes en diversidad de insectos Brasil, Colombia y Perú (Potes 2004). En este contexto, el pacífico colombiano es una de las áreas con mayor número de endemismos a nivel mundial (Pardo 2005; Mosquera *et al.* 2007).

En este estudio, realizado en La Reserva Natural Tambito, departamento de Cauca, Colombia, se comparó la distribución de la riqueza, diversidad alfa y beta de las familias de Lepidoptera, Arctiidae y Saturniidae en un gradiente altitudinal comprendido entre 1448 y 2068 msnm. Estas familias

¹ Biólogo, Universidad del Cauca. Carrera 21a No. 6-59 (Popayán, Cauca). ander083q@gmail.com Autor para correspondencia. ² Ph.D. Profesora Asistente, Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. aamarillo@javeriana.edu.co

se seleccionaron dado que son grupos de amplia distribución y especialmente diversos en zonas tropicales (Scoble 1992; Amarillo 2000). Adicionalmente, se presenta por primera vez para la región un listado de las especies de Saturniidae y de Arctiidae, contribuyendo así al conocimiento para la conservación de la fauna de Insecta del sur-occidente colombiano.

Materiales y Métodos

Área de estudio: La Reserva Tambito, se ubica en el municipio de El Tambo, departamento del Cauca, sobre el flanco occidental de la Cordillera Occidental, (2°30'24.1"N; 76°59'56.6"O) (Fig. 1). Según Holdridge (1987), está constituida por Bosque muy Húmedo Tropical de pisos premontano y montano bajo. La precipitación y temperatura varían con la altitud: 3500 mm y 12° C promedio en la parte alta (2200 msnm), y 4000 mm y 18° C promedio en la parte media (1400 msnm) (Fernández y Chilító 1998). En las estaciones seleccionadas para la recolección del material, la flora está dominada en el estrato arbóreo por las familias Clusiaceae, Lauraceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae y Meliaceae, y en el estrato arbustivo por las familias Rubiaceae, Moraceae, Lauraceae, Arecaceae y Euphorbiaceae, conformando un bosque secundario bien conservado (Salgado y Alcázar 2004).

Grupos de estudio

Arctiidae. Constituye una familia muy diversa con representantes en todas las regiones zoogeográficas, especialmente en las regiones tropicales donde hay alrededor de 6.000 especies. En algunos países son llamadas polillas tigre, debido a la configuración de sus colores, aunque algunas son de tonalidades castañas o grises. Algunos grupos están compuestos por especies de color blanco puro, a veces con franjas negras y anaranjadas en el cuerpo, o con patas de color naranja. Una gran variedad de especies de vivos colores y diseños se encuentran especialmente en el Neotrópico. Es característico de la familia que las alas posteriores sean bastante estrechas en comparación con las anteriores. Las larvas de esta familia generalmente son pubescentes, con pelos reunidos en penachos que surgen de abultamientos del cuerpo. Son muy poco restringidas en sus dietas alimenticias consumiendo con mayor frecuencia de especies herbáceas, pocas comen hojas

de árboles o arbustos (Scoble 1992; Piñas *et al.* 2000). Los adultos presentan un par de órganos timpánicos a cada lado del metatórax con membranas timpánicas oblicuas y dirigidas hacia atrás, las antenas son bipectinadas, ciliadas en los machos o simples en las hembras. Los palpos maxilares son diminutos, con estructuras de un solo segmento y los palpos labiales son típicamente cortos (Scoble 1992). En este estudio, se siguió la clasificación de Scoble (1992), que incluye las subfamilias Arctiinae, Lithosinae, Ctenuchinae, Thyretinae y Pericopinae.

Saturniidae. Cuenta con una diversidad, de aproximadamente 165 géneros y 1.467 especies (Amarillo 2000), distribuyéndose en todo el mundo excepto en la Antártica (Dacaens *et al.* 2003). Esta familia se agrupa en siete subfamilias de las cuales cuatro se encuentran en las Américas, y tres se registran en este trabajo (Hemileucinae, Saturniinae, Ceratocampinae). Los miembros de esta familia son en su mayoría de gran envergadura (hasta 30 cm en superficie alar) (Kluts y Kluts 1973). Están representados en el Neotrópico con 850 especies. La región andina posee cerca de 300 especies y aproximadamente 200 casos de endemismos (Lemaire 1978); Mientras que Colombia cuenta con alrededor de 152 especies (Amarillo 2000).

Los adultos de Saturniidae presentan el aparato bucal atrofiado, por lo que no se alimentan en estado adulto, alas generalmente muy escamosas, cuerpos "velludos y lanosos", machos con antenas plumosas, cuadripectinadas o bipectinadas, mientras que en las hembras son normalmente bipectinadas o filamentosas (Amarillo 2000). En muchas especies se presenta una marca en forma de media luna, redondeada u oval en la región central del ala; esta marca en ciertos casos carece de escamas formando una mancha hialina. Algunas especies además, presentan en las alas posteriores un gran ocelo a menudo densamente coloreado (Kluts y Kluts 1973).

Arctiidae y Saturniidae por tener características ecológicas particulares como amplia distribución geográfica en el trópico, características de historias de vida marcadamente diferentes como se menciona en las descripciones previas para cada familia, amplio rango de hábitat, gran cantidad de endemismos y además, una relativa facilidad para su identificación (Heppner 1991; Scoble 1992; Amarillo 2000; Algarin *et al.* 2008; Contreras 2009), despiertan gran interés en los investigadores, para el desarrollo de estudios como el aquí planteado y para el monitoreo de cambios ambientales.

Métodos de captura. Para la ubicación de la trampa de luz, se eligieron tres estaciones en zonas de bosque, con claros, con el fin de lograr una mayor dispersión de la luz. La estación uno (Tambito) se ubicó a 1.448 msnm (2°30'24"N 76°59'36"W), la estación dos (Esperanza) se ubicó a 1.631 msnm (2°30'30"N 77°0'13"W) y la estación tres (Mirabilis), a 2.068 msnm (2°31'16"N 76°59'36").

Entre los meses de agosto a octubre de 2005 y enero, mayo, junio y julio de 2006, Se llevaron a cabo siete salidas de campo de dos noches por estación. Las capturas iniciaron a las 6:00 p.m. y concluyeron a las 6:00 a.m. Los insectos fueron atraídos empleando una trampa de luz conformada por una tela blanca de 2 m de ancho por 3 m de largo, iluminada por una lámpara Coleman modelo No 288B700 que usaba dos caperuzas emitiendo luz amarilla de aproximadamente 150 W.

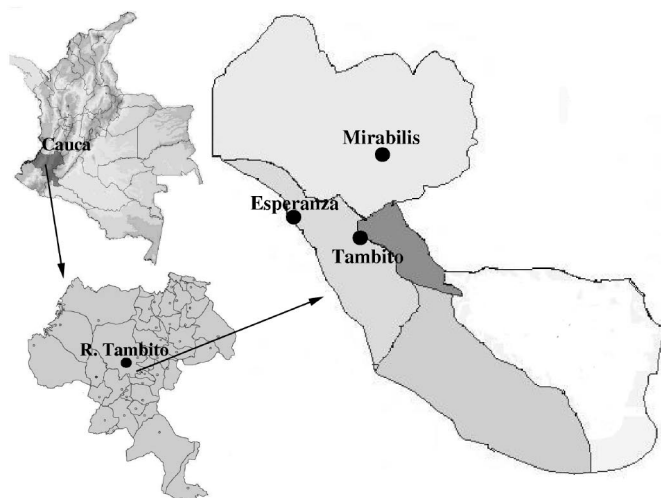


Figura 1. Ubicación de la Reserva Natural Tambito.

Los ejemplares capturados se identificaron con base en los trabajos de Lemaire (1978, 1980 y 1987) y Amarillo (1996, 1997, 1998, 2000) para Saturniidae y Piñas *et al.* (2000) y con la colaboración Bernardo Espinosa (Instituto Nacional de Biodiversidad - INBIO, Costa Rica) para Arctiidae.

Análisis de datos. Se empleó el índice de Chao1 para determinar la eficiencia del muestreo y el número de especies esperadas para las familias. Estos datos se aleatorizaron mediante el Programa Estimates 8.0 y se compararon con lo observado usando las curvas de acumulación de especies. Se emplearon índices de diversidad alfa y beta para evaluar riqueza, abundancia y estructura de los grupos de estudio. La diversidad alfa caracteriza la riqueza de especies en comunidades locales o ensamblajes de especies (Novonty y Weiblen 2005); entre tanto la diversidad beta, representa el grado de reemplazamiento de especies, a lo largo de gradientes ambientales, siendo una indicación de los cambios de composición entre comunidades ecológicas. Como parte de los índices de estructura, se emplearon el índice de Shannon, que evalúa la uniformidad de la muestra y el índice de Margalef, que tiene en cuenta errores de muestreo por efectos ambientales o épocas de captura (Magurran 2004).

Un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis realizado con cada familia, permitió establecer si existían diferencias significativas en la riqueza de especies entre estaciones de muestreo, y posteriormente una prueba de rangos múltiples permitió establecer los pares de estaciones para los cuales estas diferencias eran significativas. Finalmente, se estimó la diversidad beta para cada familia comparando la similitud entre estaciones mediante el índice de distancia de Bray Curtis (Magurran 2004).

Resultados y Discusión

Representatividad de la muestra. Se recolectaron 149 ejemplares de la familia Arctiidae y 56 de la familia Saturniidae, distribuidos en siete subfamilias, Saturniinae (cuatro especies), Hemileucinae (ocho especies) y Ceratocampinae (cuatro especies) para Saturniidae y Arctiinae (24 especies), Lithosinae (siete especies), Ctenuchinae (ocho especies) y Pericopinae (dos especies), para Arctiidae (Tabla 1).

Las curvas de acumulación de especies para Arctiidae (Fig. 2A) muestran pendientes positivas muy marcadas in-

dicando que falta mayor tiempo de muestreo para obtener un inventario representativo de esta familia en el área de estudio. Los datos de Chao son congruentes con esta afirmación, registrándose un total de 130 especies esperadas y una eficiencia de captura de 42%.

Las curvas de acumulación de especies de la familia Saturniidae (Fig. 2B), muestran pendientes positivas marcadas, pero a diferencia de Arctiidae, el número de especies esperadas calculado por Chao 1 es 15 indicando que el inventario de satúrnidos de la zona está casi completo, lo que significa que aunque se recolectó un número reducido de especies, estas constituyen una muestra representativa de la riqueza de esta familia en la Reserva, alcanzando un 98% en la eficiencia de muestreo.

Riqueza. El número de especies de satúrnidos encontrados en Tambito (15 especies) es menor al obtenido en la Reserva Río Nambí (59 especies) (Amarillo 1997), San José del Palmar (32 especies) (Decaëns *et al.* 2003) y Albania (29) (Racheli y Racheli 2005). Las diferencias se explican en función del gradiente altitudinal considerado, dado que en el presente estudio se trabajó con altitudes desde 1.448 hasta 2.068 msnm, mientras que en los estudios antes mencionados, no se superaron los 1.000 msnm.

Comparando los satúrnidos recolectados en este trabajo con los registros para Colombia (302 especies aproximadamente), Tambito posee el 5% de los satúrnidos del país en un área no mayor a 1.400 Has. En el caso de Arctiidae (55 especies), el número de especies encontradas no se pudo comparar con otros estudios, dado que este es el único trabajo que se conoce sobre la distribución y riqueza de esta familia en Colombia. En la literatura se encuentran estudios con esta familia para Ecuador (Piñas *et al.* 2000; Hilt 2005; Padrón 2006), Brasil (Teston y Corseuil 2004; Ferro y Diniz 2007), Perú (Grados 2002) y Nicaragua (Maes *et al.* 2004; Hernández *et al.* 2004). Aunque ninguno de ellos compara comunidades en diferentes altitudes, si hacen aportes relevantes sobre el número de especies de ártidos de cada país. Un ejemplo claro es el de Piñas *et al.* (2000) que registra 532 especies de ártidos en Ecuador; si se considera la extensión del territorio colombiano, este registro puede ser conservador pues los ártidos registrados en Tambito representan el 10% de las especies ecuatorianas registradas por Piñas *et al.* (2000), y si además se tienen en cuenta los resultados espe-

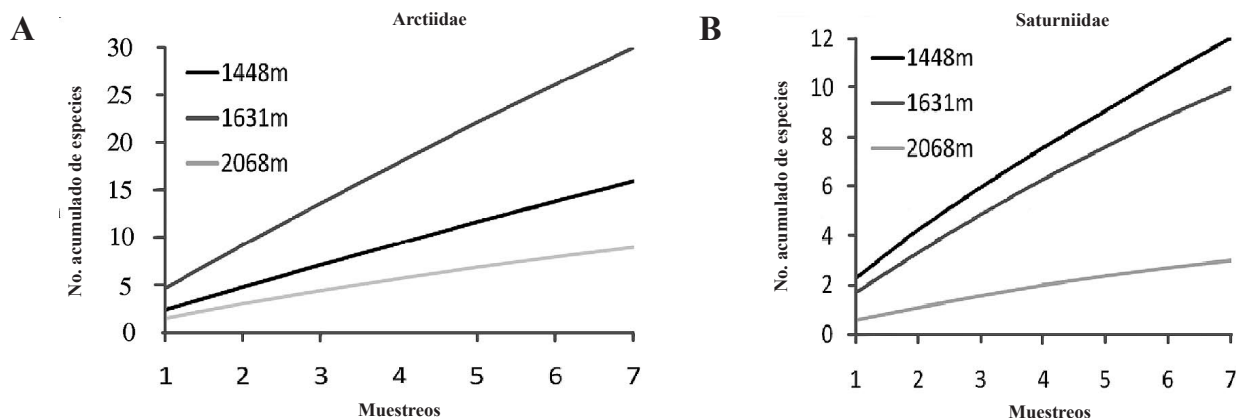


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de las familias Arctiidae A. y Saturniidae B. Las tres líneas indican los datos de las altitudes donde se hicieron los muestreos.

Tabla 1. Especies y distribución altitudinal de Arctiidae y Saturniidae recolectadas en la Reserva Natural Tambito, Cauca, Colombia.

No.	Taxón	Estación (msnm) Distribución por localidad				
		1.448	1.631	2.068	Amarillo 2000	Encontrado
	Arctiidae					
	Arctiinae					
1	<i>Ammalo helops</i> (Cramer, 1775)			1		
2	<i>Amastus</i> sp.1			1		
3	<i>Amastus</i> sp.2		1			
4	<i>Amastus</i> sp.3		2	1		
5	<i>Bertholdia flavidorsata</i> Hampson, 1901	6	3			
6	<i>Cratoplastis diluta</i> Felder, 1874	1				
7	<i>Halysidota</i> sp.		3			
8	<i>Hypercompe laeta</i> (Walker, 1855)	3	4			
9	<i>Hypercompe</i> sp.	2	2			
10	<i>Idalus</i> sp.1		3			
11	<i>Idalus</i> sp.2			2		
12	<i>Leucanopsis</i> sp.1		1			
13	<i>Leucanopsis</i> sp.2		1			
14	<i>Melese</i> sp.		1			
15	<i>Opharus</i> sp.1			1		
16	<i>Opharus</i> sp.2	1				
17	<i>Ormetica</i> sp.		2			
18	<i>Pachydota</i> sp.1		1			
19	<i>Pachydota</i> sp.2		1			
20	<i>Pelochyta</i> sp.	1	1			
21	<i>Mesothera</i> sp.	1	1			
22	<i>Symphlebia</i> sp.1	0	1			
23	<i>Symphlebia</i> sp.2	1				
24	<i>Symphlebia hyalina</i> (Rothschild, 1909)		2			
	Pericopinae					
25	<i>Dysschema</i> sp.1			8		
26	<i>Dysschema</i> sp.2	1	2			
	Ctenuchinae					
27	<i>Calonotos gigantea</i>		1			
28	<i>Calonotos quadriguttata</i>	3				
29	<i>Cosmosoma</i> sp.1		1			
30	<i>Cosmosoma</i> sp.2	1				
31	<i>Cosmosoma</i> sp.3		1			
32	<i>Euceron</i> sp.	2	6			
33	<i>Gymnelia</i> sp.	1				
34	<i>Macrocneme</i> sp.	1				
	Lithosinae					
35	<i>Agylla</i> sp.1	1	4	2		
36	<i>Agylla</i> sp.2	1	1			
37	<i>Agylla</i> sp.3	1	2			
38	<i>Agylla</i> sp.4	4	11	3		
39	<i>Agylla</i> sp.5	1	4			

(Continúa)

No.	Taxón	Estación (msnm) Distribución por localidad				
		1.448	1.631	2.068	Amarillo 2000	Encontrado
40	<i>Agylla</i> sp.6		1			
41	<i>Cisthene</i> sp.		1			
	Por determinar					
42	<i>Arctiidae</i> sp.1		1			
43	<i>Arctiidae</i> sp.2		1			
44	<i>Arctiidae</i> sp.3		1			
45	<i>Arctiidae</i> sp.4		1			
46	<i>Arctiidae</i> sp.5	1				
47	<i>Arctiidae</i> sp.6			4		
48	<i>Arctiidae</i> sp.7	3	4	1		
49	<i>Arctiidae</i> sp.8		1			
50	<i>Arctiidae</i> sp.9		1			
51	<i>Arctiidae</i> sp.10	2	3			
52	<i>Arctiidae</i> sp.11		1			
53	<i>Arctiidae</i> sp.12		3			
54	<i>Arctiidae</i> sp.13	1	1			
55	<i>Arctiidae</i> sp.14			1		
	Saturniidae					
	Hemileucinae					
56	<i>Automeris oiticiacai</i> Lemaire, 1966	1			?	1400
57	<i>Gamelia kiefferi</i> Lemaire, 1967		1	2		1400-1600
58	<i>Hylesia continua</i> (Walker, 1865)	8	13		515	1400-1600
59	<i>Hylesia mimex</i> Dyar, 1913		2		?	1600
60	<i>Hylesia bouvereti</i> Dognin, 1889	2	1		?	1400-1600
61	<i>Hylesia</i> sp.		1			1400
62	<i>Rhodirphia carminata</i> , (Schaus, 1902)	1	1		1000-1400	1400-1600
63	<i>Pseudodirphia menander</i> (Druce, 1886)	1		2	0-1000	1400-2000
64	Ceratocampinae					
65	<i>Adelonievaia jason</i> (Boisduval, 1872)	1		1	0-1400	1400-2000
66	<i>Eacles imperialis</i> (Drury, 1773)	1			600-1400	1400
67	<i>Eacles ormondei</i> Schaus, 1899	1	1		0-1000	1400-1600
68	<i>Citheronia equatorialis</i> Bouvier, 1927	4	2		0-2000	1400-1600
	Saturniinae					
69	<i>Copaxa ignescens</i> Lemaire, 1978	1	1		1365-2200	1400-1600
70	<i>Copaxa multifenestrata</i> (Herrich-Shäffer, 1858)	4			0-2800	1400
71	<i>Rothschildia orizaba</i> (Westwood, 1853)	1	1		0-2800	1400-1600

rados por el índice de Chao 1 (que supera las 130 especies), se estaría hablando aproximadamente del 20% de los ártidos ecuatorianos incluidos en un área que no supera las 1400 Has.

Esta es quizás la primera investigación sobre la familia Arctiidae en ecosistemas naturales colombianos registrando por primera vez 55 especies. Entre tanto para la familia Saturniidae se amplió el rango de distribución de cinco de las 15 especies registradas en este trabajo. Comparando la distribución de las especies de Saturniidae recolectadas con la distribución que registró Amarillo (2000), se amplía el ran-

go de distribución de *Automeris oiticiacai*, *Gamelia kiefferi*, *Hylesia mimex*, *Hylesia bouvereti* y *Citheronia equatorialis* (Tabla 1).

Variación altitudinal. La riqueza y diversidad de Saturniidae disminuye con la altitud. Aunque se presenta una tendencia general para la familia, la distribución de la riqueza por subfamilia (Fig. 3A), varía. Las subfamilias Ceratocampinae y Saturniinae, registraron mayores valores de riqueza a 1448 m, conservando la tendencia general de la familia. La subfamilia Hemileucinae presentó mayores valores de riqueza a

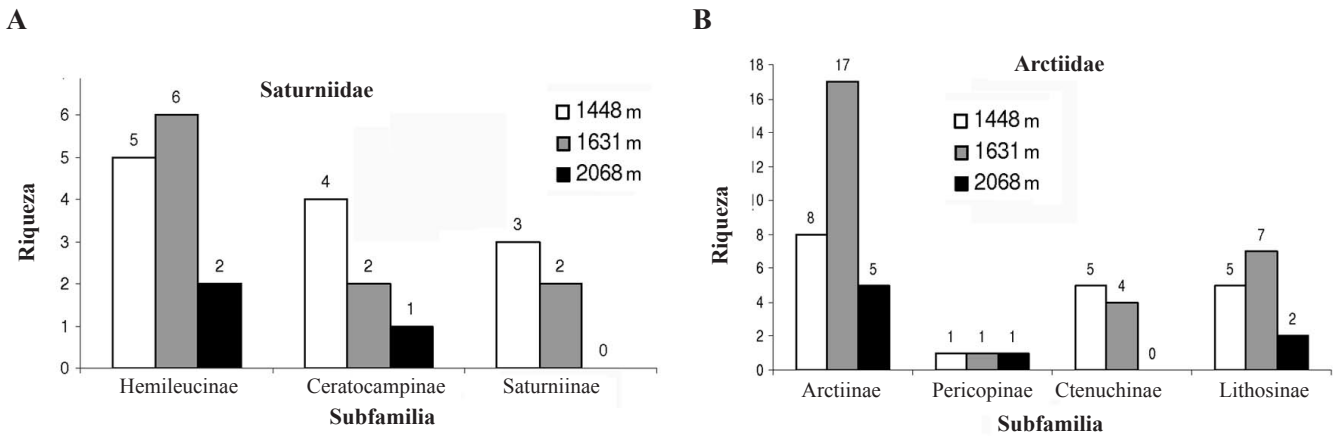


Figura 3. Distribución de la riqueza de las subfamilias de Arctiidae **A** y Saturniidae **B** en un gradiente altitudinal en la Reserva Natural Tambito, Cauca, Colombia. Las barras indican los valores para cada altitud muestreada.

1631 m, similar a lo presentado por Tomaz y Januz (2002) pues a pesar de tener una distribución general para todo un grupo (subfamilia Satyrinae), se presentaron variaciones dentro del mismo.

La mayor riqueza de Arctiidae se presentó a 1631 m disminuyendo en las restantes altitudes; este patrón de distribución altitudinal se podría explicar en parte, por la versatilidad de sus especies que permiten que la familia pueda resistir cambios bruscos en las condiciones ambientales (Scoble 1992). Igual que con Saturniidae, la variación en la distribución de las subfamilias de Arctiidae, presentó los siguientes resultados: Las especies de Pericopinae se distribuyeron homogéneamente a lo largo del gradiente. Las subfamilias Arctiinae, Lithosinae y las especies no identificadas, registraron valores de riqueza mayores en los 1631 m, conservando la tendencia general de la familia. La subfamilia Ctenuchinae y el género *Agylla* (Walter, 1984), presentaron mayores valores de riqueza a 1448 m (Fig. 3B). Estos resultados concuerdan con lo presentado por Tomas y Januz (2002), Brehm y Fiedler (2003) y Arvid (2003) quienes encontraron comportamientos similares, con mayores riquezas en altitudes medias y algunas variaciones internas en los grupos de estudio.

Diversidad Alfa. Los índices de diversidad Alfa (Margalef y Shannon) para Arctiidae, presentaron los siguientes valores: estaciones Tambito $D_{mg}=5,96$, $H'=2,93$, estación Esperanza $D_{mg}=8,83$, $H'=3,41$ y estación Mirabilis $D_{mg}=3,11$, $H'=2,09$, arrojando las mismas tendencias altitudinales para las variables descritas. Aunque para Colombia no se tienen registros de investigaciones en gradientes altitudinales para esta familia, se encontraron estudios similares en mariposas diurnas (Palacios y Constantino 2006) que muestran patrones similares a los de la familia Arctiidae. Estos valores son el producto de la convergencia o solapamiento de los rangos de distribución altitudinal de las especies en la altitud intermedia. En nuestro caso no se puede asegurar que esta sea la razón única de estos resultados para Arctiidae, pues no se conocen con precisión los rangos de distribución altitudinal y por lo tanto no se tiene certeza sobre la presencia de solapamientos. Por otra parte, estudios como los de Sanders *et al.* (2003), Jiménez *et al.* (2004), Abós (2005) y Hilt (2005), mencionan que en áreas de mosaico, es decir en zonas de cultivos contiguas a áreas boscosas, se presenta una mayor riqueza de lepidópteros;

esta podría ser una razón que explique el mayor número de especies en las estaciones Tambito y Esperanza que son utilizadas en sus inmediaciones para vivienda y pastoreo.

De igual forma no se encontraron estudios de perfiles altitudinales para Saturniidae. Sin embargo, haciendo una comparación con otros grupos de flora y fauna encontramos distribuciones similares en trabajos como los de Luna y Llorente (2004) para los Rophalocera de la Sierra Nevada (México); Steege (2004) para las plantas de la Guyana; Suárez y Ramírez (2004) para los anuros en Santander (Colombia), todos ellos concordantes con la regla de Rapoport (Sanders 2002); es decir, que la riqueza de especies disminuye uniformemente con el aumento de la elevación. Este modelo se ha registrado en numerosos estudios con mariposas (Fleishman *et al.* 1998), plantas, mamíferos, reptiles, algunos anfibios y saltamontes entre otros (Stevens 1992).

Diversidad Beta: El índice de Bray Curtis para las dos familias arroja resultados similares (Figs. 4A y 4B); el mayor porcentaje de similitud se presenta entre 1.448 y 1.631 m; esto se debe principalmente a que los factores ambientales y composición florística en estas estaciones no varían considerablemente, mientras que en la estación Mirabilis (2068 m) se presentan temperaturas más bajas y cobertura vegetal más densa que la cobertura de las estaciones Tambito y Esperanza que generan la gran diferencia en la estructura de las comunidades de las familias estudiadas.

Los resultados de Kruskal-Wallis indican que existen diferencias significativas en la distribución altitudinal en cada una de las familias (Arctiidae $P=0,0018$ y Saturniidae $P=0,0097$). La prueba de rangos múltiples mostró que para Arctiidae las diferencias se presentaron entre las estaciones Tambito–Esperanza y Esperanza–Mirabilis respectivamente. Probablemente estas tendencias de distribución se deben a su resistencia a cambios ambientales y a la amplia gama de plantas hospederas que facilitan el acceso de este grupo a gran variedad de recursos.

La familia Saturniidae, también mostró diferencias significativas en su tendencia de distribución altitudinal, pero la prueba de rangos múltiples no pudo determinar entre cuáles pares de altitudes se presentaron tales diferencias; esto debido a que el número de muestras obtenido fue muy pequeño y si bien aportan información valiosa para la definición de la

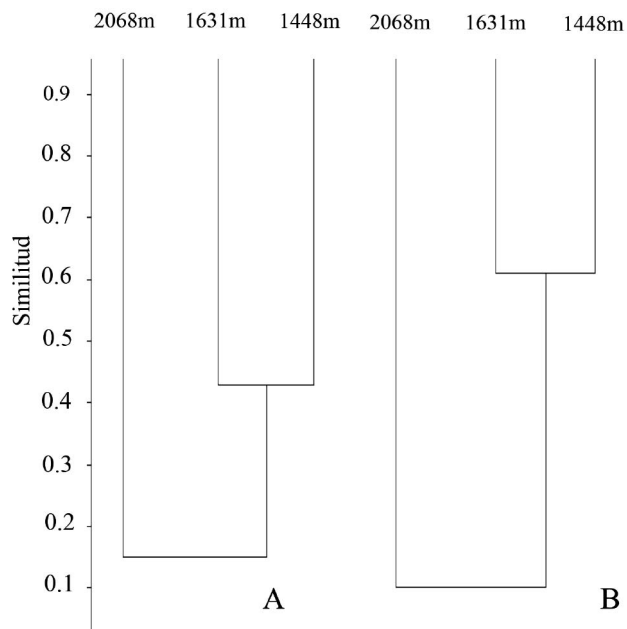


Figura 4. Dendrograma de Bray Curtis para las familias **A** Arctiidae y **B** Saturniidae en la Reserva Natural Tambito, Cauca Colombia.

tendencia altitudinal de esta familia, no es una muestra ideal para este análisis.

El índice de Bray Curtis también muestra un cambio gradual en la estructura de las comunidades que se da como consecuencia del reemplazo a nivel vegetacional entre los niveles altitudinales estudiados.

En conclusión, las tendencias de distribución altitudinal de Saturniidae están bien definidas adaptándose fácilmente a las características ambientales de las zonas bajas concordando con la regla de Rapoport. Entre tanto, las tendencias de distribución de la familia Arctiidae no se pueden determinar con certeza, pues a pesar de presentar mayor riqueza en la altitud media y rangos de distribución más amplios que los de la familia Saturniidae, la riqueza obtenida está por debajo del 50% según los estimativos utilizados.

Agradecimientos

A la fundación Proselva por el apoyo logístico y financiero del proyecto, al Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca por los materiales suministrados, a la fundación Idea Wild por suministrar parte de los equipos, al Dr. Carlos Sarmiento por el permiso para acceder a la colección de Saturniidae del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, a Bernardo Espinoza de INBIO por su colaboración con la identificación de ejemplares de Arctiidae y a los evaluadores de este documento por sus valiosos aportes.

Literatura citada

ABÓS, F. 2005. Análisis de las Comunidades de Mariposas en los Agroecosistemas en Aragón, España (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). *Revista de Lepidopterología* 33 (131).
 ALGARIN, C.; MARIN, M.; URIBE, S.; FREITAS, A. 2008. Tabla de vida de *Pseudodirphia pallida* (Lepidoptera: Saturniidae) en

condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (1): 116-120.
 AMARILLO, A. 1996. Nuevos Registros de Saturninos (Lepidoptera: Saturniidae) para Colombia. *Entomólogo* 24 (81): 12.
 AMARILLO, A. 1997. Actividad de Saturninos (Lepidoptera: Saturniidae) en la Reserva Natural Río Nambi Nariño, Colombia. *Boletín Museo de Entomología Universidad del Valle* 5 (2): 1-14.
 AMARILLO, A. 1998. Nuevos Registros de Saturninos (Lepidoptera: Saturniidae) para Colombia. II. *Entomólogo* 27 (86): 3.
 AMARILLO, A. 2000. Polillas Saturnidas (Lepidoptera: Saturniidae) de Colombia. *Biota Colombiana* 1 (2): 177-186.
 ARVID, J. 2003. Ecological Interpretations of the Mid-Domain Effect. *Ecology Letters* 6 (10): 883-888.
 BREHM, G.; FIEDLER, K. 2003. Faunal Composition of Geometrid Moths Changes with Altitude in an Andean Montane Rain Forest. *Journal of Biogeography* 30 (3): 431-440.
 BROWN, J.; LOMOLINO, M. 1998. *Biogeography*. 2d ed. Sinauer, Sunderland, Mass.
 CAMERO, R. 2003. Caracterización de la Fauna de Carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un Perfil Altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 27 (105): 491-516.
 CAMERO, E.; CALDERÓN, A. 2007. Comunidad de Mariposas Diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en un Gradiente Altitudinal del Cañón del Río Combeima - Tolima, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 12(2): 95-110.
 CARRANZA Q. 2004. La Diversidad Biológica de Colombia. Web site. <http://www.monografias.com/trabajos12/ladivbio/ladivbio.shtml>. Fecha última revisión: 15 agosto 2006. Fecha último acceso: 22 noviembre de 2009.
 CONTRERAS, A. 2009. Notas sobre *Psilopygida walkeri* (Grote, 1867) (Lepidoptera: Saturniidae) controlador biológico del jukerí-estero (*Mimosa pigra* Fabaceae) en la Ecorregión del Ñembucú. *Azariana* (Paraguay) 1 (8): 67-74.
 DECAËNS, T.; BONILLA, D.; RAMIREZ, L.; AMARILLO, A.; WOLFE, K.; BROSH, U.; NAUMAN, S. 2003. Diversidad de Saturniidae (Lepidoptera) en la Selva Andina de San José del Palmar (Alto Chocó Colombia). *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural. Manizales* 7: 58-59.
 FERNÁNDEZ, A.; CHILÍTO, W. 1998. Composición y Abundancia de la Comunidad de Lepidópteros Diurnos (Rhopalocera), en Tambito Departamento del Cauca. Tesis de grado. Fundación Universitaria de Popayán. 85p.
 FERRO, V.; DINIZ, I. 2007. Composição de Espécies de Arctiidae (Insecta: Lepidoptera) em Áreas de Cerrado. *Revista Brasileira de Zoologia* 24 (3): 635-646.
 FLEISHMAN, E.; AUSTIN, G.; WEISS, A. 1998. An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology* 79: 2472-2483.
 GRADOS, J. 2002. Los Arctiidae y Spingidae (Lepidoptera: Heterocera) del Santuario Histórico de Machu Pichu, Cuzco, Perú: Estudio preliminar. *Revista Perú biológico* 9 (1): 16-22.
 HERNÁNDEZ, F.; MAES, J.; LAGUERRE, M. 2004. Listado Preliminar de los Ctenuchinae (Insecta: Lepidoptera: Noctuoidea: Arctiidae) de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología* 64: 1-13.
 HEPPNER, J. 1991. Faunal Regions and the Diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2 (1): 1-85.
 HILT, N. 2005. Diversity and Species Composition of Two Different Moth Families (Lepidoptera: Arctiidae y Geometridae) Along a Successional Gradient in the Ecuadorian Andes. Doctoral Thesis. 251p.
 HOLDRIDGE, L. 1987. *Ecología Basada en Zonas de Vida*. Costa Rica: IICA. 206pp.
 JAFFÉ, K. 1993 *El Mundo de Las Hormigas*. Ediciones de la Universidad Simón Bolívar. Maracay. 190p.
 JIMÉNEZ, A.; MARTÍN, J.; MUNGUIRA, M. 2004. Patrones de diversidad de la Fauna de Mariposas del Parque Nacional de

- Cañaberos y su Entorno (Ciudad Real, España central), (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). *Animal Biodiversity and Conservation* 27: 2.
- KLUTS, A.; KLUTS, E. 1973. Los Insectos. Editorial Seix Barral, S.A. Barcelona. p. 151-157.
- LEMAIRE, C. 1978. Les Attacidae Americains. Attacinae. Édition. Neuilly-sur-Seine. 238 p.
- LEMAIRE, C. 1980. Les Attacidae Americains. Arsenurinae. Édition. Neuilly-sur-Seine. 199 p.
- LEMAIRE, C. 1987. Les Attacidae Americains. Ceratocampinae. Édition. Neuilly-sur-Seine. 416 p.
- LUNA, M.; LLORENTE, J. 2004. Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra Nevada, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20 (2): 79-102.
- MAES, M.; BARNES, M.; LAGUERRE, M.; CERDA, J. 2004. Fauna Entomológica de Nicaragua, Familia Arctiidae.
- MAC ARTHUR, R. 1969. Patterns of Communities in the Tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* 1: 19-30.
- MC COY, E. 1990. The Distribution of Insects along Elevational Gradients. *Oikos* 58: 313-322.
- MAGURRAN, E. 2004. Measuring the Biological Diversity. Blackwell Publishing Company. Carleton Australia. 475 p.
- MOSQUERA, L.; ROBLEDO, D.; ASPRILLA, A. 2007. Diversidad Florística de dos Zonas de Bosque Tropical Húmedo en el Municipio de Alto Baudó, Chocó-Colombia. *Acta biológica Colombiana* 12: 75-90.
- NOVONTY, V.; WEIBLEN, G. 2005. From Communities to Continents; Beta Diversity of Herbivorous Insects. *Annales Zoologici Fennici* 42: 463-475.
- PADRÓN, S. 2006. Lepidópteros Diurnos y Nocturnos de la Reserva Buenaventura (Piñas-Ecuador). *Lyonia* 9 (1): 53-65.
- PARDO, L. 2005. Sinopsis Preliminar de los Dynastini (Coleoptera: Scarabaeoidea) del Choco Biogeografico, Colombia. *Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural* 9: 206-221.
- PALACIOS, M.; CONSTANTINO, L. 2006. Diversidad de Lepidópteros Rhopalocera en un Gradiente Altitudinal en la Reserva Natural el Pangan, Nariño, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 10: 258-278.
- POTES, L. 2004. Megadiversidad. Web site. <http://www.prodiversitas.bioetica.org/nota63.htm> Fecha ultima revisión: junio 2006. Fecha ultimo acceso 22 de noviembre de 2009.
- PIÑAS, F.; RAB-GREEN.; MANZANO, I. 2000. Mariposas del Ecuador. Vol. 20. Familia Arctiidae. Subfamilias: Arctiinae y Pericopinae. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 32p. 84 plates.
- RACHELI, L.; RACHELI, T.; 2005. An Update Checklist of the Saturniidae of Ecuador. Part I: Hemileucinae. (Lepidoptera: Saturniidae). *Shilap Revista de Lepidopterología* 23 (130): 203-223.
- SALGADO, B.; ALCÁZAR, C. 2004. Plan de Manejo, Centro de Estudios Ambientales del Pacífico "Tambito". Componente descriptivo. Popayán. 121 p.
- SANDERS, N. 2002. Elevational Gradients in Ant Species Richness: Area, Geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25: 25-32.
- SANDERS, N.; MOSS, J.; WAGNER, D. 2003. Patterns of Ants Species Richness Along Elevational Gradient in Arid Ecosystem. *Global Ecology and Biogeography* 12: 93-102.
- SCOBLE, M. 1992. The Lepidoptera, Form, Function and Diversity. Natural History Museum Publications. Oxford University Press. New York. Pág. 332-336.
- STEVENS, G. 1992. The Elevational Gradient in Altitudinal Range: an Extension of Rapoport's Latitudinal rule to altitude. *American Naturalist* 140: 893-911.
- SUÁREZ, H.; RAMÍREZ, M. 2004. Anuros del Gradiente Altitudinal de la Estación Experimental y Demostrativa el Rasgón (Santander, Colombia). *Caldasia* 26(2): 395-416.
- STEEGE, H. 2004. Flora, Vegetation, Endemism and Altitudinal Gradients in the Guyana Highland Area: a Brief Overview. P. 139-146. En: Steege, H. ter (eds). *Plant diversity in Guyana: With recommendations for a Protected Areas Strategy*. Tropenbos. Series 18, Tropenbos Foundation, Wageningen, The Netherlands 400 p.
- TESTON, J.; CORSEUIL, E. 2004. Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) Capturados com Armadilha Luminosa, em Seis Comunidades no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 48 (1): 77-90.
- TOMAZ, W.; JANUZ, W. 2002. The Vertical Distribution of Pronophilina Butterflies (Nymphalidae, Satyrinae) Along an Elevational Transect in Monte Zepa (Cordillera de Mérida, Venezuela) with Remarks on Their Diversity and Parapatric Distribution. *Global Ecology and Biogeography* 11 (3): 211-221.
- WOLDA, H. 1987. Altitude, Habitat and Tropical Insect Diversity. *Biological Journal of the Linnean Society* 30: 313-323.

Recibido: 5-may-2009 • Aceptado: 24-sep-2010

Estadios y variación temporal de *Eurygerris fuscineris* (Heteroptera: Gerridae) en los Andes de Colombia

Stages and the temporal variation of *Eurygerris fuscineris* (Heteroptera: Gerridae) in the Andes of Colombia

DORA N. PADILLA-GIL¹ y OSVALDO ARCOS P.²

Resumen: Se describen e ilustran los estadios del desarrollo post-embionario de *Eurygerris fuscineris*. El número de individuos por estadio y la variación temporal, en época seca y lluviosa, se estudiaron en seis localidades, ubicadas en cuatro municipios del Departamento de Nariño, Colombia: Pasto, Buesaco, Funes y Tangua. Se colectaron 1.342 individuos, 831 adultos y 511 ninfas, de cinco estadios. Las poblaciones presentaron estabilidad temporal. No hubo diferencias significativas en cuanto a las épocas seca y lluviosa, como tampoco respecto a la altitud (2.260–2.700 m).

Palabras clave: Insectos acuáticos. Chinchas patinadores. América del Sur.

Abstract: The stages of post-embryonic development of *Eurygerris fuscineris* are described and illustrated. The number of individuals per stage and the temporal variation, during the dry and rainy seasons, were studied in six localities located in four municipalities of the Department of Nariño, Colombia: Pasto, Buesaco, Funes y Tangua. A total of 1,342 individuals were collected, 831 adults and 511 nymphs, corresponding to five stages. The populations exhibited temporal stability; there were no significant differences with respect to the dry and rainy seasons, nor with respect to altitude (2,260–2,700 m).

Key words: Aquatic insects. Water-striders. South America.

Introducción

Los gérridos están ampliamente distribuidos en los ecosistemas acuáticos lóticos y lénticos; en general están asociados a la película superficial del agua. En Colombia se han publicado varios estudios taxonómicos sobre los gérridos, entre estos los de Aristizabal (2002), Padilla y Nieser (2003), Polhemus y Polhemus (1995) y trabajos como los de Morales-Castaño y Molano-Rendón (2009) en relación con el género *Eurygerris*; sin embargo, los estudios sobre la fenología y ecología del grupo son escasos tanto en Colombia como en el neotrópico. Molano-Rendón *et al.* (2008) presentaron una descripción sobre el hábitat de las diferentes especies de gérridos encontrados en Colombia.

La especie objeto de estudio es *Eurygerris fuscineris* (Berg, 1898) en Colombia se presenta en la Región Andina y el Valle de Sibundoy. Morales-Castaño y Molano-Rendón (2009) incluyen en su rango de distribución a Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador, Venezuela, Guatemala y México. En los ecosistemas acuáticos altoandinos se observa la emergencia continua de la especie *E. fuscineris*, de ciclo multivoltino, con cinco estadios ninfales, y adultos, tanto ápteros como macrópteros (observación personal). Por ser una especie ampliamente distribuida en los ecosistemas acuáticos de los municipios de Pasto, Buesaco, Funes y Tangua, se eligió para evaluar su variabilidad en cuanto a abundancia en los diferentes estadios, así como de adultos ápteros y alados, en las épocas seca y lluviosa y la posible influencia de la altitud, en tal variabilidad (2260-2700 m).

El objetivo de este trabajo es determinar la variación temporal y altitudinal de *E. fuscineris* en ecosistemas acuáticos de los Andes del suroeste de Colombia. Estos resultados constituyen un aporte al conocimiento de la biología y ecología de esta especie en el neotrópico y pueden servir de base

para futuros estudios sobre fenología, ecología y genética de poblaciones y comunidades.

Materiales y Métodos

Área de estudio. Se muestrearon seis localidades, ubicadas en cuatro municipios: Pasto, Buesaco, Funes y Tangua (Fig. 1). Todas las localidades presentan un régimen de precipitación bimodal, la época más seca comprende los meses de junio a septiembre, la más lluviosa son octubre y noviembre (IGAC 1985). A continuación se citan las localidades de muestreo, y las fechas en las cuales se realizaron los muestreos, durante el 2009.

En el Municipio de Pasto, 1°10'12"N -77°12'36"W, las localidades: Daza y San Fernando, con una altitud de 2700 m y 2640 m, respectivamente. Daza: Junio 30, Octubre 12; San Fernando: Junio 17, Noviembre 11. En el Municipio de Buesaco, 1°23'38"N -77°08'54"W, las localidades: Villamoren y Rosal el Monte, con una altitud de 2330 m y 2420 m, respectivamente. Junio 19, Octubre 12.

En el Municipio de Funes, 0°48'-1°03'N-77°53'-33'W, Vereda La Cocha a 2340 m de altitud. Junio 3, Noviembre 2. En el Municipio de Tangua, 3°19'N-77°24'W, Vereda El Porvenir a 2260 m de altitud. Junio 24, Noviembre 16.

Muestreo. Cada localidad se visitó dos veces, una en época seca y otra en época lluviosa. Los muestreos se realizaron en las horas de la mañana. Se colectó el material con una red. Cuatro colectores trabajaron simultáneamente en cada sitio de muestreo. Los especímenes fueron transportados al laboratorio en frascos con etanol al 70%, donde posteriormente se procesaron y determinaron cada uno de los estadios. Los adultos fueron sexados y separados en ápteros y macrópteros (con ala completa); los estadios fueron

¹ Ph. D., Profesora Asociada, Universidad de Nariño, Ciudad Universitaria Torobajo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. Bloque 3, piso 4, Nariño, Colombia. dnpadilla@udenar.edu.co Autora para correspondencia. ² Zootecnista. Laboratorista, Universidad de Nariño, Ciudad Universitaria Torobajo, Nariño.



Figura 1. Localización de las poblaciones estudiadas de *E. fuscinervis* en el departamento de Nariño. B, Buesaco: 1. Villamoreno, 2. Rosal del Monte; P, Pasto: 3. Daza, 4. San Fernando; T, Tangua, 5. Vereda El Porvenir; F, Funes, 6. Vereda La Cocha.

asignados con base en las medidas del largo total y el ancho del pronoto.

Todos los especímenes examinados para el estudio de su desarrollo postembrionario proceden de la localidad de Funes, único sitio donde se observaron y colectaron huevos. En la descripción de los estadios ninfales se utilizan las siguientes abreviaturas: largo y ancho: L/A; largo total: Lt; ancho de la cabeza, a través de los ojos: Ac; ancho del pronoto, en su parte más ancha: Ap; ancho máximo del mesonoto: Am; abdomen largo total y ancho máximo a través del conexivo: abdomen L/A; ninfa hembra: Nh; ninfa macho: Nm. Todas las medidas en milímetros.

Para la comparación entre poblaciones se realizó un conteo total de los especímenes por estadio ninfal sin tener en cuenta el sexo de los estadios IV y V. Todos los adultos ápteros y macrópteros se contaron. Las abreviaturas adoptadas para cada estadio son: Ma, macho áptero; Ha, hembra áptera; Mm, macho macróptero; Hm, hembra macróptera; estadios ninfales n1-n5. Todos los especímenes fueron depositados en la colección de entomología de la Universidad de Nariño (PSO-CZ).

Se evaluó el efecto de altitud y la estacionalidad frente al número de individuos según su estadio de desarrollo, adultos ápteros macho y hembra, adultos macrópteros macho y hembra, y cinco estadios ninfales. Se aplicó el análisis de varianza ANOVA/MANOVA, mediante el software Statgraphics (2000).

Resultados

Desarrollo post-embionario. Se caracteriza el desarrollo post-embionario de la forma áptera de *E. fuscinervis* y se ilustra con base en la hembra, (Fig. 2). Para todos los estadios se presentan las medidas morfométricas luego la descripción.

Los tres primeros estadios son indistintos para machos y hembras, en los estadios IV y V se observa dimorfismo sexual, el cual se describe. El mesonoto en todos los estadios ninfales es más largo que el pronoto conservando una proporción 2:1; el mesonoto es más largo que el metanoto manteniendo una proporción 4:1.

Huevo (Fig. 2A) L 1,92; A 0,56. Color blanco, textura lisa, embebido por una sustancia transparente que lo protege, antes de eclosionar toma un color amarillo. Los huevos son depositados en la superficie y a ambos lados de una ramita flotante, estas ramas flotantes están cerca de la orilla del lago.

Estadio I (Fig. 2B) Lt 2,72; Ac 0,76; Ap 0,96; Am 1,28. Color castaño claro; centro dorsal de la cabeza, lados del pronoto, meso y metanotos con áreas castaño oscuro; ojos negros. Es visible la sutura ecdisial de la cabeza y una sutura que divide el mesonoto, éstas ausentes en el resto de estadios ninfales.

Estadio II (Fig. 2C) Lt 4,93; Ac 1,12; Ap 1,24; Am 1,60. Color castaño claro; ojos negros; disco del pronoto con una mancha clara a lo largo de la línea media dorsal, mesonoto con dos manchas cortas paralelas al eje medio del cuerpo, lados del margen mesopostnotal ligeramente esclerotizados y castaño oscuro.

Estadio III (Fig. 2D) Lt 5,86; Ac 1,28; Ap 1,44; Am 2,0. Similar a la descripción del estadio II, difiere en el mayor grado de esclerotización y oscurecimiento de los lados del margen mesopostnotal y metanoto con una mancha castaño oscuro a ambos lados de la línea media.

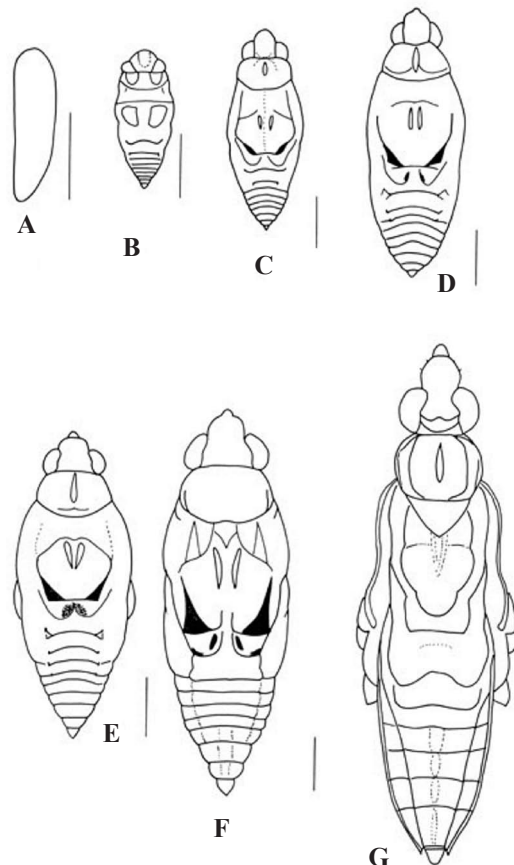


Figura 2. Vista dorsal de los estadios de *Eurygerris fuscinervis*. Estadios ninfales n1-n5 y adulto hembra, A. huevo, B. n1, C. n2, D. n3, E. n4, F. n5, G. adulto, patas y antenas omitidas. Escala 0.125.

Estadio IV (Fig. 2E) Nh: Lt 6,53; Ac 1,32; Ap 1,52; Am 2,16; abdomen L/A 1,92/1,84; esterno abdominal VII L/A 0,32/0,84 Nm: Lt 6,26; Ac 1,28; Ap 1,36; Am 1,84; abdomen L/A 1,76/1,28; esterno abdominal VII L/A 0,32/0,52

En los estadios IV y V se acentúa la coloración castaño oscuro mesopostnotal, en el metanoto, y el delineamiento castaño oscuro de los segmentos del abdomen dorsal.

Dimorfismo sexual: la Nh es un poco más robusta que la Nm y el abdomen de la Nm es más angosto. El conexivo de la Nm es ligeramente levantado en los segmentos I-IV y en la Nh es horizontal; el esterno abdominal VII tanto de la Nm como de la Nh es igual de largo pero en la Nh es más ancho; el esterno abdominal VIII en la Nh presenta una línea media difusa y la Nm carece de ésta.

Estadio V (Fig. 2F) Nh: Lt 8,10; Ac 1,60; Ap 1,72; Am 2,32; abdomen L/A 2,6/1,88; esterno abdominal VII L/A 0,56/1,04. Nm: Lt 7,60; Ac 1,40; Ap 1,68; Am 2,04; abdomen L/A 2,48/1,52; esterno abdominal VII L/A 0,36/0,60. Las ninfas en este estadio mantienen sus diferencias respecto al conexivo más engrosado en la Nm; el esterno abdominal VII, en la Nm es casi la mitad del tamaño de la Nh; en el esterno abdominal VIII de la Nh se observa una línea media, la Nm carece de ésta; urito IX es más largo que ancho en la Nm y en la Nh es más ancho que largo.

Adultos ápteros. Ma: Lt 9,46; Ac 1,32; Ap 1,60; Am 2,0; abdomen L, segmentos I-VII/A 2,44/1,40; esterno abdominal VII L/A 0,40/0,84. Ha (Fig. 2G): Lt 11,6; Ac 1,84; Ap 1,80; Am 2,84; abdomen L, segmentos I-VII/A 3,28/2,20; esterno abdominal VII L/A 0,8/1,44

Caracterización del hábitat. Daza, Pasto: se caracteriza por tener pozos pequeños de aguas lentas, rodeados por escasa vegetación circundante, sin vegetación flotante, sustrato compuesto por arena y rocas pequeñas, agua cristalina y profundidad menor a 50 cm. *E. fuscineris* se encontró como única especie.

San Fernando, Pasto: presenta pozos pequeños de aguas estancadas, rodeados por escasa vegetación de cultivos o potreros, sin vegetación flotante, sustrato arcillo-limoso, agua ligeramente turbia y profundidad menor a 50 cm. *E. fuscineris* se encontró como única especie.

Villamoreno, Buesaco: muestra un manantial de agua, de baja corriente, rodeado por árboles, una parte expuesta y la otra umbrosa, sin vegetación flotante, sustrato limoso, agua cristalina y profundidad menor a 50 cm. *E. fuscineris* coexiste con *Rhagovelia villamoreno* n. sp.

Rosal el Monte, Buesaco: presenta pozos de aguas lentas, rodeados por escasa vegetación circundante, sin vegetación flotante, sustrato compuesto por rocas pequeñas, agua cristalina y profundidad menor a 70 cm. *E. fuscineris* se encontró como única especie.

Vereda La Cocha, Funes: es un gran lago, rodeado por gramíneas, con vegetación flotante cerca de la orilla, agua cristalina y profundidad mayor a un metro. *E. fuscineris* coexiste con *Buenoa funensis* Padilla-Gil, 2010.

Vereda El Porvenir, Tangua: es un lago, rodeado por gramíneas, cubierto por helecho acuático flotante *Azolla filiculoides* y profundidad mayor a un metro. *E. fuscineris* se encontró como única especie.

En varias localidades de Buesaco, no consideradas para este estudio, de Rosal del Monte y Vereda Pajajoy, *E. fuscineris* se encontró en el Río Buesquito y quebradas de aguas rápidas, expuestas y cristalinas, coexistiendo con *Rhagovelia buesaquensis* Padilla-Gil, 2009.

En las localidades de Daza, Villamoreno, Rosal del Monte y Tangua también se observaron especímenes de *E. fuscineris* en pozos pequeños formados por aguas lluvia cercanos a los caminos. Generalmente los adultos se encuentran en grupos separados de aquellos donde están las ninfas; los adultos macrópteros también se encuentran separados de los ápteros.

Análisis comparativo de las poblaciones. Se colectaron y caracterizaron 1342 individuos, 831 adultos y 511 ninfas de los diferentes estadios ninfales de las seis localidades. El número total de individuos por época en cada una de las localidades se indica en la Tabla 1. La localidad donde se colectó el mayor número de individuos fue Rosal del Monte (334) y aquella con el menor número de individuos fue Daza (106). No hubo diferencias en la abundancia de los estadios de *E. fuscineris* entre épocas seca y lluviosa en ninguna de las localidades ($F = 1,15$, $P > 0,05$).

Los estadios por localidad presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$), para cuatro localidades: San Fernando ($F = 39,75$), Villamoreno ($F = 7,04$), Rosal del Monte ($F = 10,29$), y Funes ($F = 10,85$). Las dos localidades que no presentaron diferencias significativas fueron Daza y Tangua ($P > 0,05$). La altitud no marcó diferencias significativas ($F = 1,91$, $P > 0,05$).

En San Fernando, los estadios con diferencias significativas fueron los adultos ápteros machos y hembras (Fig. 3A); en Villamoreno las diferencias las presentaron los estadios adultos ápteros machos, las hembras ápteras y el estadio ninfal I (Fig. 3B); en Rosal del Monte se presentaron cuatro grupos, los adultos ápteros machos, las hembras ápteras, los adultos macrópteros machos y hembras, y el resto de estadios ninfales (Fig. 3C). En Funes, se presentan tres grupos, machos ápteros, hembras ápteras y el resto de los estadios (Fig. 3D).

Es de señalar que en Daza y Funes no se registraron adultos macrópteros y en San Fernando y Rosal del Monte, se colectaron sólo en época lluviosa; en las otras dos localidades predominaron en época lluviosa.

Tabla 1. Número total de individuos, ninfas y adultos capturados de *E. fuscineris*, por época y localidad.

Localidad	Daza	Fernando	Villamoreno	Rosal	Funes	Tangua
Época seca						
adultos	19	98	107	77	66	26
ninfas	43	22	40	53	42	20
Época lluviosa						
adultos	0	89	85	98	102	64
ninfas	44	20	42	106	25	54

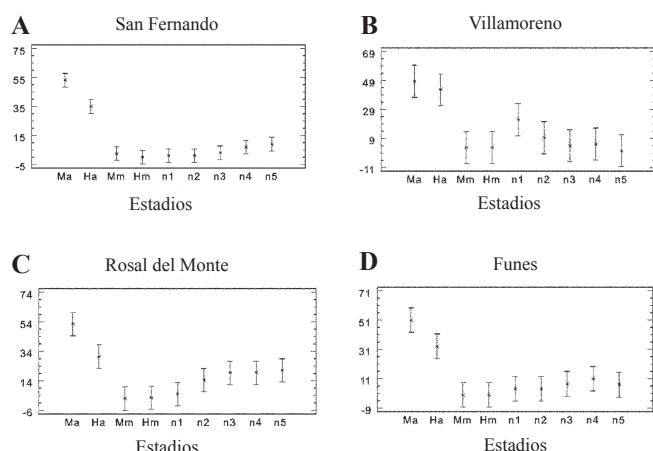


Figura 3. Variación del número de individuos por estadio de *E. fuscineris* en las diferentes localidades, **A.** San Fernando, **B.** Villamoreno, **C.** Rosal del Monte, **D.** Funes. Ma, macho áptero; Ha, hembra áptera; Mm, macho macróptero; Hm, hembra macróptera; estados ninfales n1-n5.

En la época seca, en Tangua los estadios ninfales uno y dos y en Funes, el estadio ninfal uno, no se registraron. Predominan los machos ápteros con más del 55% (55-79%) para casi todas las localidades excepto para Villamoreno, en época lluviosa, donde dominaron las hembras ápteras con un 66% y Tangua, también en época lluviosa, con el 52% de hembras ápteras. En época seca, se colectaron cuatro individuos macrópteros en Villamoreno (dos) y en Tangua (dos). En época lluviosa los machos de la forma macróptera fueron levemente más frecuentes con el 51% que las hembras 49%.

Discusión

En Argentina Mazzucconi y Bachmann (1993a, 1993b) registraron formas micrópteras para *E. fuscineris*; además señalan la asociación de las formas áptera y macróptera con ambientes estables e inestables respectivamente. En el material colectado en las seis localidades, no se detectó la forma micróptera; predominó la forma áptera (95%), y los machos ápteros; del 5% de los adultos correspondientes a la forma macróptera, el 90% fue colectado en época lluviosa, y la relación entre machos y hembras se aproximó a uno.

La presencia de mayor número de individuos alados en la época lluviosa, probablemente está relacionada con la dispersión de la especie, a través de la colonización de nuevas charcas temporales, formadas en época de mayor precipitación. Por otra parte como señala Andersen (1982) el polimorfismo alar puede ser favorecido, si los hábitats preferidos son una mezcla de sitios permanentes y temporales, tal parece ser el caso de *E. fuscineris*. Los mecanismos ambientales o genéticos que determinan el polimorfismo alar en esta especie constituyen un campo inexplorado.

El rango altitudinal en el cual se colectaron los especímenes (2.260-2.700 m) no marco una diferencia significativa en las poblaciones. Se amplió el rango altitudinal, indicado para esta especie por Molano-Rendón *et al.* (2008) desde los 1800 m hasta los 2.700 m.

No hubo diferencias significativas entre las épocas seca y lluviosa; también se observó el predominio de adultos ápte-

ros y la presencia de todos los estadios ninfales. Esto lejos de ser resultados concluyentes debido al muestreo, nos permiten verificar la existencia de estas poblaciones y conocer algunos aspectos sobre su estado actual espacio-temporal e igualmente sirven como punto de partida para el planteamiento de otros interrogantes sobre la biología y ecología de esta especie como son: cuáles son las características y duración del ciclo de vida?, cuántos huevos son ovipositados por hembra y en qué lapso?, se mantienen las frecuencias de emergencia de los adultos formas ápteras y macrópteras por población/año?, qué factores ambientales influyen para el mantenimiento de las poblaciones a través del año?, las poblaciones presentan suficiente cantidad de adultos y estadios ninfales para asegurar su continuidad temporal y espacial?, qué factores inciden para mantener la abundancia de los distintos estadios?

Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes G. Montenegro y N. Nicola, por su ayuda en las salidas de campo. A la Vicerrectoría de Investigaciones (VIPRI) de la Universidad de Nariño por financiar esta investigación. A Carlos E. Sarmiento, editor de la revista y a dos revisores anónimos por la revisión del manuscrito.

Literatura citada

- ANDERSEN, N. M. 1982. The semiaquatic bugs (Hemiptera, Gerromorpha). Entomograph 3: 1-455.
- ARISTIZÁBAL, H. 2002. Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia. Parte I. Familia Gerridae. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Editora Guadalupe, Bogotá. Colombia. 239 p.
- IGAC (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI). 1985. Nariño Aspectos Geográficos. Bogotá D. E. 118 p.
- MAZZUCCONI, S. A.; BACHMANN, A. O. 1993a. Micropterismo en *Eurygerris fuscineris* (Berg, 1898) (Heteroptera: Gerridae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 52(1-4): 53-56.
- MAZZUCCONI, S. A.; BACHMANN, A. O. 1993b. Familia Gerridae (Heteroptera): estudio comparativo de las alas de las especies argentinas, chilenas y uruguayas. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 52(1-4): 87-99.
- MOLANO-RENDÓN F.; MORALES-CASTAÑO I. T.; SERRATO-HURTADO C. 2008. Clasificación y Hábitats de Gerridae (Heteroptera-Gerromorpha) en Colombia. Acta Biológica Colombiana 13(2):41-60.
- MORALES-CASTAÑO, I.; MOLANO-RENDÓN, F. 2009. Revisión de los géneros *Eurygerris* y *Tachigerris* (Hemiptera: Tachygerrini) para la región neotropical. Revista Mexicana de Biodiversidad 80: 395-410.
- PADILLA, D. N.; NIESER, N. 2003. Nueva especie de *Tachigerris* y nuevos registros de colecta de las Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) de Colombia. Actualidades Biológicas 25(78): 39-49.
- POLHEMUS, J. T.; POLHEMUS, D. A. 1995. A phylogenetic review of the *Potamobates* fauna of Colombia (Heteroptera: Gerridae) with descriptions of three new species. Proceedings of Entomological Society of Washington 97 (2): 350-372.
- STATGRAPHICS. 2000. Statgraphics version 5.0. www.statgraphics.com

Recibido: 3-mar-2010 • Aceptado: 26-oct-2010

Cuatro especies nuevas de Alysiinae (Hymenoptera: Braconidae) y registro nuevo para Colombia

Four new species of Alysiinae (Hymenoptera: Braconidae) and a new record from Colombia

Oscar Dix¹

Resumen: Se describen cuatro especies nuevas de la subfamilia Alysiinae de Colombia: *Alysiasta lunae* n. sp., *Idiasta dixi* n. sp., *Tanycarpa edithae* n. sp. y *T. sarmientoi* n. sp. Se provee una clave taxonómica para separar las especies del género *Alysiasta* del Nuevo Mundo. Adicionalmente se amplía la variación morfológica registrada para las especies *I. delicata* y *A. pilopedibus* y se ofrece evidencia a favor de la reubicación de *A. pilopedibus* en el género *Gnathopleura*.

Palabras clave: *Alysiasta*. *Idiasta*. *Tanycarpa*. Parasitoides. Nuevas especies.

Abstract: Four new species of the subfamily Alysiinae are described from Colombia: *Alysiasta lunae* sp. n., *Idiasta dixi* sp. n., *Tanycarpa edithae* sp. n. and *T. sarmientoi* sp. n. A taxonomic key to separate the species of the genus *Alysiasta* in the New World is provided. Additionally, morphological variation reported for the species *I. delicata* and *A. pilopedibus* is broadened and evidence supporting the transfer of *A. pilopedibus* to the genus *Gnathopleura* is provided.

Key words: *Alysiasta*. *Idiasta*. *Tanycarpa*. Parasitoids. New species.

Introducción

Alysiinae es una de las subfamilias más ricas de Braconidae con más de 1900 especies descritas a nivel mundial (Yu y Achterberg 2005). El grupo es considerado monofilético basado en la posesión de mandíbulas dirigidas hacia afuera, no sobrelapadas (exodontas) y en su endoparasitismo de dípteros ciclorrafos (Wharton 2002).

Actualmente se reconocen dos tribus de Alysiinae: Alysiini con 70 géneros y Dacnusiini con 32 géneros (Shenefelt 1974; Wharton 1997; Yu y Achterberg 2005). Los dacnusiinos se consideran monofiléticos dada la pérdida de la vena r-m en el ala anterior y su confinamiento casi exclusivo a hospederos de la familia Agromyzidae, mientras que los Alysiini están definidos por simplesiomorfias de suerte su monofilia está en discusión. Ambas tribus se han revisado a nivel genérico para el Nuevo Mundo registrando 41 géneros en conjunto (Wharton 1980, 1994; Riegel 1982). Existen monografías para casi todos los géneros de Alysiini (Papp 1969; Shenefelt 1974; Fischer 1974, 1975; Wharton 1977, 1980, 1986, 1988; Achterberg 1986), mientras que Dacnusiini está pobremente estudiada y requiere mayores muestreos y trabajos taxonómicos.

Los géneros *Alysiasta* Wharton, 1980, *Idiasta* Foerster, 1862 y *Tanycarpa* Foerster, 1862 pertenecen a la tribu Alysiini. *Alysiasta* es considerado similar a los géneros *Microcrasis* Fischer, 1975 y *Gnathopleura* Fischer, 1975 (Wharton 1980), pero difiere de estos en la posesión de tres dientes mandibulares. El género comprende diez especies descritas a nivel mundial, de las cuales cuatro se distribuyen en la Región Neotropical (Fischer 2006; Yu y Achterberg 2005) y dos han sido asociadas a dípteros que se reproducen en el estiércol (Wharton 1997). *Alysiasta* cuenta con revisiones desarrolladas por Wharton (1980) y Fischer (1991, 2006).

El género *Idiasta* ha sido separado de otros miembros de Alysiini por presentar el primer flagelómero más corto que el segundo, la mandíbula tridentada y algunos caracteres de la venación alar como: estigma del ala anterior ancho, discreto y en forma de cuña, vena 2RS más larga que la vena 3RSa, vena (RS+M)b presente y vena m-cu del ala posterior bien desarrollada (Wharton 2002). *Idiasta* posee 39 especies descritas a nivel mundial de las cuales tres se distribuyen en la Región Neotropical (Yu y Achterberg 2005). El taxón fue revisado por Königsmann (1969), Papp (1969), Fischer (1975) y Wharton (1980, 2002) y su biología es pobremente conocida.

El género *Tanycarpa* está estrechamente relacionado con los géneros *Alysia* Latreille, 1804 y *Pseudomesocrina* Koenigsmann, 1959, pero se diferencia en el grosor del estigma y en la esculturación del esternaulo respectivamente (Wharton 1980). *Tanycarpa* posee 18 especies descritas a nivel mundial, de las cuales cuatro se distribuyen en la región Neártica (modificado de Yu y Achterberg 2005). Wharton (1980, 1997) indica la distribución del género para la Región Neotropical, sin elaborar descripciones de especies ligadas a dicho registro. *Tanycarpa* cuenta con los trabajos revisionales de Fischer (1970), Achterberg (1976) y Wharton (1980, 2002).

En el presente trabajo se describen cuatro nuevas especies de la subfamilia Alysiinae, dos de ellas del género *Tanycarpa* y las restantes de los géneros *Alysiasta* e *Idiasta*. Así mismo se provee una clave para la identificación de las especies del Nuevo Mundo del género *Alysiasta*, se amplía la variación morfológica registrada para la especie *Idiasta delicata* (Papp, 1999), se presenta evidencia a favor de la reubicación de *Alysiasta pilopedibus* Fischer, 2006 en el género *Gnathopleura* y se identifica a esta última especie como un nuevo registro para Colombia.

¹ M. Sc., Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Carrera 14D N°47-66 Urbanización Los Angeles, Montería, Colombia. oscar-dix@gmail.com

Materiales y Métodos

Las medidas de los ejemplares se realizaron en un estereoscopio Advance Optical 100X con un ocular micrométrico siguiendo las definiciones de los índices propuestos por Sharkey y Wharton (1997) y Kula y Zolnerowich (2005, 2008) excepto las siguientes proporciones que se definen a continuación: relación proyección ojo-gena/largo témpora: distancia entre el margen anterior de la gena y una proyección longitudinal del margen posterior del ojo/distancia entre los márgenes anterior y posterior de la témpora a través de la línea media del ojo, para ambas medidas la cabeza debe estar posicionada en vista lateral de tal forma que la mitad del ocelo posterior y la base superior de la mandíbula estén en línea recta; relación ancho sutura frontoclipeal/ancho tórulo: distancia entre los bordes de la sutura a través de su eje medial/distancia más larga entre los bordes internos de los tórulos; largo/ancho del diente dos: distancia entre el ápice del diente dos hasta el borde interno del diente tres a través de su eje medial/distancia entre las proyecciones paralelas de las esquinas basales del diente dos; ancho diente uno/ancho diente tres: debe medirse de tal forma que sus bordes supero e inferoapicales queden en el mismo plano; largo del diente tres/largo diente uno: las longitudes se obtienen al medir la distancia máxima entre el extremo apical del diente y la mitad de la base mandibular en su eje medial; largo hendidura medial/ancho intertegular: distancia entre sus extremos anterior y posterior/distancia entre las tégulas en vista dorsal; relación ancho dorsal anterior/ancho dorsal posterior del escudelo: distancia entre las esquinas anteriores del escudelo/distancia entre los márgenes laterales posteriores del mismo. Las instituciones depositarias del material son: Museo de Entomología Francisco Luis Gallego (MEFLG) en la Facultad de Ciencias de Universidad Nacional de Colombia en Medellín, Naturhistorischen Museum Wien (NMW) en Austria, Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander Von Humboldt (IAvH) en Villa de Leyva, Colombia y Museo de Historia Natural, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia (ICN) en Bogotá.

Alysiasta lunae n. sp. (Fig. 1A-E)

♀. **Cabeza:** bulbosa, 1,56-1,60 veces más ancha que larga, 1,45-1,65 veces más ancha que la cara y 1,42-1,48 veces más ancha que el ancho intertegular. Clípeo liso, 1,5-2,0 veces más ancho que largo, triangular, prominente, débilmente convexo, con el margen lateral separado de la fosa tentorial, punteaduras dispersas y pilosidad densa y alargada (los pelos más largos exceden por más de dos veces el largo del clípeo). Sutura frontoclipeal angosta (0,15-0,28 veces más ancha que el ancho torular), relativamente superficial y con estriaciones longitudinales. Fosa tentorial ocupando aproximadamente 1/8 de la distancia entre el margen lateral del clípeo al ojo. Cara corta, 2,6-2,7 veces más ancha que alta, lisa, pulida, protuberante medialmente, con punteaduras separadas por una distancia mayor que su diámetro y pilosidad densa y alargada. Distancia tórulo-ojo 1,1-1,2 veces mayor que el diámetro torular. Antenas insertadas sobre una especie de repisa, con 24 segmentos; segundo flagelómero 1,37-1,39 veces más largo que el primero y 1,38-1,57 veces más largo que el tercero. Frente pulida, glabra, con una depresión crenulada en la base de la antena y con un par de surcos crenulados curvados débil-

mente impresos entre la antena y los ocelos. Ocelos formando un triángulo isósceles, distancia entre el ocelo posterior y el margen interno del ojo 1,12-1,15 veces mayor que la distancia interocelar. Vértice liso, pulido y con pilosidad muy dispersa. Témporas ensanchadas, en vista dorsal débilmente más anchas que los ojos. Ojos glabros, 0,80-0,88 veces más largos que altos, débilmente protuberantes hacia las témporas (la relación proyección ojo-gena/largo témpora es 0,20-0,32), y con largo 1,05-1,18 veces mayor que el de éstas. Espacio malar corto, aproximadamente 1/7 del alto del ojo. Mandíbula pilosa, 1,63-1,79 veces más larga que su ancho apical, con ancho apical 0,89-0,91 veces mayor que el ancho basal, rugulosa en los dos tercios basales y con tres dientes; diente uno ampliamente redondeado, separado del diente dos por una muesca ensanchada y con ancho inferior al del diente tres (la relación ancho diente uno/ancho diente tres es 0,83-0,86), diente dos ensanchado, 0,94-1,04 veces más largo que ancho y 0,38-0,39 veces más largo que el ancho apical de la mandíbula, diente tres ampliamente redondeado y excediendo débilmente la longitud del diente uno (la relación largo del diente tres/largo del diente uno es 1,06-1,07); desde la base del diente tres se origina una carena que se desplaza hasta casi alcanzar la base mandibular y que limita una superficie inferior lisa.

Mesosoma: 1,43-1,55 veces más largo que alto, 1,50-1,89 veces más largo que ancho, 1,05-1,22 veces alto que ancho y 1,23 veces más alto que la cabeza. Pronoto pulido, con el margen posterior crenulado en vista dorsal; pronope presente. Propleura y zona ventral del mesosoma lisas y pulidas. Mesoscuto liso, 1,17 veces más ancho que largo, pulido, con bordes laterales lisos y pilosidad esparcida a lo largo del notaulo y alrededor de la hendidura medial, siendo débilmente más densa en las esquinas laterales anteriores; hendidura medial oval, 0,08-0,09 veces más larga que el ancho intertegular; notaulo profundo en su mitad anterior y obsolescente posteriormente, débilmente crenulado basalmente a liso en toda su extensión y alcanzando la hendidura medial; el elevado lóbulo medio mesonotal causa que el notaulo parezca más fuertemente impreso. Surco escudelar 2,50-2,68 veces más ancho que largo con carena media presente y áreas laterales con carenas longitudinales más débilmente desarrolladas. Escudelo y axilas lisos, pulidos y con pilosidad dispersa; ancho dorsal escudelar anterior 2,69-2,83 veces mayor que el ancho posterior. Postaxila lisa y glabra. Metanoto en vista lateral como una prominencia apical roma por debajo del nivel del escudelo, en vista dorsal con campos laterales crenulados en el margen posterior y con carenas media y laterales fuertemente impresas. Propodeo pulido, con la porción posterior fuertemente inclinada, casi recta en vista dorsal; areola propodeal presente aunque algunas veces opacada por la escultura propodeal rugosa, carenas transversales anteriores fuertemente impresas y uniendo al espiráculo con la areola; sección anterior propodeal más débilmente esculturada que la porción posterior. Surco precoxal ensanchado, ausente hacia la coxa media y con crenulación presente en toda su superficie. Mesopleura pulida, con la depresión subalar y el área situada por debajo de ésta débilmente crenulada; margen posterior de la mesopleura totalmente crenulado. Metapleura rugulosa y con pilosidad densa. Patas con fémur posterior 5,23-5,27 veces más largo que su ancho medial.

Alas: Ala anterior con estigma 3,31-3,60 veces más largo que ancho, no bisectado longitudinalmente y con la porción basal

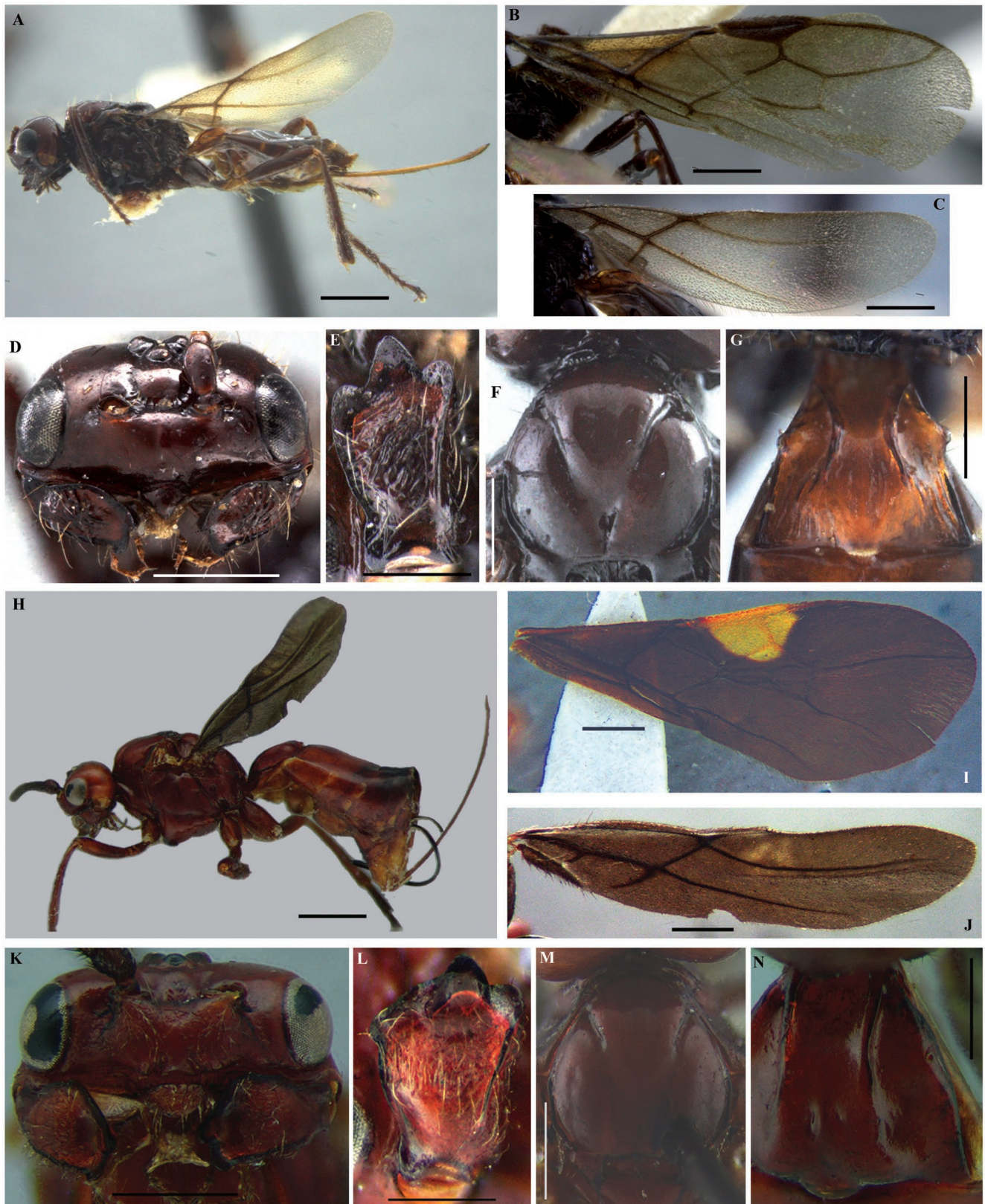


Figura 1. *Alysiasta lunae* n. sp. **A.** Hábito lateral, **B.** Ala anterior, **C.** Ala posterior, **D.** Cabeza en vista frontal, **E.** Detalle de la mandíbula, **F.** Mesoscutum en vista dorsal, **G.** Peciolo en vista dorsal. *Gnathopleura pilopedibus* (Fischer, 2006), comb. nov. **H.** Hábito lateral, **I.** Ala anterior, **J.** Ala posterior, **K.** Cabeza en vista frontal, **L.** Detalle de mandíbula, **M.** Mesoscutum en vista dorsal, **N.** Peciolo en vista dorsal. Figuras A - D, H - K, F y M: 1mm. Barra de escala E, G, L y N: 0,5mm.

más larga que la distal. Vena r 0,33-0,35 veces más larga que la vena 2RS, e insertada distalmente en el estigma. Segunda celda submarginal 2,03-2,16 veces más larga que su alto máximo. Vena 2RS semirecta, 1,66-1,83 veces más larga que la vena r-m y 1,26-1,28 veces más larga que la vena 3RSa. Vena 3RSa 2,25-2,36 veces más larga que la vena r. Vena 3RSb fuertemente curvada hacia afuera y 2,53-3,04 veces más larga que la vena 3RSa. Vena 1m-cu intersticial a muy débilmente posfurcal. Vena 1CUB 1,06-1,33 veces más larga que la vena 1m-cu. Vena 1cu-a posfurcal por una distancia inferior o igual a su longitud (la relación largo de la vena 1CUa/largo de la vena 1cu-a es 0,74-1,0). Celda subdiscal cerrada, con la vena 2CUB insertada por encima de su mitad, nunca intersticial, con la vena 2CUa inclinada unos 45° respecto a la vena 1CUB y 0,5-0,83 veces más larga que la vena 2cu-a. Ala posterior aproximadamente 4,15 veces más larga que su ancho máximo, con tres hámulos, vena 1M aproximadamente 0,96 veces más larga que la vena M+CU y 1,05-1,16 veces más larga que la vena r-m; vena m-cu fuertemente impresa, prácticamente intersticial y casi alcanzando el margen inferior del ala.

Metasoma: Primer tergo metasomal con escultura débilmente estrigosa en la mitad posterior, 0,88-0,92 veces más largo que su ancho apical, con ancho apical 2,3-2,37 veces mayor que el ancho basal. Carenas dorsales del peciolo subparalelas a fuertemente divergentes y ausentes posteriormente. Tergos metasomales dos en adelante lisos y pulidos. Vainas del ovipositor con dos filas de pelos alargados y esparcidos; ovipositor 1,19-1,24 veces más largo que la tibia posterior y 1,31-1,52 veces más largo que el mesosoma.

Color: marrón oscuro a marrón rojizo oscuro; cara y clipeo marrón rojizo; frente, vértice, occipucio, témpora y genas marrón amarillento a marrón rojizo; mandíbula marrón rojizo oscuro con los bordes marrón oscuro; labro blancuzco con palpos maxilares marrón pálido; antena con escapo y pedicelo marrón rojizo, anelo amarillo y el resto de los segmentos antenales marrón oscuro; mesoscudo marrón rojizo; tégula marrón a marrón oscuro; escudelo, axila, postaxila, metanoto, mesopleura y metapleura marrón oscuro o con meso y metapleura marrón rojizo oscuro; propodeo marrón rojizo a marrón rojizo oscuro; alas débilmente infuscadas con el estigma y la mayor parte de la venación marrón oscuro; peciolo y porción basal del tergo metasomal dos amarillo oscuro, el resto de los tergos metasomales marrón rojizo a marrón rojizo oscuro; vainas del ovipositor marrón rojizo a marrón rojizo oscuro; patas marrón rojizo.

♂: Desconocido

Diagnosis: Difiere de las demás especies de *Alysiasta* descritas para el Nuevo Mundo en la posesión de un ovipositor más corto (1,19-1,24 veces más largo que la tibia posterior), la mandíbula con ancho basal mayor que el ancho apical (la relación ancho basal/ancho apical de la mandíbula es 1,09-1,11) y en la coloración.

Biología: Especie asociada al estiércol.

Material Examinado: Holotipo: 1 ♀: Colombia. Antioquia. Medellín. 06°15'20"N-75°33'52"W. 1486 m Sep-1941. F. L. Gallego Leg. En estiércol de establo. [MEFLG-892]. Para-

tipo: 1 ♀: Con los mismos datos del holotipo. Holotipo y paratipo en el mismo alfiler.

Etimología: Esta especie es nombrada para conmemorar el legado del abuelo del autor, recientemente fallecido.

Gnathopleura pilopedibus
(Fischer, 2006), nueva combinación.
(Figs. 1H-N)

Historia taxonómica

Alysiasta pilopedibus, Fischer, 2006. Linzer biol. Beitr. 38, 1:610-612, Holotipo ♀.

Variación respecto a la descripción de la especie

♀: cabeza 2,1 veces más ancha que larga; ojos débilmente protuberantes hacia las témporas (la relación proyección ojo-gena/largo de las témporas es 0,30) y 0,93 veces más largos que éstas últimas; la distancia ocelo posterior y margen interno del ojo es 1,13 veces mayor que la distancia ocelar, clipeo 1,86 veces más ancho que alto, mandíbula 1,45 veces más larga que ancha, segundo flagelómero 1,4 veces más largo que el primero, mesosoma 1,13 veces más largo que alto, mesoscudo 1,25 veces más ancho que largo, surco escudelar 3,26 veces más ancho que largo, surco precoxal ausente o liso, fémur posterior 6,31 veces más largo que su ancho medial; ala anterior con vena 2RS 1,25 veces más larga que la vena 3RSa, vena 3RSb 3,33 veces más larga que la vena 3RSa; primer tergo metasomal 0,9 veces más largo que su ancho apical, con ancho apical 2,55 veces mayor que el ancho basal, ovipositor 1,8 veces más largo que el mesosoma.

♂: no registrado en este estudio.

Biología: desconocida.

Material revisado: Paratipo: 1 ♂: Brasil. Matto Grosso. 725 m. [NMW]. 1 ♀: Colombia. Amazonas. Parque Amacayacu. Bosque secundario. Trocha al río Amacayacu. 180 m. 6-oct-1988. Fernando Fernández Leg. [ICN].

Discusión: Después de revisados el paratipo macho de esta especie identificado como *Alysiasta pilopedibus* variedad *ruficeps* y un ejemplar hembra de ese taxón registrado en este estudio, se encuentra evidencia a favor de la reubicación de esta especie en el género *Gnathopleura* con base en los siguientes caracteres: presencia de un cuarto diente mandibular entre los dientes uno y dos, mandíbula sin una muesca diferenciada entre los dientes uno y dos, primer flagelómero más corto que el segundo, surco precoxal ausente o liso, vena r insertada subdistalmente en el estigma, vena 2RS igual o más larga que la de la vena 3RSa, metanoto con reborde medial bien diferenciado y grado de inclinación de la vena 3RSb.

Clave para la identificación de las especies del nuevo mundo del género *Alysiasta* Wharton, 1980
(modificada de Wharton 1980)

1. Surco precoxal ausente. 5.4-11.5mm. (conocida de Venezuela, Argentina, Bolivia, Brasil)..... *Gnathopleura pilopedibus* (Fischer, 2006), nueva combinación ♀♂
- Surco precoxal esculturado2

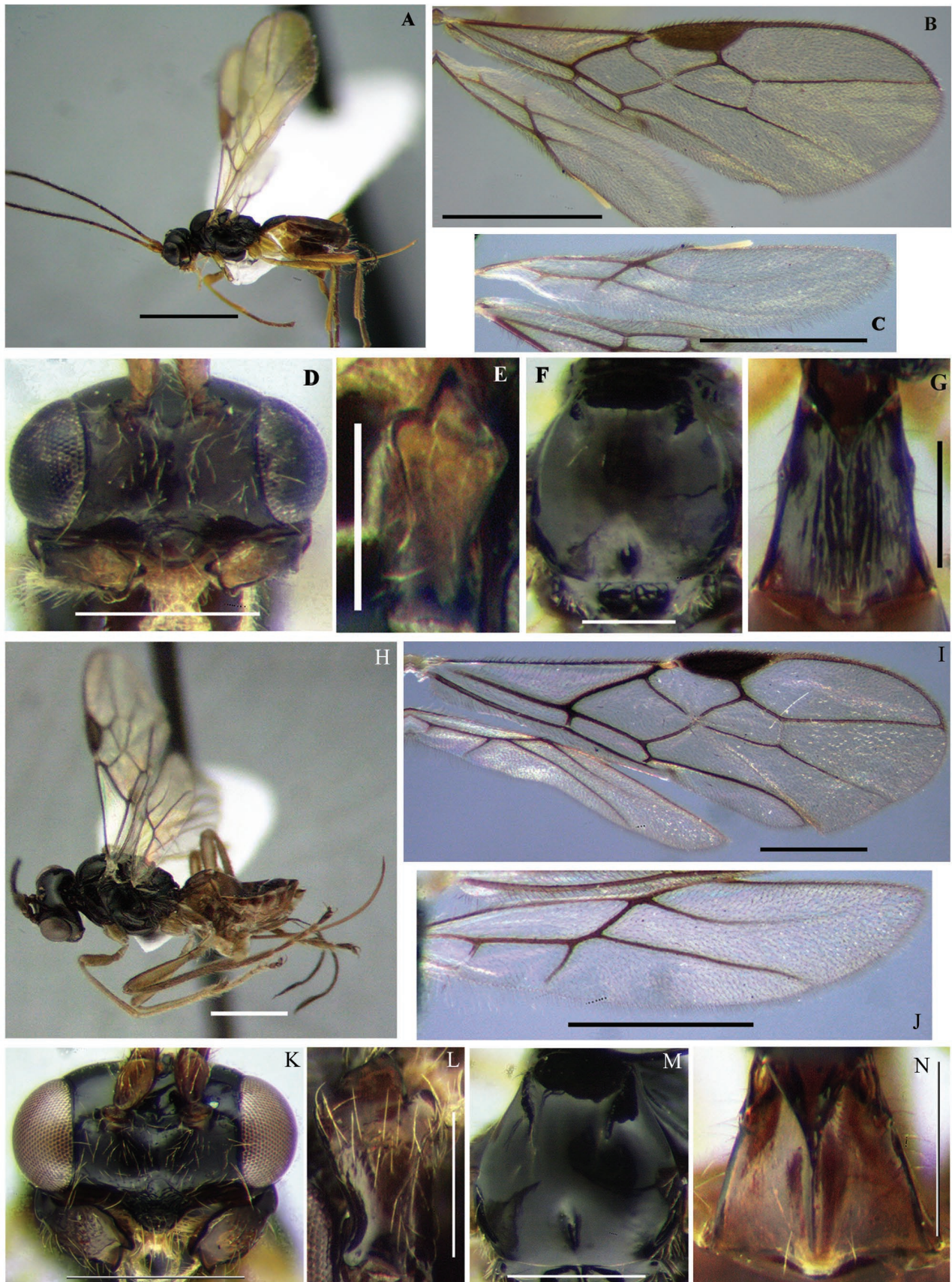


Figura 2. *Idiasta dixi* n. sp. **A.** Hábito general, **B.** Ala anterior, **C.** Ala posterior, **D.** Cabeza en vista frontal, **E.** Detalle de la mandíbula, **F.** Mesoscudo en vista dorsal, **G.** Peciolo en vista dorsal. *Idiasta delicata*. **H.** Hábito lateral, **I.** Ala anterior, **J.** Ala posterior, **K.** Cabeza en vista frontal, **L.** Detalle de mandíbula, **M.** Mesoscudo en vista dorsal, **N.** Peciolo en vista dorsal. Figuras A – C y H – K, barra de escala: 1mm. Figuras D y L – N: barra de escala: 0,5mm, Figuras E – G: barra de escala 0,25mm.

2. Hembra3
 – Macho6
 3. Ovipositor aproximadamente 1,19-1,24 veces más largo que la tibia posterior; metasoma con peciolo y porción basal del tergo metasomal dos amarillo oscuro, el resto de los tergos metasomales marrón rojizo a marrón rojizo oscuro
*A. lunae* n. sp. ♀
 – Ovipositor al menos dos veces más largo que la tibia media; coloración del metasoma variable pero nunca con el patrón descrito arriba (metasoma enteramente naranja o peciolo negro con el resto del metasoma marrón oscuro a casi enteramente naranja)4
 4. Alas hialinas; ala anterior con segunda celda submarginal al menos dos veces más larga que su alto máximo; témporas más largas que los ojos*A. caltagironei* Wharton, 1980
 – Alas muy oscuras; ala anterior con segunda celda submarginal con largo inferior a dos veces su alto máximo; témporas tan largas o débilmente más cortas que los ojos5
 5. Cara, frente, témporas y occipucio naranja brillante; segunda celda submarginal al menos 1,65 veces más larga que su alto máximo*A. championi* (Cameron, 1987)
 – Cara, la mayoría de la frente, témporas y occipucio marrón rojizo oscuro; parches naranjas presentes sobre la frente a lo largo del margen de los ojos; segunda celda submarginal con largo inferior a 1,60 veces el alto máximo*A. chontalensis* (Cameron, 1987)
 6. Mesonoto y peciolo negros o casi enteramente negros; ojos mucho más cortos que las témporas; notaulo completo, alcanzando la hendidura medial y usualmente crenulado en toda su extensión*A. caltagironei* Wharton, 1980
 – Mesonoto y peciolo naranja brillante; ojos igual a débilmente más largos que las témporas; notaulo debilitado y usualmente no esculpado posteriormente*A. championi* (Cameron, 1987)

Idiasta dixi n. sp.
 (Figs. 2A-G)

♀. **Cabeza:** moderadamente transversa y débilmente más ancha en los ojos que en las témporas en vista dorsal, 1,52 veces más ancha que larga, 1,80 veces más ancha que la cara y 1,52 veces más ancha que el ancho intertegular. Clípeo liso, 1,55 veces más ancho que largo, semioval, prominente, débilmente convexo, con el margen lateral en contacto con la fosa tentorial, punteaduras dispersas y pilosidad densa y alargada (los pelos más largos excediendo la longitud del clípeo por poco menos de dos veces). Sutura frontoclipeal, angosta (0,32 veces más ancha que el ancho torular), relativamente profunda y lisa. Fosa tentorial ocupando aproximadamente 2/7 de la distancia entre el margen lateral del clípeo al ojo. Cara 1,49 veces más ancha que alta, con punteaduras dispersas, pilosidad densa, cresta media pequeña en la parte superior y dos surcos delgados longitudinales débilmente impresos por encima de la sutura frontoclipeal. Distancia tórulo-ojo 1,19 veces mayor que el diámetro torular. Antenas aproximadamente dos veces más largas que el cuerpo, con 34 segmentos; primer flagelómero aproximadamente 0,49 veces más largo que el segundo y 0,63 veces más largo que el tercero; primer, segundo y tercer flagelómeros 3,45, 8,32 y 6,67 más largos que anchos. Frente lisa, pulida y glabra. Ocelos formando un triángulo isósceles, distancia entre el ocelo posterior y el margen interno del ojo 0,8 veces mayor que la distancia interocelar. Vértice liso, pulido y con pilosidad dis-

persa. Ojos hirsutos con pilosidad dispersa, 0,92 veces más largos que altos, fuertemente protuberantes hacia las témporas (la relación proyección ojo-gena/largo témpora es 1,07), y con largo 3,11 veces mayor que el de éstas. Espacio malar corto, aproximadamente 1/12 del alto del ojo. Mandíbula pilosa, 1,85 veces más larga que su ancho apical, con ancho apical 1,16 veces mayor que el ancho basal, lisa y con tres dientes; diente uno redondeado y con ancho inferior al diente tres (la relación ancho diente uno/ancho diente tres es aproximadamente 0,72); diente dos 1,19 veces más largo que ancho y 0,44 veces más largo que el ancho apical de la mandíbula, con una protuberancia dorsal bien desarrollada en su base, de tal manera que se presenta una muesca bien diferenciada entre éste y el diente uno; diente tres ampliamente triangular y débilmente más corto que el diente uno (la relación largo del diente tres/largo del diente uno es 0,94); desde la base del diente tres se origina una carena que se desplaza hasta la zona basal de la mandíbula. Palpo maxilar aproximadamente 1,38 veces más largo que el alto de la cabeza.

Mesosoma: 1,48 veces más largo que alto, 2,11 veces más largo que ancho, 1,43 veces más alto que ancho y 1,70 veces más alto que la cabeza. Pronoto pulido, crenulado en el margen posterior (en vista dorsal) y estrigado longitudinalmente en el tercio proximal justo encima de la propleura (en vista lateral); pronope presente. Propleura y zona ventral del mesosoma lisas y pulidas. Mesoscuto liso, 1,16 veces más ancho que largo, pulido, con bordes laterales lisos, una fila de pelos alargados sobre el notaulo y algunos pelos dispersos en las cercanía a la hendidura medial. Hendidura medial débilmente elongada, 0,12 veces más larga que el ancho intertegular; notaulo impreso débilmente por encima de la sección transversa del mesoscuto, crenulado en toda su superficie. Surco escudelar 1,43 veces más ancho que largo, con carena media fuertemente impresa y áreas laterales con carenas longitudinales más débilmente desarrolladas. Escudelo y axilas lisos, pulidos y con pilosidad dispersa; ancho dorsal escudelar anterior 2,13 veces mayor que el ancho posterior. Postaxila pulida, glabra y débilmente crenulada en el margen posterior. Metanoto en vista lateral como una prominencia apical roma por debajo del nivel del escudelo, en vista dorsal con campos laterales crenulados principalmente hacia el margen posterior, y con carenas media y laterales fuertemente impresas. Propodeo pulido y ruguloso por debajo de las carenas transversales anteriores; areola propodeal completa 1,58 veces más larga que su ancho máximo, carenas longitudinal anterior, transversales anteromediales, laterales longitudinales, ventral media, transversales anteriores (uniendo el espiráculo con la areola), supraespiraculares, longitudinales pleurales, diagonales inferiores y transversales posteriores del propodeo presentes. Surco precoxal ensanchado, completo y con crenulación presente en toda su superficie. Mesopleura pulida, área subalar débilmente crenulada anteriormente; margen posterior de la mesopleura totalmente crenulado. Metapleura débilmente ruguloso en la porción inferoposterior justo encima del margen posterior mesopleural. Patas con fémur posterior 6,19 veces más largo que su ancho medial.

Alas: Ala anterior con estigma corto, ensanchado, no bisectado longitudinalmente, 3,73 veces más largo que ancho, 2,37 veces más ancho que la vena r y con la porción basal distintamente más larga que la distal. Vena r 0,22 veces más larga que la vena 2RS, e insertada distalmente en el estigma. Se-

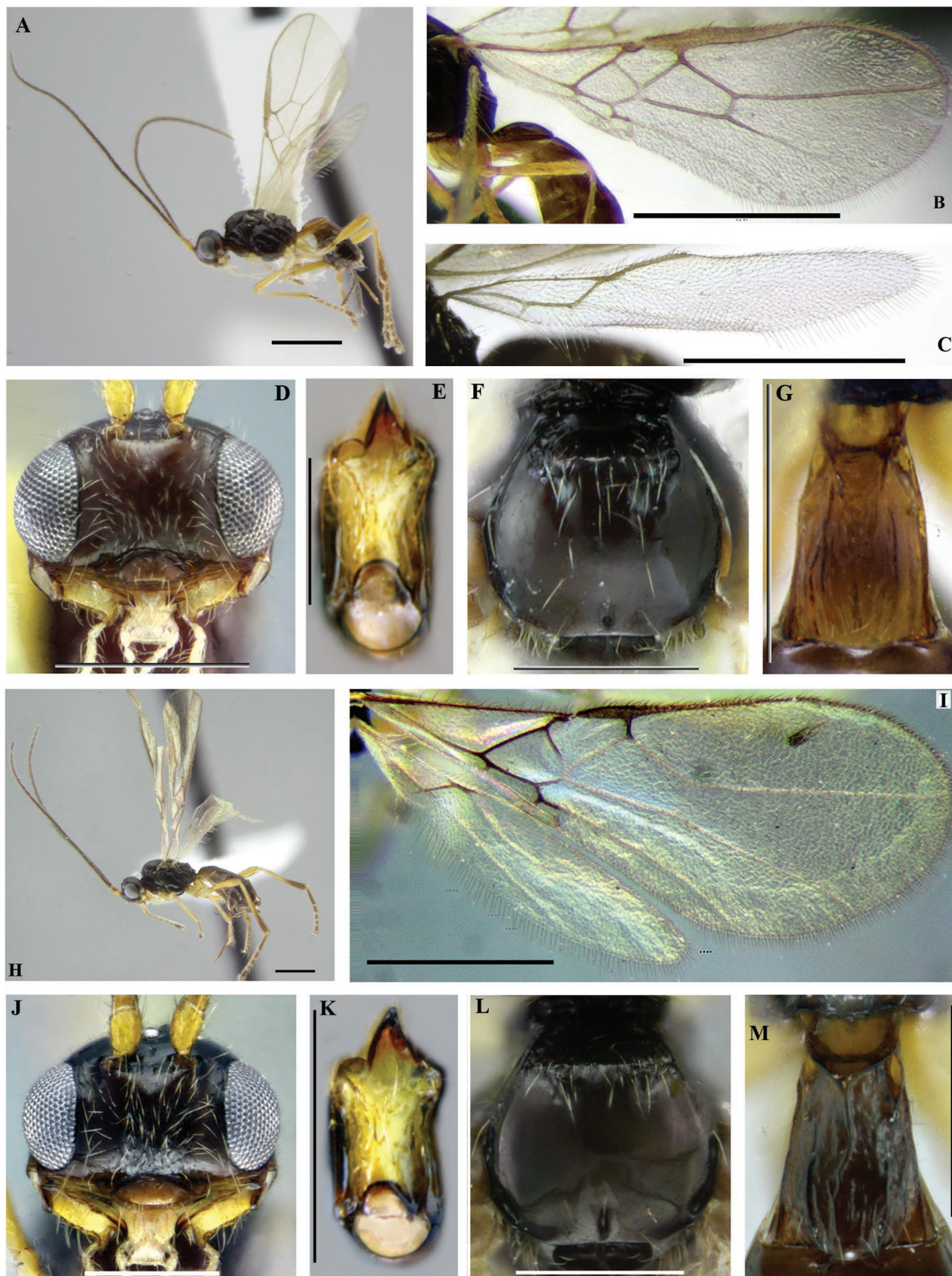


Figura 3. *Tanycarpa edithae* n. sp. **A.** Hábito general, **B.** Ala anterior, **C.** Ala posterior, **D.** Cabeza en vista frontal, **E.** Detalle de la mandíbula, **F.** Mesoscuto en vista dorsal, **G.** Peciolo en vista dorsal. *Tanycarpa sarmientoi* n. sp. **H.** Hábito lateral, **I.** Alas anterior y posterior, **J.** Cabeza en vista frontal, **K.** Detalle de la mandíbula, **L.** Mesoscuto en vista dorsal. **M.** Peciolo en vista dorsal. Figuras A - D y F - M, barra de escala: 1mm. Figura E: barra de escala: 0,5 mm.

gunda celda submarginal aproximadamente 2,13 veces más larga que su alto máximo. Vena 2RS semirecta, 1,73 veces más larga que la vena r-m y 1,30 veces más larga que la vena 3RSa. Vena 3RSa 3,47 veces más larga que la vena r y 1,33 veces más larga que la vena r-m. Vena 3RSb 4,47 veces más larga que la vena 3RSa, recta aunque dirigida fuertemente hacia afuera y terminando justo antes del extremo del ala. Vena M+CU fuertemente pigmentada en toda su extensión. Vena 1m-cu débilmente antefurcal (la relación largo de la vena (RS+M)b/largo de la vena 1m-cu es 0,08). Vena 1CUB 0,97 veces más larga que la vena 1m-cu. Vena 1cu-a posfurcal por una distancia inferior a su longitud (la relación largo de la vena 1CUa/largo de la vena 1cu-a es 0,6). Celda subdiscal cerrada, con la vena 2CUB insertada prácticamente en la mitad de la misma, vena 2CUa inclinada unos 34° respecto a la vena 1CUB y 1,19 veces más larga que la vena 2cu-a. Ala posterior aproximadamente 5,0 veces más larga que su ancho máximo, con tres hámulis, vena 1M 0,96 veces más larga que la vena M+CU y 2,53 veces más larga que la vena r-m; vena m-cu antefurcal, no alcanzando el margen inferior del ala y relativamente bien pigmentado.

Metasoma: Primer tergo metasomal con escultura estrigosa en la mayor parte de su superficie, 1,38 veces más largo que su ancho apical, con ancho apical 1,76 veces mayor que el ancho basal. Carenas dorsales del peciolo fuertemente convergentes, llegando a sobrelaparse hacia el cuarto basal. Tergos metasomales dos en adelante lisos y pulidos. Vainas del ovipositor con cuatro densas filas de pelos relativamente alargados; ovipositor 1,29 veces más largo que la tibia posterior y aproximadamente 1,05 veces más largo que el mesosoma.

Color: marrón oscuro; cara y clipeo marrones; mandíbulas amarillo pardusco con marrón oscuro a negro en la región basal; labro y palpos maxilares amarillo pálido; antena con escapo, pedicelo, anelo y la mayor parte del primer flagelómero marrón amarillento claro, segmentos antenales 4 a 15 oscureciéndose progresivamente de marrón a marrón oscuro, segmentos 16 y 17 marrón amarillento pálido (hacen parte de la transición de marrón a blanco), flagelómeros 16 a 19 formando una banda blanca, el resto de los segmentos antenales marrones; propleura y tégulas marrones; lóbulo medio mesonotal, axilas y escudelo marrón rojizo oscuro; alas hialinas; peciolo marrón oscuro, tergo metasomal dos marrón amarillento claro, el resto de los tergos marrones, vainas del ovipositor marrones; patas en general amarillas, con tibia y tarsos medios y posteriores tendientes a una coloración marrón.

♂: Desconocido.

Diagnosis: Similar a *I. californica* (Provancher, 1886), pero difiere de ésta en la posesión de una menor relación ancho/alto de la cara, en la mayor proporción largo de los ojos/largo de la ténpora y en la presencia de una vena 1cu-a posfurcal.

Biología: Desconocida.

Material Examinado: Holotipo: 1♀: Colombia. Valle. PNN Farallones de Cali. Los Andes. Vereda Quebradahonda. 03°34'N-76°40'W. 1730 m. 2-jul-2001. D. Campos Leg. M.1104. [IAvH-E 87522].

Etimología: Esta especie es nombrada para conmemorar el legado de Jaime Dix Moreno, padre del autor recientemente fallecido.

Idiasta delicata (Papp, 1969)
(Fig. 2H-N)

Historia taxonómica

Phaenocarpa delicata, Papp, 1969, Acta zool. Hung; 15, S. 381; Holotipo ♂.

Idiasta delicata, Fischer, 1975c, Studia Ent; 18, 1-4. 135.

Idiasta delicata, Wharton, 1980, Univ. Calif. Publ. Ent. 88: 48-49 ♂♀.

Rachalysia delicata, Fischer, 1994, Linzer biol. Beitr. 26, 2: 788.

Idiasta delicata, Wharton, 2002, Invertebrate Systematics, 16, 7: 80.

Variación respecto a la descripción de la especie

♀: Cabeza 1.55-1.76 veces más ancha que larga, clipeo 1,66-1,92 veces más ancho que largo, mandíbula 1,67-1,73 veces más larga que su ancho apical, palpo maxilar 1,78-2,14 veces más largo que el alto de la cabeza, segundo flagelómero 1,22-1,86 veces más largo que el segundo, mesosoma 1,26-1,34 veces más largo que alto, surco escudelar 1,86-2,70 veces más ancho que largo, postaxila y metanoto débilmente crenulados, ala anterior con vena 3RSa 0,69-0,75 veces más larga que la vena 2RS, primer tergo metasomal 0,9-1,41 veces más largo que su ancho apical, largo del cuerpo 3,5-4,0 mm

♂: no registrado en este estudio.

Biología: desconocida.

Material examinado: ♀?: Colombia. Valle del Cauca. PNN Farallones de Cali. Anchicayá. 3°26'N-76°48'W. 730 m. 27-mar a 24-abr-2001. S. Sarria Leg. Malaise. [ICN]. 2?: con los mismos datos del holotipo excepto: 09-may a 18-jul- 2000 y 30-Ene a 13-feb-2001.

Tanycarpa edithae n. sp.
(Fig. 3A-G)

♀. **Cabeza:** 1.53-1.58 veces más ancha que larga, 1,38-1,44 veces más ancha que el mesonoto. Clipeo liso, 2,40-2,42 veces más ancho que largo, con el margen dorsal curvado y el margen ventral semirecto, débilmente prominente, convexo, con el margen lateral en contacto con la fosa tentorial, puntaduras dispersas y pilosidad densa. Sutura frontoclipeal angosta (0,17-0,18 veces más ancha que el ancho de los tórulos), relativamente superficial y lisa. Fosa tentorial pequeña, ocupando 1/3 a 2/5 de la distancia entre el margen lateral del clipeo al ojo. Cara 1,21-1,25 veces más ancha que alta, lisa, pulida, con pilosidad densa y puntaduras separadas por una distancia mayor que su diámetro. Distancia tórulo-ojo 0,71-0,73 veces mayor que el diámetro torular. Antena con 26 segmentos; primer flagelómero 1,3-1,5 veces más largo que el segundo y 1,42-1,45 veces más largo que el tercero; primer, segundo y décimo flagelómeros 5,38-5,52, 3,2-4,0 y 3,0-3,23 veces más largos que anchos. Frente lisa, pulida y glabra. Ocelos formando un triángulo isósceles, distancia entre el ocelo posterior y el margen interno del ojo 0,55-0,65 veces

mayor que la distancia interocelar. Vértice liso, pulido y con pilosidad dispersa. Ojos glabros, débilmente protuberantes hacia las témporas (la relación proyección ojo-gena/largo de la témpora es 0,85-0,88) y con largo 2,4-2,63 veces mayor que el de éstas. Espacio malar ausente. Mandíbula 1,6-1,75 veces más larga que su ancho apical, con ancho apical aproximadamente igual al ancho basal (proporción ancho apical/ancho basal 1,02-1,03), lisa, moderadamente pilosa, con tres dientes; diente uno agudamente triangular y separado del diente dos por una incisión bien diferenciada, diente dos 1,58-1,67 veces más largo que ancho y 0,62-0,65 veces más largo que el ancho apical de la mandíbula, diente tres ampliamente triangular, 1,1-1,4 veces más ancho que el diente 1; desde la base del diente tres parte una carena que se prolonga hasta aproximadamente el cuarto basal de la mandíbula. Palpo maxilar 1,37-1,53 veces más largo que el alto de la cabeza.

Mesosoma: 1,34-1,41 veces más largo que alto y aproximadamente 2 veces más largo que el ancho intertegular. Pronoto pulido, con carenas longitudinales en el margen posterior (en vista dorsal) y en los límites con la propleura (en vista lateral), pronope presente. Propleura y zona ventral del mesosoma lisos, con pilosidad densa. Mesoscudo 1,18-1,36 veces más ancho que largo, liso, pulido, con pilosidad densa en su declive anterior o levemente por encima de éste y con una fila de pelos que se desplaza hasta la parte posterior del mesoscudo como una prolongación del notaulo; hendidura medial pequeña y subcircular; notaulo fuertemente crenulado, restringido al declive anterior del mesoscudo; surco medial del mesoscudo ausente. Surco escudelar 2,4-2,66 veces más ancho que largo, con carena media presente y áreas laterales lisas. Escudelo y axila lisos, pulidos y con pilosidad densa. Postaxila muy débilmente rugulosa y con pilosidad densa. Metanoto en vista dorsal con campos laterales crenulados y carena media bien desarrollada, en vista lateral como una prominencia apicalmente roma por debajo del nivel del escudelo. Propodeo pulido, liso a débilmente ruguloso; areola propodeal ancha (relación largo/ancho de la areola 1,13-1,14), con carenas longitudinal anterior, transversales anteromediales, laterales longitudinales, ventral media, transversales anteriores (uniendo al espiráculo con la areola), longitudinales pleurales y supraespiraculares presentes. Surco precoxal no alcanzando la coxa media o completo, con crenulación más débilmente desarrollada hacia el cuarto posterior o ausente en el tercio anterior. Mesopleura pulida, con pilosidad dispersa, liso o escultrado con un pequeño parche crenulado cerca a su borde anterior y con margen posterior liso. Metapleura con pilosidad dispersa y un surco relativamente profundo cerca a su margen inferior. Patas con fémur posterior 4,8-5,6 veces más largo que ancho.

Alas: Estigma 9,4-9,6 veces más largo que ancho, con porción basal más larga que la distal. Vena r más corta que el ancho del estigma (relación ancho estigma/largo vena r aproximadamente 2,3) e insertada basalmente en éste. Vena 2RS 6,9-7,0 veces más larga que la vena r. Vena 3RSa 1,09-1,11 veces más larga que la vena 2RS. Vena 3RSb 3,73-3,74 veces más larga que la vena 3RSa. Vena 1m-cu posfurcal. Vena 1cu-a insertada posfurcalmente a una distancia inferior a su longitud. Vena 1CU 1,46-1,5 veces más larga que la vena 1m-cu. Celda subdiscal cerrada, con vena 2CU insertada hacia la mitad de la misma. Ala posterior con tres hámulos, vena

M+CU 1,28-1,38 veces más larga que la vena 1M, vena cu-a presente y vena m-cu ausente.

Metasoma: Primer tergo metasomal pulido, estrigado longitudinalmente en la mayor parte de su superficie, 1,60-1,69 veces más largo que su ancho apical, con ancho apical 1,81-1,88 veces mayor que el ancho basal. Carenas dorsales del peciolo convergentes y completas a ausentes posteriormente. Tergos metasomales dos en adelante lisos y pulidos. Vainas del ovipositor con pilosidad densa; ovipositor más largo que el mesosoma (relación largo ovipositor/largo mesosoma aproximadamente 1,4).

Color: marrón oscuro a marrón; cara, clipeo, frente, vértice, occipucio, témporas, genas y mesoscudo marrones; mandíbulas amarillas, labro y palpos maxilares blancuzcos; antena con escapo y pedicelo amarillos, el resto de los segmentos marrones a marrón claro; alas hialinas; peciolo y tergo metasomal dos marrón amarillento pálido a marrón, el resto de los tergos metasomales marrón oscuro o marrones, vainas del ovipositor marrón claro; patas anteriores, medias y coxas, trocánteres y fémures posteriores amarillos, el resto de los artejos de la pata posterior marrón amarillento claro.

♂. Similar a la hembra excepto por lo siguiente: cabeza 1,47 veces más ancha que larga, 1,67 veces más ancha que el mesonoto; fosa tentorial ocupando aproximadamente 1/2 de la distancia entre el margen lateral del clipeo al ojo; cara con pilosidad más dispersa en las zonas laterales; distancia tórulo-ojo 0,8 veces mayor que el diámetro torular; antena con primer, segundo y décimo flagelómeros 4,46, 2,72 y 2,33 veces más largos que anchos; ojos débilmente protuberantes hacia las témporas (la relación proyección ojo-gena/largo de la témpora es 0,71) y con largo 2,21 veces mayor que el de éstas; mandíbula con ancho apical 1,16 veces mayor que el ancho basal, diente dos 0,56 veces más largo que el ancho apical de la mandíbula. Mesosoma 2,34 veces más largo que el ancho intertegular, mesoscudo aproximadamente tan ancho como largo (relación ancho/largo del mesoscudo 1,02), con pilosidad más dispersa en el declive anterior; patas con fémur posterior 5,9 veces más largo que ancho. Ala anterior con estigma 9,0 veces más largo que ancho, vena 2RS 5,0 veces más larga que la vena r, vena 3RSa 1,29 veces más larga que la vena 2RS, vena 3RSb 3,55 veces más larga que la vena 3RSa. Primer tergo metasomal más liso, 1,57 veces más largo que su ancho apical, con ancho apical 1,56 veces mayor que el ancho basal; Carenas dorsales del peciolo convergentes y completas.

Diagnosis: *Tanycarpa edithae* n. sp. está cercanamente relacionada a *T. sarmientoi* n. sp. pero difiere de ésta por poseer una relación ancho/alto de la cara menor, un estigma más ancho, discreto y con una anchura dos veces mayor que el largo de la vena r.

Biología: Desconocida.

Material Examinado: Holotipo: 1♀: Colombia. Magdalena. PNN Sierra Nevada de Santa Marta. La Estación. 10°48'N-73°39'W. 2220 m. 20-jun a 5-jul-2001. E. Lozano Leg. Malaise. [IAvH-E 87482]. Paratipos: 1♀: Colombia. Valle del Cauca. PNN Farallones de Cali. Anchicayá. 03°26'N-

75°43'W. 650 m. 26-may-1996. S. Sarria Leg. Malaise. [ICN]. 1♂: Con los mismos datos del holotipo excepto, 5 a 25-jul- 2001.

Etimología: Esta especie es nombrada para conmemorar el legado de Editha Arroyo Garay, abuela del autor.

Tanycarpa sarmientoi n. sp.
(Figs. 3H-L)

♀. **Cabeza:** 1,46 veces más ancha que larga, 1,34 veces más ancha que el mesonoto. Clípeo liso, 2,92 veces más ancho que largo, con el margen dorsal curvado y el margen dorsal semirecto, débilmente prominente, convexo, con el margen lateral en contacto con la fosa tentorial, punteaduras dispersas y pilosidad densa. Sutura frontoclipeal angosta (0,22-0,35 veces más ancha que el ancho de los tórulos), relativamente superficial y lisa. Fosa tentorial pequeña, ocupando aproximadamente 1/3 a 2/5 de la distancia entre el margen lateral del clípeo al ojo. Cara 1,35 veces más ancha que alta, totalmente lisa o con un pequeño parche débilmente ruguloso por encima de la sutura frontoclipeal, pulida, con punteaduras separadas por una distancia mayor que su diámetro y pilosidad densa en el área media a más dispersa en las zonas laterales. Distancia tórulo-ojo 0,76-1,11 veces mayor que el diámetro torular. Antena con 24-26 segmentos; primer flagelómero 1,25-1,5 veces más largo que el segundo y 1,71 veces más largo que el tercero; primer, segundo y décimo flagelómeros 6,0-6,4, 4,0-4,2 y 3,03-3,67 veces más largos que anchos. Frente lisa, pulida y glabra. Ocelos formando un triángulo isósceles, distancia entre el ocelo posterior y el margen interno del ojo 0,58-0,80 veces mayor que la distancia interocelar. Vértice liso, pulido y con pilosidad dispersa. Ojos glabros, débilmente protuberantes hacia las témporas (la relación proyección ojo-gena/largo de la témpora es 0,62-0,75) y con largo 2,18-2,3 veces mayor que el de éstas. Espacio malar presente. Mandíbula 1,68 veces más larga que su ancho apical, con ancho apical aproximadamente igual al ancho basal (proporción ancho apical/ancho basal 1,05), lisa, densamente pilosa, con tres dientes; diente uno triangular y separado del diente dos por una incisión bien diferenciada, diente dos 1,3 veces más largo que ancho y 0,55 veces más largo que el ancho apical de la mandíbula, diente tres ampliamente triangular, 1,27 veces más ancho que el diente 1; desde la base del diente tres parte una carena que se prolonga hasta el tercio basal o hasta la base de la mandíbula.

Mesosoma: 1,47 veces más largo que alto y 2,11 veces más largo que el ancho intertegular. Pronoto pulido, con carenas longitudinales fuertemente impresas en el margen posterior (en vista dorsal) y en los límites con la propleura (en vista lateral), pronope presente. Propleura y zona ventral del mesosoma lisos, pulidos, pilosos y con punteaduras separadas por una distancia mayor que su diámetro. Mesoscudo 1,06-1,1 veces más ancho que largo, liso, pulido, con pilosidad densa en su declive anterior; carenas laterales crenuladas, hendidura medial alargada (ocupando mucho menos de la mitad del mesoscudo); notaulo crenulado, restringido al declive anterior del mesoscudo; surco medial del mesoscudo ausente. Surco escudelar 2,17 veces más ancho que largo, con carena media presente y áreas laterales lisas. Escudelo y axila lisos, pulidos y con pilosidad densa. Postaxila débilmente rugulosa y con pilosidad densa. Metanoto en vista dorsal con campos later-

ales rugulosos, en vista lateral como un diente apical agudo por debajo del nivel del escudelo. Propodeo pulido y débilmente ruguloso; areola propodeal ancha (relación largo/ancho de la areola 0,86-0,92), con carenas longitudinal anterior, transversales anteromediales, laterales longitudinales, ventral media, transversales anteriores (uniendo al espiráculo con la areola), longitudinales pleurales y supraespiraculares presentes. Surco precoxal completo o sin alcanzar la coxa media, con crenulación ausente en el cuarto anterior o el tercio posterior. Mesopleura pulida, con pilosidad dispersa, esculturado con un pequeño parche crenulado cerca a su borde anterior y con margen posterior prácticamente liso. Metapleura con pilosidad dispersa y un surco relativamente profundo cerca a su margen inferior. Patas con fémur posterior 5,6-5,65 veces más largo que ancho.

Alas: Estigma del ala anterior estrecho, semilinear, difícilmente distinguible de la vena R1 distalmente, con porción basal más larga que la distal. Vena r más larga que el ancho del estigma (relación ancho estigma/largo vena r 0,75-0,8) e insertada basalmente en éste. Vena 2RS 4,5 veces más larga que la vena r. Vena 3RSa 1,15 veces más larga que la vena 2RS. Vena 3RSb 3,39 veces más larga que la vena 3RSa. Vena 1m-cu posfurcal. Vena 1cu-a insertada posfurcalmente a una distancia menor o mayor a su longitud. Vena 1CU 1,77-1,87 veces más larga que la vena 1m-cu. Celda subdiscal cerrada, con vena 2CU insertada muy levemente por debajo de la mitad de la misma. Ala posterior con tres hámulos, vena M+CU 1,28 veces más larga que la vena 1M, vena cu-a presente y vena m-cu ausente a débilmente impresa.

Metasoma: Primer tergo metasomal pulido, estrigado longitudinalmente en la mayor parte de su superficie, 1,57 veces más largo que su ancho apical, con ancho apical 1,73 veces mayor que el ancho basal. Carenas dorsales del peciolo subparalelas y completas, dorsope profundo. Tergos metasomales dos en adelante lisos y pulidos. Vainas del ovipositor con pilosidad densa, ovipositor más largo que el mesosoma (relación largo ovipositor/largo mesosoma aproximadamente 1,17).

Color: marrón rojizo oscuro; cara, frente, vértice, occipucio y témporas marrón oscuro a marrón rojizo oscuro; mandíbulas amarillas, labro y palpos maxilares amarillo pálido; antena con escapo y pedicelo amarillo a marrón amarillento claro, el resto de los segmentos marrones; alas hialinas; peciolo marrón oscuro a marrón rojizo oscuro, el resto de los tergos metasomales marrón rojizo claro a marrón amarillento apicalmente, vainas del ovipositor marrón a marrón oscuro; patas anteriores, medias y coxas, trocánteres y fémures posteriores amarillos, el resto de los artejos de la pata posterior marrón amarillento claro.

♂: Desconocido.

Diagnosis:

Tanycarpa sarmientoi n. sp. está cercanamente relacionada a *T. edithae* n. sp. pero difiere de ésta por poseer una relación ancho/alto de la cara mayor, un estigma estrecho, semilinear, prácticamente indistinguible de la vena r1 y con una anchura inferior al largo de la vena r.

Biología: desconocida.

Material Examinado: Holotipo: 1♀: Colombia. Huila. Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos. Cabaña Cedros. 01°37'N-76°06'W. 2100 m. Malaise. 28-nov a 2-dic-2001. D. Campos, Leg. [IAVH-E 87331]. Paratipo: 1♀: Colombia. Cundinamarca. Chipaque. Vereda Marilandia. 04°25'81"N-74°05'29"W. 2905 m. Malaise, 09-may a 04-may-1997. C. Castillo, Leg [ICN].

Etimología: Esta especie es nombrada en honor a Carlos Sarmiento por su excelente labor como tutor del trabajo de grado del autor y por su amistad.

Agradecimientos

Expreso sinceros agradecimientos a la división de investigación Bogotá (DIB) por la financiación del trabajo de grado de maestría; a Bienestar universitario, la facultad de ciencias y la DIB por la financiación de las estancias de investigación en la Universidad Federal de São Carlos en Brasil y el Museo de Historia Natural de Viena; a mis padres por su comprensión, afecto y devoción; a Carlos Sarmiento, Maximilian Fischer, Angelica Penteado y Robert Wharton por su excelente dirección, guía y apoyo incondicional en el desarrollo del trabajo taxonómico.

Literatura Citada

- ACHTERBERG, C. VAN. 1976. A new species of *Tanycarpa* Foerster from England (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae). *Entomologische Berichten* 36:12-15.
- ACHTERBERG, C. VAN. 1986. The holarctic genus *Anisocyrta* Foerster (Hymenoptera: Braconidae: Alysiinae). *Zoologische Mededelingen Leiden* 60: 285-297.
- FISCHER, M. 1970. Revision der nearktischen *Aspilota*-Arten der Sektion D und Ergänzungen zu anderen Artengruppen (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae). *Annalen Naturhistorisches Museum Wien* 74: 91-127.
- FISCHER, M. 1974. Die nearktischen *Phaenocarpa*-Arten, Revision der Gruppe B (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae). *Polskie Pismo Entomologiczne* 44:103- 230.
- FISCHER M. 1975. Die nearktischen *Phaenocarpa*-Arten. Revision der Gruppe A (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae). *Polskie Pismo Entomologiczne* 45:279-356.
- FISCHER, M. 1991. Integration einiger Gattungen der Alysiini in ein diagnostisches System (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae). *Linzer Biologische Beiträge* 23: 3-35.
- FISCHER, M. 2006. Neue Kieferwespen aus der Sammlung des Biologiezentrums des Oberösterreichischen Landesmuseums in Linz und Mitteilungen über andere Arten (Hymenoptera, Braconidae, Alysiinae). *Linzer biologische Beiträge* 38(1): 605-651.
- KÖNIGSMANN, E. 1969. Beitrag zur Revision der Gattung *Orthostigma* (Hymenoptera, Braconidae). *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 16(1/3): 1-53.
- KULA, R. R.; ZOLNEROWICH, G. 2005. A new species of *Epimicta* Förster (Hymenoptera: Braconidae) from North America and new distribution records for *Epimicta griffithsi* Wharton. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 107: 78-83.
- KULA, R. R.; ZOLNEROWICH, G. 2008. Revision of New World *Chaenusa* Haliday sensu lato (Hymenoptera: Braconidae: Alysiinae), with new species, synonymies, hosts, and distribution records. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 110: 1-60.
- PAPP, J. 1969. A synopsis of the *Phaenocarpa* Foerster species of the Neotropical region (Hym., Braconidae: Alysiinae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 15: 379-389.
- RIEGEL, G. T. 1982. The American species of Dacninae, excluding certain Dacnini (Hymenoptera: Braconidae). *Novitates Arthropodea* 1(3):1-184.
- SHARKEY, M., WHARTON, R. 1997. Morfología y Terminología. p. 19-37. En: Wharton, R., Marsh, P., y Sharkey, M. (eds.). *Manual of the New World Genera of the Family Braconidae* (Hymenoptera). Special publication of the International Society of Hymenopterists. Washington, D.C. 439p.
- SHENEFELT, D. 1974. Pars 11. Braconidae 7. Alysiinae. In: *Hymenopterorum Catalogus* (nova editio): 397-1.1 13 En: J. Van der Vecht; Shenefelt, R. D. (eds.). Dr. W. Junk B. V., The Hague.
- WHARTON, R. A. 1977. New World *Aphaereta* species (Hymenoptera: Braconidae: Alysiinae), with a discussion of terminology used in the Tribe Alysiini. *Annals of the Entomological Society of America* 70:782-803.
- WHARTON, R. A. 1980. Review of New World Alysiini (Hymenoptera: Braconidae) with discussion of generic relationships within the Tribe. *University of California Publications in Entomology* 22: 1-104.
- WHARTON, R. A. 1986. The Braconid genus *Alysia* (Hymenoptera): a description of the subgenera and a revision of the subgenus *Alysia*. *Systematic Entomology* 11:453-504.
- WHARTON, R. A. 1988. The braconid genus *Alysia* (Hymenoptera): A revision of the subgenus *Anarcha*. *Contributions of the American Entomological Institute* 25 (2): 1-69.
- WHARTON, R. A. 1994. New genera, species, and records of New World Alysiinae (Hymenoptera: Braconidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 96: 630-664.
- WHARTON, R. A. 1997. Alysiinae. P.85-116. En: WHARTON, R. A.; MARSH, P. M.; AND SHARKEY M. J. (eds.). *Manual of the New World Genera of the Family Braconidae* (Hymenoptera). International Society of Hymenopterists. Washington, D.C. 439p.
- WHARTON, R. A. 2002. Revision of the Australian Alysiini (Hymenoptera: Braconidae). *Invertebrate Systematics* 16: 7-105.
- YU, D. S.; van ACHTERBERG, K. 2005. *World Ichneumonidea 2004 taxonomy, biology, morphology and distribution*. Taxapad CD. Vancouver, Canada.

Recibido: 11-may-2009 • Aceptado: 11-nov-2010

Nueva especie del género *Heteroderes* (Coleoptera: Elateridae; Agrypninae) de Colombia

A new species of the genus *Heteroderes* (Coleoptera: Elateridae; Agrypninae) from Colombia

MA. PILAR AGUIRRE-TAPIERO¹ y MARTA E. GUZMÁN DE TOMÉ²

Resumen Una nueva especie de elatérido, *Heteroderes vallensis* spec. nov. (Coleoptera: Elateridae, Agrypninae), es descrita para el Valle del Cauca y Neiva, Colombia. Se proporcionan ilustraciones del holotipo y de los genitales tanto del macho como de la hembra.

Palabras clave: Valle del Cauca. Elatérido. Nueva especie.

Abstract: A new species of click beetle, *Heteroderes vallensis* spec. nov. (Coleoptera: Elateridae, Agrypninae), is described from Valle del Cauca and Neiva, Colombia. Illustrations are provided of the holotype and the genitalia of both males and females.

Key words: Valle del Cauca. Click beetles. New species.

Introducción

El género *Heteroderes* descrito por Latreille en 1834, pertenece a la subfamilia Agrypninae y a la tribu Conoderini. Los géneros *Heteroderes* Latreille, *Aeolus* Eschscholtz, 1829 y *Conoderus* Eschscholtz, 1829 constituyen los grupos más numerosos de los Agrypninae Neotropicales y su monofilia está soportada por una lóbulo corto o bien desarrollado ubicado en el cuarto tarsómero y cada uña está provista de una seta que surge de su borde inferior. Las especies de *Heteroderes* son de coloración castaño oscuro y las características que los distinguen de los restantes géneros son la puntuación doble o triple del pronoto; la pilosidad doble, el frente plana con borde anterior redondeado. Segundo antenómero pequeño, tercer antenómero el doble del tamaño del segundo antenómero. Mandíbulas bífidas. Palpos maxilares terminados en un artejo triangular. Antenas poco alargadas de 11 artejos, llegando al extremo de los ángulos posteriores unicarínados o bicarínados con dos o más setas apicales del pronoto. Carina externa alta y curva y la interna variablemente corta. Escutelo de forma ojival. Espina metasternal escalonada. Placas metacoxales muy anchas. Superficie ventral con puntuación fina y heterogénea. Lóbulo del cuarto tarsómero pequeño y redondeado cubriendo ventralmente el quinto tarsómero. De tamaño pequeño 6 -15 mm.

Hábitos fitófagos y nocturnos, son buenos voladores, de día se ubican bajo piedras o enterrados, sus adultos se encuentran tanto en estratos herbáceos, como también en plantaciones frutales, de tabaco o caña de azúcar. Sus larvas se encuentran frecuentemente asociadas a las raíces de cultivos de maíz, arroz, entre otros. (Guzmán de Tomé y Aranda 2008; Guzmán de Tomé 2004; Guzmán de Tomé y Peralta 2000). Estas especies son poco conocidas a pesar de que sus adultos son fuertemente atraídos a la luz. Se encuentran en regiones cálidas de América y es en África donde existe mayor diversidad (Candèze 1859).

El listado de Blackwelder (1944) cita 11 especies para América del Sur, de las cuales tres especies son citadas para Colombia: *Heteroderes laurentii* Guérin-Ménéville, 1838; *Heteroderes bardus* Candèze., 1859 y *Heteroderes felinus* Candèze, 1859; estas dos últimas especies fueron descritas por primera vez para Colombia en el año de 1859 por Candèze. Posteriormente, en el marco de un estudio realizado para el trabajo de grado titulado: “Estudio taxonómico de los Elatéridos (Coleoptera: Elateridae) del Valle del Cauca, Colombia” (Aguirre-Tapiero 2006) se estudia varias colecciones entomológicas del país, encontrándose una nueva especie para la ciencia.

El objetivo del presente trabajo consiste en describir una nueva especie del género *Heteroderes* (Agrypninae: Elateridae) para Colombia.

Materiales y Métodos

El material estudiado proviene de la colección del Museo de Entomología de la Universidad de Valle [MUSENUV] Cali, Valle-Colombia, lugar en donde quedarán depositados los tipos.

Las disecciones de las estructuras genitales fueron realizadas siguiendo la metodología de Becker (1958) y la terminología de Calder (1996) para Elatéridos. Se realizaron descripciones para el macho y la hembra. Para las ilustraciones de los segmentos genitales de la hembra y el macho, se montaron temporalmente en glicerina sobre una placa en el estereoscopio y se fotografiaron con un lente de 2,0X y un aumento de 0,8X.

Resultados y discusión

Heteroderes vallensis sp nov.

(Figs. 1, 2 y 3)

¹ Bióloga, Grupo de Investigaciones Entomológicas, departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali-Colombia. aguirrepilar@gmail.com Autora para correspondencia. ² Bióloga, Ph. D. Instituto Superior de Entomología “Dr. Abraham Willink” (INSUE), Facultad de Cs. Naturales e Inst. Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 2005, CP: 4000, San Miguel de Tucumán-Argentina. martaeguzman@gmail.com

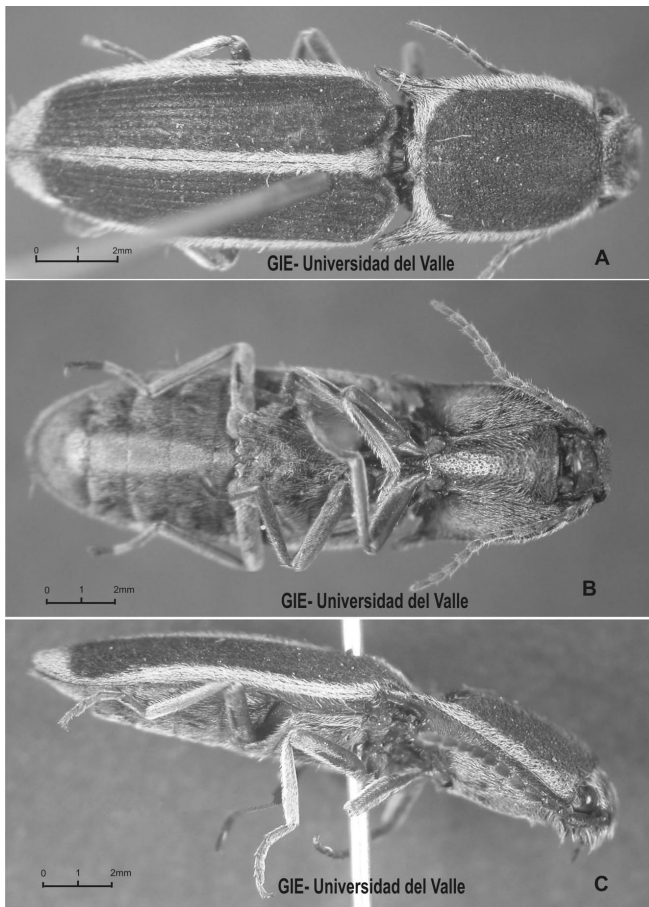


Figura 1. *Heteroderes vallensis* sp. nov. A. Vista dorsal. B. Vista ventral. C. Vista lateral.

Material Examinado: HOLOTIPO Macho: COLOMBIA. Valle del Cauca. Cali. 1000 msnm. Jun-1983. Cataño, M. Código 4807. [MUSENUV]. ALOTIPO Hembra: COLOMBIA. Valle del Cauca. Felidia. 2000 msnm. 5-Mar-1988. Caicedo, L. Jamma. Código 4808. [MUSENUV]. PARATIPOS: 4 hembras, 3 machos. COLOMBIA. Valle del Cauca. PNN Farallones. 1800 msnm. May-1975. Código 4809. [MUSENUV]. Valle del Cauca. Cali. 1000 msnm. Jun-1983. Cataño,

M. Código 4810. [MUSENUV]. Valle del Cauca. El Saladito. 1700 msnm. May-1980. Efraín O. Código 4811. [MUSENUV]. Valle del Cauca. Cali. 1000 msnm. Hospedero tierra cultivada. Nov-1978. Código 4812. [MUSENUV]. Valle del Cauca. Palmira. 1009 msnm. Hospedero hojas. Nov-1990. Vélez, V. Código 4814. [MUSENUV]. Valle del Cauca. El Saladito. 1700 msnm. Hospedero en casa. Nov-1990. Código 4815. [MUSENUV]. Departamento del Huila. Finca Meremberg. 2400 msnm. Nov-1981. Código 4813. [MUSENUV].

Cuerpo entre 0,6-14,0 mm de longitud, con una densa pubescencia apretada y fina, de color castaño oscuro, rodeado por una característica banda de setas largas de color amarillo blanquecino que incluye el margen de cabeza, el borde posterior y los bordes laterales del pronoto, todo el escutelo y los márgenes laterales y sutura medial de los élitros. Patas y antenas de color castaño oscuro con pilosidad amarillo blanquecino.

HOLOTIPO Macho (Figs. 1 y 2)

Longitud total: 13,0 mm, largo del protórax 3,6 mm; ancho del pronoto 2,9 mm; largo de los élitros 8,0 mm; largo de las antenas 4.4 mm.

Cabeza: ligeramente convexa, placa nasal estrecha; carina frontal completa, pilosidad larga y apretada de color blanco amarillento que bordea los márgenes, color de fondo castaño oscuro. Antenas castaño oscuro con setas de color blanco amarillento. La longitud total de las antenas no sobrepasa los ángulos posteriores del protórax.

Protórax: De forma rectangular, más o menos deprimido, de color castaño oscuro. Puntuación doble. El diseño está formado por una banda de setas de color blanco amarillento que rodean los bordes del pronoto y completamente los ángulos posteriores. Los ángulos anteriores del pronoto son redondeados mientras que los lados ángulos posteriores del pronoto son prominentes, delgados y unicarinados, con una pilosidad larga y densa y de color blanco amarillo. Proesternon rectangular, ligeramente más ancho en la base, de color castaño oscuro con pocas setas amarillas, lóbulo prosternal con ángulo anterior desarrollado y escalonado. Hypomeron ligeramente cóncavo de color castaño oscuro con setas de color amarillas, suturas prosternales finas y rectas; mesosterno,

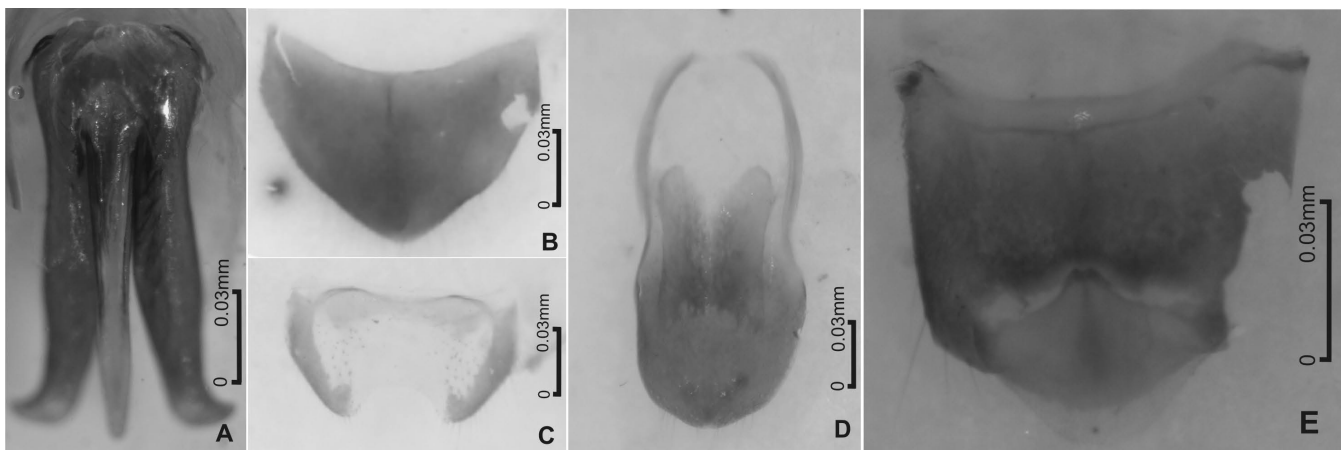


Figura 2. Estructuras genitales del macho de *Heteroderes vallensis* sp. nov. A. Edeago. B. Urotergito VIII. C. Urosternito VIII. D. Urosternito IX. E. Urotergito IX-X.

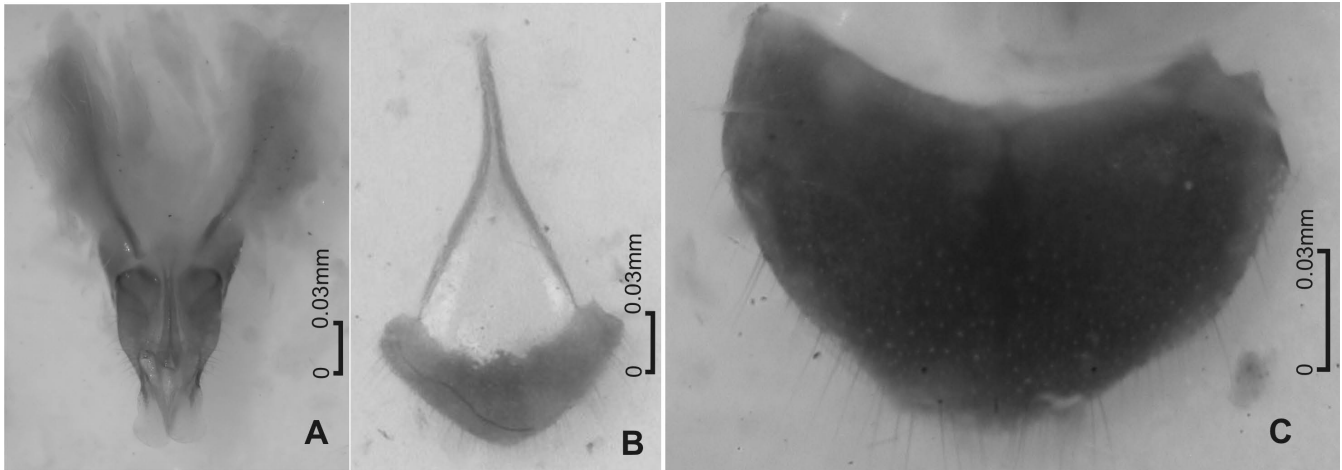


Figura 3. Genitalia de la hembra de *Heteroderes vallensis* sp. nov. **A.** Ovipositor. **B.** Urosternito VIII. **C.** Urotergito VIII.

mesoepisterno y metasterno rodeando la cavidad mesocoxal. Escutelo cubierto totalmente de una pubescencia blanco amarillenta larga.

Élitros: estriados - puntuados gradualmente más estrechos en el ápice. El diseño de cada élitro está formado por bandas blanco amarillentas que bordean todo el margen incluyendo el surco elitral, esta banda se ensancha en el ápice elitral, estrias finas contiguas y de poca profundidad, interestrias planas con apariencia rugosa. Patas de color castaño oscuro, con setas blanco amarillenta, cuarto tarsómero lobulado, Uñas simples con una seta emergente de la superficie lateroventral.

Genitales: Edeago con lóbulo medio engrosado en toda su longitud estrechándose débilmente en el ápice, expansiones laterales con numerosas setas medianamente largas, expansiones curvadas y afinadas hacia fuera, pieza basal delgada un poco curva y esclerotizada (Fig. 2A). Urotergito VIII de forma triangular, totalmente esclerotizado, piloso, margen anterior levemente sinuoso (Fig. 2B). Urosternito VIII más ancho que largo, con un área membranosa, quitinosa en los bordes laterales y parcialmente en la región apical. Margen apical fuertemente excavado (Fig. 2C). Urosternito IX con margen apical esclerotizado y margen basal membranoso con forma de dos lenguetas, varillas del urosternito arqueadas y separadas (Fig. 2D). Urotergito IX – X de forma pentagonal. El tergito IX es quitinoso con setas largas en la región apical, mientras que el tergito X, es membranoso, subtriangular con el ápice redondeado, margen basal con dos escotaduras de aspecto curvilíneo y unido laxamente en su parte media y en la parte lateral (Fig. 2E).

ALOTIPO Hembra (Fig. 3)

Aspecto morfológico externo similar al macho, no se observan diferencias en el patrón de coloración.

Longitud total 14.0 mm; largo del pronoto 3.4 mm; ancho del pronoto 3.4 mm; largo de los élitros 9.0 mm; largo de las antenas 4.1 mm.

Segmentos genitales: Ovipositor: Segmento nueve entero; ovipositor con estilo membranoso y globoso, el doble de longitud que el estilo; paraprocto engrosado; gonocoxito más estilo de una longitud ligeramente mayor a las varillas del baculi,

li, éste con varillas divergentes y torneadas; esclerito medio ventral (S10) ensanchado en la mitad de su longitud, esclerotizado y terminado en una estructura bifida; bursa copulatrix unisacular, corta, con pequeñas plaquitas quitinosas; una espermoteca (Fig. 3A). Urosternito VIII: Con forma triangular, fuertemente esclerotizado en el margen apical; varilla medio basal tres veces la longitud del margen esclerotizado que se encuentra en la parte apical; porción media membranosa y transparente (Fig. 3B). Urotergito VIII: Placa esclerotizada con numerosas setas alrededor, de forma subtriangular, sin división en su parte media (Fig. 3C).

Distribución Geográfica: *Heteroderes vallensis* nov. sp. se distribuye en los departamentos del Valle del Cauca y Huila (Colombia), con un rango altitudinal que abarca desde los 1000 hasta 2400 msnm.

Etimología: El nombre de la especie alude al lugar de captura del material, haciendo referencia al departamento del Valle del Cauca.

Consideración Sistemática

De las 15 especies de *Heteroderes* citadas en el catálogo de Blackwelder (1944) para la región neotropical, dos especies están citadas para Colombia; *H. bardus* C., 1859 y *H. felinus* C., 1859 y una especie citada para la Nueva Granada llamada *H. laurentii*, C., 1859. La principal característica morfológica que diferencia *Heteroderes vallensis* de las otras especies registradas para Colombia, consiste en su patrón de coloración. El aspecto general piloso y oscuro acompañado de otra pilosidad presente en los márgenes del pronoto y en los márgenes de los élitros, formando un borde blanco amarillento bien marcado, es la característica morfológica principal, además de presentar la frente deprimida. Aunque se desconoce las descripciones a nivel de genitalia de las demás especies, el patrón de coloración resulta determinante para su diferenciación.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a la profesora Nancy S. Carrejo, curadora de la colección del Museo de Entomología de la Universidad del Valle [MUSENUV], por permitir la revisión de los especímenes, al director del Grupo de Investigaciones

Entomológicas – GIE, el profesor Dr. Ranulfo González por facilitar los equipos e instalaciones para la realización de este trabajo y a Martha B. Tapiero por la financiación y apoyo en el proyecto.

Literatura Citada

- AGUIRRE-TAPIERO, M. P. 2006. Estudio taxonómico de los Elateridos (Coleoptera: Elateridae) del Valle del Cauca - Colombia. Tesis de pregrado. Cali, Colombia. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. 113 p.
- BECKER, E. C. 1958. The Phyletic Significance of the Female internal Organs of Reproduction in the Elateridae. *Proceedings of the Tenth International Congress of Entomology* 1: 202-205.
- BLACKWELDER, R. E. 1944. Checklist of the Coleopterus Insects of Mexico, Central America, the West Indies, and South America. *Bulletin United States National Museum* 185 (2): 189-341.
- CANDEZE, E. C. 1859. Monographie des Elatérides, tome deuxième. *Mémoires de la Société Royale des Science de Liège* 14: 1-543.
- GUZMÁN DE TOMÉ, M. E. & PERALTA, P. 2000. La Microfotografía de Barrido como Método para la Determinación Específica Género *Heteroderes* Latr., 1834 (Col.; Elateridae). *Boletín de la Sociedad Española de Entomología* 24: 1-12.
- GUZMÁN DE TOMÉ, M. E. 2004. Coleoptera, Elateroidea, Familia Elateridae. Conoderini. *Heteroderes*, *Conoderus*. p. 160-163. In: Cordo, H.; Logarzo, G.; Braun, K.; DiIorio, O. (eds.). Catálogo de los Insectos fitófagos de la Argentina y sus Plantas asociadas. Editor South American Biological Control Laboratory y Sociedad Entomológica Argentina. Buenos Aires. Argentina. 560 p.
- GUZMÁN DE TOMÉ, M. E. & ARANDA, S. 2008. Familia Elateridae. p. 563-573. In: Claps, L.; Debandi, G.; Roig-Juñent, S. (eds.). Biodiversidad de artrópodos argentinos. Volumen II. Sociedad Entomológica Argentina. Buenos Aires. Argentina. 615 p.

Recibido: 11-sep-2009 • Aceptado: 24-jul-2010

Una especie nueva de *Lestrimelitta* y un cambio de nombre en *Lasioglossum* (Hymenoptera: Apidae, Halictidae)

A new species of *Lestrimelitta* and a change in name in *Lasioglossum* (Hymenoptera: Apidae, Halictidae)

VICTOR H. GONZALEZ¹, CLAUS RASMUSSEN² y ALEXANDER VELASQUEZ³

Resumen: Se describe una especie nueva de meliponino cleptobiótico, *Lestrimelitta piedemontana* Gonzalez y Rasmussen sp. nov., a partir de obreras capturadas en el oriente de los Andes de Colombia. También se amplía la distribución geográfica de *Lestrimelitta rufipes* y se cambia el nombre de *Lasioglossum urbanus* Gonzalez por *Lasioglossum santafensis* Gonzalez y Rasmussen, *nomen novum*, con el fin de resolver la homonimia secundaria con *Lasioglossum urbanus* (Smith, 1879).

Palabras clave: Abejas sin aguijón. Anthophila. Apoidea. Colombia.

Abstract: A new species of cleptobiotic meliponine bee, *Lestrimelitta piedemontana* Gonzalez and Rasmussen sp. nov., is described based on workers captured in the Eastern Andes of Colombia. The geographical distribution of *Lestrimelitta rufipes* is also broadened, and the name *Lasioglossum urbanus* Gonzalez is changed to *Lasioglossum santafensis* Gonzalez and Rasmussen, *nomen novum*, in order to resolve the secondary homonymy with *Lasioglossum urbanus* (Smith, 1879).

Key words: Anthophila. Apoidea. Colombia. Stingless bees.

Introducción

Los objetivos de este trabajo son describir una especie nueva del género de meliponinos cleptobióticos *Lestrimelitta* Friese, 1903, ampliar la distribución geográfica de *Lestrimelitta rufipes* (Friese, 1903) y cambiar el nombre de una especie de *Lasioglossum* Curtis, 1833 descrita de la ciudad de Bogotá. *Lestrimelitta* es quizás uno de los géneros neotropicales de meliponinos o abejas sociales sin aguijón más interesantes por su comportamiento de forrajeo. Las obreras no visitan flores por néctar y polen sino que los roban de los nidos de otros meliponinos, especialmente de los géneros *Plebeia* Schwarz, 1938, *Nannotrigona* Cockerell, 1922, *Melipona* Illiger, 1806, *Scaptotrigona* Moure, 1942, *Tetragonisca* Moure, 1946, y *Trigona* Jurine, 1807 (Figs. 1A, B); también algunas veces atacan colmenas de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Michener 2007). El comportamiento cleptobiótico de *Lestrimelitta* es interesante y ha sido descrito en detalle por varios autores (e.g., Roubik 1989; Sakagami *et al.* 1993). *Lestrimelitta* está ampliamente distribuido en la región neotropical, encontrándose desde México hasta Argentina. Son abejas pequeñas, mansas y tímidas, predominantemente negras, con corbícula reducida, el tegumento liso y brillante, algunas veces completamente desprovistas de pelos o con pelos muy cortos y esparcidos. Los nidos son ocultos, construidos en cavidades de árboles o asociados a construcciones humanas (Figs. 1C-F). Estudios moleculares recientes indican que *Lestrimelitta* está relacionado con *Plebeia*, pudiendo ser el grupo hermano o incluso un grupo derivado de éste (Rasmussen y Cameron 2010). Actualmente se reconocen 19 especies de *Lestrimelitta* (Oliveira y Marchi 2005; Marchi y Melo 2006; Camargo y Pedro 2008), la mayoría de ellas de Brasil (Tabla 1). La única especie de este género que aparece registrada para Colombia

es *L. limao* (e.g., Nates-Parra 2001; 2006), una especie que por mucho tiempo se creía ampliamente distribuida desde México hasta el sur de Brasil, Paraguay y norte de Argentina; sin embargo, Marchi y Melo (2004, 2006) demostraron que la verdadera *L. limao* está restringida a las áreas de cerrado desde Maranhão a São Paulo en Brasil. Por lo tanto, *L. limao* no está en Colombia y la especie que se describe en este trabajo es la primera para el país. Teniendo en cuenta que las *Lestrimelitta* de Colombia no han sido estudiadas taxonómicamente, es probable que aparezcan otras especies nuevas y registros nuevos cuando más material sea examinado. Esperamos que este trabajo promueva el interés en el estudio de la taxonomía y biología de estas abejas en Colombia.

Materiales y Métodos

En este trabajo se usan los términos y medidas morfológicas indicadas por Michener (2007). Las abreviaciones usadas en la descripción son: F, T y DO para flagélomero antenal, tergo metasomal y diámetro del ocelo medio, respectivamente. Las fotografías fueron tomadas con un microscopio digital Keyence®, VHX-500F. El material se encuentra depositado en la colección personal de Claus Rasmussen (CR) y en las siguientes instituciones: American Museum of Natural History, New York, USA (AMNH); Bee Biology and Systematics Laboratory, USDA, Logan, Utah, USA (BBSL); Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia (ICN); Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (MUSM); Entomology Division, Natural History Museum, University of Kansas, Lawrence, KS, USA (SEMC); Museo de Historia Natural de la Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia (UAM).

¹ Ph. D., Grupo de Investigación en Fauna Silvestre, Museo de Historia Natural, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá. Dirección actual: USDA-ARS, Bee Biology & Systematics Laboratory, Utah State University, Logan, Utah 84322-5310, USA. victorgonzab@gmail.com. Autor para correspondencia.

² Ph. D., Department of Biological Sciences, Aarhus University, Ny Munkegade 116, DK-8000 Aarhus C. Dinamarca. alrunen@yahoo.com ³ M. Sc. Grupo de Investigación en Fauna Silvestre, Museo de Historia Natural, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá. alexandervelasquezvalencia@gmail.com

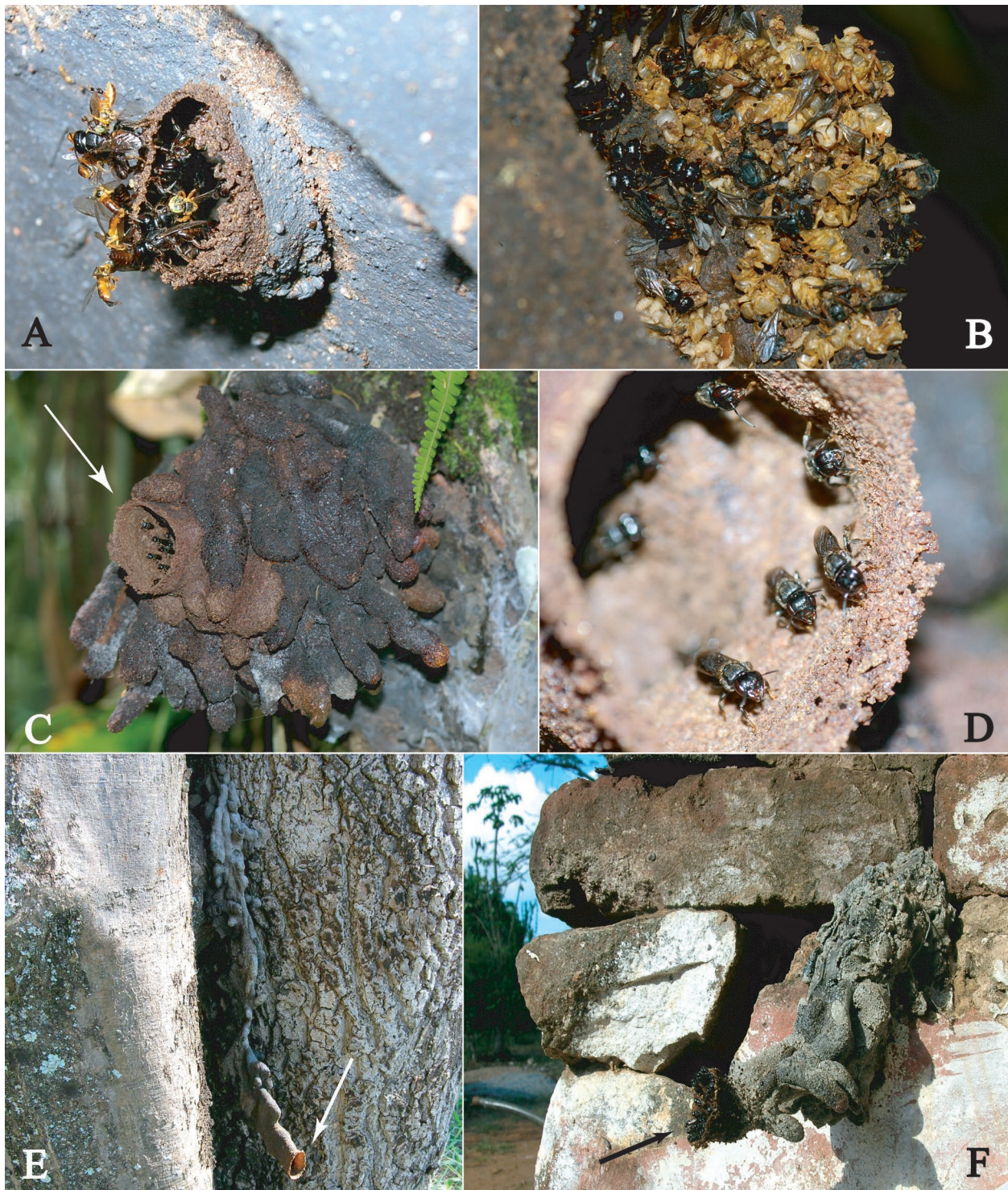


Figura 1. Comportamiento y diversidad de formas en la entrada de los nidos de *Lestrimelitta*. **A** *L. limao* (abejas negras) atacando un nido de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Brasil, São Paulo); **B** *L. rufipes* destruyendo un nido de *Scaptotrigona tricolorata* Camargo, 1988 (Perú, San Martín); **C, D** vista general y detalle de la entrada al nido de *Lestrimelitta piedemontana* Gonzalez y Rasmussen, sp. nov. (Colombia, Meta); **E, F** nidos de *L. limao* en la base de un árbol y en la pared de una casa (Brasil, São Paulo). Las flechas indican la entrada al nido.

Resultados

Lestrimelitta piedemontana Gonzalez y Rasmussen, especie nueva

DIAGNOSIS. Esta especie se reconoce por la combinación de los siguientes caracteres: vértice con algunos pelos cortos

(0,3x DO), gruesos y erectos en la región interocelar y a lo largo del borde preoccipital (Figs. 2A, B); escuto y escutelo (Fig. 2C) con microvellosidad más larga (<0,3x DO) y densa que en la cabeza, dándole un aspecto amarillento o blancuzco en perfil, con pelos erectos a largo de todo el margen anterior del escuto (0,6-0,8x DO) y posterior del escutelo (1,2x DO);

Tabla 1. Distribución y castas conocidas en las abejas del género *Lestrimelitta*.

Especie	Sexo	Distribución
<i>L. chamelensis</i> Ayala, 1999	♀	México
<i>L. ciliata</i> Marchi y Melo, 2006	♀♂	Brasil
<i>L. danuncia</i> Oliveira y Marchi, 2005	♀	Costa Rica, Panamá
<i>L. ehrhardti</i> (Friese, 1931)	♀♂	Brasil
<i>L. glaberrima</i> Oliveira y Marchi, 2005	♀♂	Brasil, Guyana Francesa
<i>L. glabrata</i> Camargo y Moure, 1989	♀♂	Brasil, Guyana Francesa
<i>L. guyanensis</i> Roubik, 1980	♀♂	Guyana Francesa
<i>L. limao</i> (Smith, 1863)	♀♂	Brasil
<i>L. maracaia</i> Marchi y Melo, 2006	♀♂	Brasil
<i>L. monodonta</i> Camargo y Moure, 1989	♀	Brasil
<i>L. mourei</i> Oliveira y Marchi, 2005	♀	Costa Rica
<i>L. nana</i> Melo, 2003	♀	Brasil
<i>L. niitkib</i> Ayala, 1999	♀	México
<i>L. piedemontana</i> Gonzalez y Rasmussen, sp. nov.	♀	Colombia
<i>L. rufa</i> (Friese, 1903)	♀♂‡	Bolivia, Brasil, Ecuador
<i>L. rufipes</i> (Friese, 1903)	♀♂‡	Brasil, Perú
<i>L. similis</i> Marchi y Melo, 2006	♀♂	Brasil
<i>L. spinosa</i> Marchi y Melo, 2006	♀♂	Brasil, Guyana, Trinidad y Tobago
<i>L. sulina</i> Marchi y Melo, 2006	♀♂	Argentina, Brasil, Paraguay
<i>L. tropica</i> Marchi y Melo, 2006	♀♂	Brasil

Sexo/casta: ♀ = obrera; ♂ = macho; ‡ = reina. Referencias: Oliveira y Marchi (2005), Marchi y Melo (2006), Camargo y Pedro (2008), presente trabajo.

espiráculo propodeal ovalado, 2,3x más largo que ancho (Fig. 2D); espuela de la tibia media normal, no reducida, casi de la misma longitud que el ancho máximo del basitarso medio (Fig. 2F); T1-T3 prácticamente glabros, excepto lateralmente por algunos pelos semierectos en T2 y T3, los tergos restantes con pelos gruesos y semierectos aumentando gradualmente en longitud y densidad en los últimos tergos (Fig. 2E).

DESCRIPCIÓN (PARATIPOS EN PARÉNTESIS). OBRERA. Longitud total aproximada: 6,6 mm (5,4-6,6 mm), longitud del ala anterior: 4,9 mm (5,1-6,6 mm), ancho de la cabeza: 2,4 mm (2,3-2,4 mm). **Estructura.** Cabeza 1,2x más ancha que larga; ojos ligeramente divergentes ventralmente, casi paralelos (Fig. 2A); mandíbula basalmente con dos dientes pequeños; área malar igual al diámetro del escapo; clipeo 3,6x más ancho que largo; distancia interalveolar ligeramente más corta (0,9x) que el diámetro alveolar; distancia alveolorbital 2,2x la distancia interalveolar; distancia interocelar 1,8x DO, ligeramente más corta (0,9x) que la distancia ocelorbital; escapo 6,6x más largo que ancho, casi de la misma longitud que la distancia alveolocelar; pedicelo 1,3x más largo que ancho, igual a la longitud del F1; flagelómeros del mismo ancho, F1 tan ancho como largo, ligeramente más largo que F2 (1,4x) y F3 (1,3x), segmentos restantes incrementando progresivamente en longitud, F10 1,7x más largo que ancho; ojo compuesto 2,5x más largo que ancho, casi igual al ancho de la gena, en perfil. Espiráculo propodeal ovalado, 2,3x más largo que ancho (Fig. 2D); espuela de la tibia media normal (Fig. 2F), casi de la misma longitud que el ancho máximo del basitarso medio (0,7-0,8x el ancho máximo del basitarso medio en una de las patas de dos paratipos). **Tegumento.** Como en las otras especies del género, liso y brillante entre puntos pilíferos fi-

nos; metasoma fina y débilmente estriado, especialmente en los esternos. **Coloración.** Predominantemente negra, excepto por las siguientes áreas marrón claro a marrón rojizo oscuras: labro, mandíbula, coxas y trocánteres de todas las patas, superficie externa de la tibia posterior (completamente oscurecida en un paratipo), tarsos de todas las patas, T1 y esternos; membrana alar ligeramente oscurecida, con brillos verduzcos o cobrizos, débiles; estigma y venas marrón oscuros. **Pubescencia.** En general con los pelos erectos marrón oscuros a negros y la microvellosidad predominantemente amarillenta o blancuzca dependiendo del ángulo de la luz. Cabeza con microvellosidad fina y decumbente, más densa y larga en la gena (casi tan larga como el diámetro de un omatidio del ojo compuesto); vértice con algunos pelos cortos (0,3x DO), gruesos y erectos en la región interocelar y a lo largo del borde preoccipital (Fig. 2B); escapo con microvellosidad esparcida, pelos ligeramente más largos que los de la frente, apicalmente con algunos pelos (4-6) más largos (0,3x DO), gruesos y erectos; escuto y escutelo con microvellosidad más larga (<0,3x DO) y densa que en la gena y mesepisterno (Fig. 2C), de la cual sobresalen pelos erectos más largos y gruesos, especialmente a lo largo del margen anterior del escuto (0,6-0,8x DO) y margen posterior del escutelo (1,2x DO); lóbulo pronotal con pelos erectos casi tan largos como los del margen anterior del escuto; mesepisterno con pelos erectos esparcidos, más largos y densos en la mitad inferior (0,3x DO); metepisterno con microvellosidad más densa y notoria en la mitad dorsal; propódeo glabro excepto lateralmente con pelos finamente ramificados, blancos, ligeramente oculto el tegumento (Fig. 2D); T1 y T2 prácticamente glabros, excepto por algunos pelos muy finos, cortos y decumbentes en el disco, y pelos más largos (0,3x DO), gruesos y semierectos

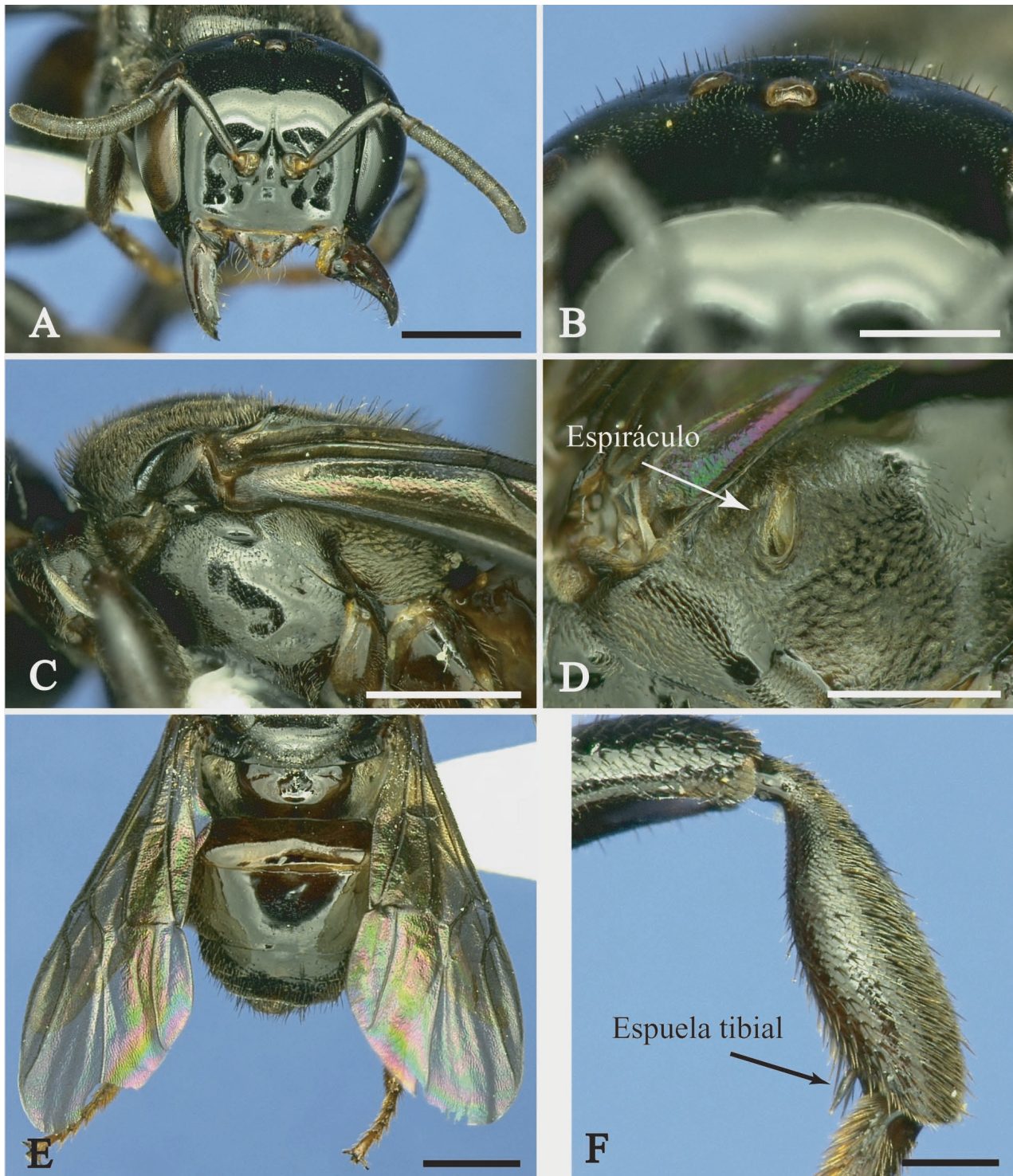


Figura. 2. *Lestrimelitta piedemontana* Gonzalez y Rasmussen, sp. nov. **A** cara; **B** detalle de los pelos del vértice; **C** mesosoma en perfil; **D** detalle del espiráculo propodeal; **E** metasoma en vista dorsal; **F** espuela de la tibia media. Escala: 1,0 mm = A, C y E; 0,5 mm = B; 0,25 mm = F.

en los lados de T2; T3 como en T2 pero con pelos ligeramente más largos; T4-T6 principalmente con pelos gruesos y semierectos, aumentando gradualmente en longitud y densidad en los últimos tergos (Fig. 2E); T6 con pelos más largos que en los otros tergos (1.2x DO); esternos con microvellosidad más larga y densa que en los tergos, pelos erectos tan largos y densos como en T5.

ETIMOLOGÍA. El epíteto específico hace referencia a la distribución conocida de esta especie, en el piedemonte de los Andes colombianos.

MATERIAL TIPO. *Holotipo.* 1 obrera, COLOMBIA. *Caquetá:* Florencia, corregimiento El Caraño, Vereda Villaraz, Km. 20 vía Florencia a Suaza; 1°43,440'N; 75°40,030'W; 860 m, Ju-

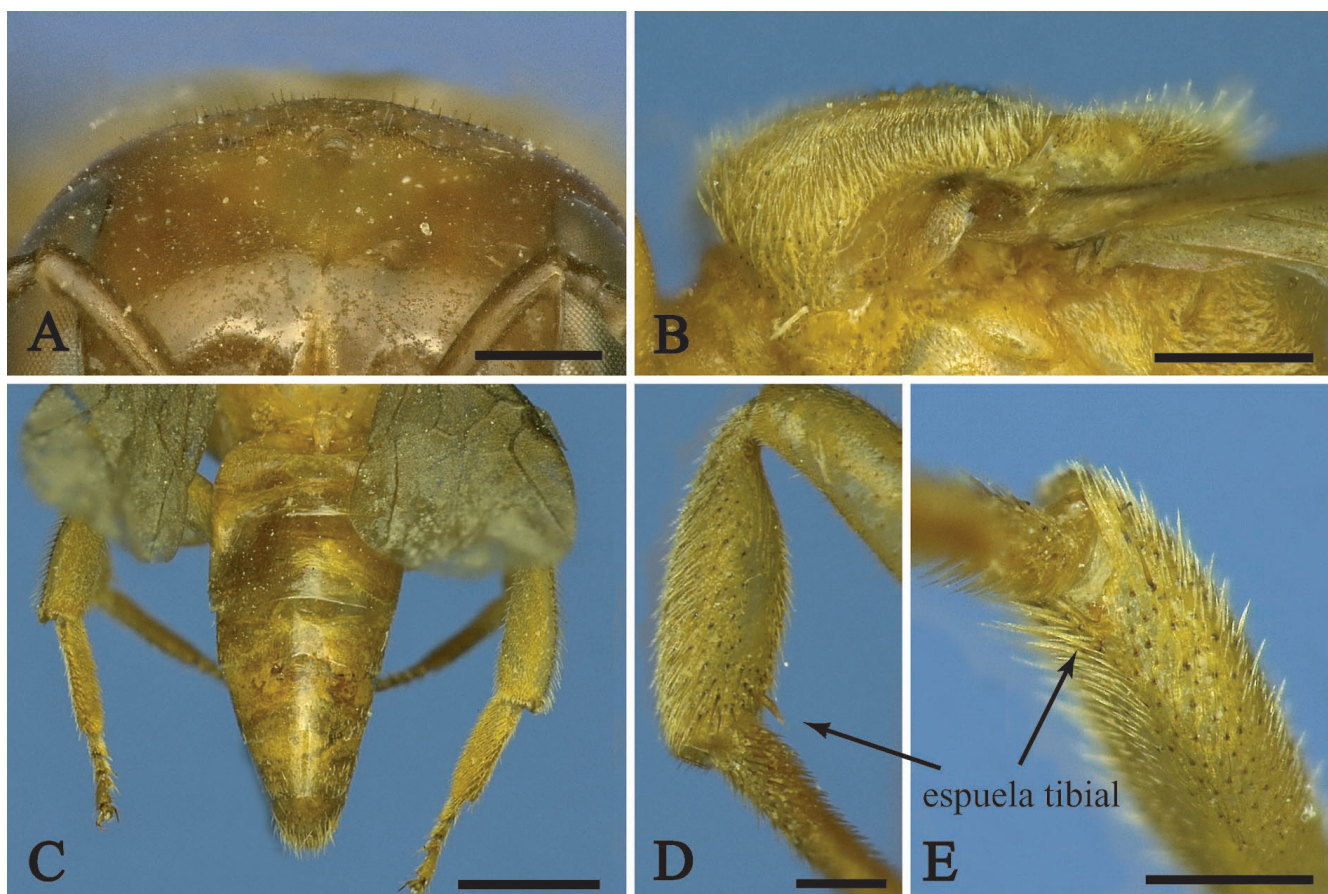


Figura. 3. Lectotipo de *Lestrimelitta rufa*. El espécimen es amarillo porque aparentemente fue colectado dentro del nido cuando todavía no se había pigmentado completamente. **A** detalle de los pelos del vértice; **B** mesosoma en perfil; **C** metasoma en vista dorsal; **D** tibia media de la pata izquierda con la espuela tibial no reducida; **E** tibia media de la pata derecha con la espuela tibial muy reducida, escasamente visible. Escala: 0,5 mm = A, B; 1,0 mm = C; 0,25 mm = D, E.

lio 17, 2009, Y. Mora [ICN]. *Paratipos*. Ocho obreras con los mismos datos del Holotipo [ICN, BBSL, SEMC, UAM] y 25 obreras con los siguientes datos: COLOMBIA. *Meta*: Villavicencio, Bosque Bavaria, C. Rasmussen, leg., 4.xii.2008 [AMNH, BBSL, CR, MUSM].

HÁBITAT. El holotipo y paratipos del Caquetá fueron atraídos al Salicilato de metilo usado en una trampa para la captura de abejas de las orquídeas (Apidae: Euglossini) siguiendo el diseño de Vélez y Pulido-Barrios (2005). Las trampas estaban ubicadas en bordes de vegetación secundaria, en estado de sucesión temprana, rodeados por una matriz de potreros utilizados para el pastoreo intensivo de ganado. Los paratipos del *Meta* fueron capturados en la entrada de un nido que se encontraba en la base de un árbol vivo en un bosque secundario (Figs. 1C, D).

COMENTARIOS. La variación en la longitud de la espuela tibial, así como en la pubescencia y forma del espiráculo propodeal, son algunos caracteres que hasta el momento han sido útiles en el reconocimiento de las especies de *Lestrimelitta*. Juzgando por la pubescencia del vértice y escuto (Figs. 3A, B), *L. piedemontana* sp. nov. es más parecida a *L. rufa* (Friese, 1903) que a *L. limao*. De hecho, ambas especies se diferencian de *L. limao* principalmente por la pilosidad reducida en el vértice y en la parte dorsal del mesepisterno y por la ausencia de pelos erectos en el disco del escuto. En la especie nueva y

en *L. rufa*, el mesepisterno está cubierto de pelos erectos en toda la superficie, los lados del propódeo están cubiertos con tomento denso y el metasoma tiene pelos erectos a partir de los lados del T2 (Fig. 3C); sin embargo, en *L. piedemontana* sp. nov. la espuela de la tibia media es normal (Fig. 2F), casi del mismo largo o ligeramente menor que el ancho máximo del basitarso medio, mientras que en *L. rufa* es típicamente muy reducida, escasamente visible (Fig. 3E). La pubescencia del vértice y metasoma también es ligeramente más larga y densa que en *L. rufa*.

Como se indicó en la descripción de *L. piedemontana* sp. nov., existe variación en la longitud de la espuela tibial. En dos paratipos la espuela de una de las patas es ligeramente más corta que el ancho máximo del basitarso medio (0,7-0,8x). Aun así, es mucho más larga y conspicua que en *L. rufa*. Sin embargo, Marchi y Melo (2006) notaron que en el lectotipo de *L. rufa* y en al menos un espécimen de Rondônia, la espuela tibial de una de las patas es inusualmente larga (~0,7x el ancho máximo del basitarso medio) y por lo tanto aproximándose a la condición de *L. piedemontana* sp. nov. (comparar Figs. 3D y E). Por lo tanto, es posible que *L. piedemontana* sp. nov. represente un extremo en la variación geográfica de *L. rufa* en cuanto a la longitud de la espuela tibial (*L. piedemontana* sp. nov. se encuentra a lo largo del piedemonte de los andes colombianos mientras que *L. rufa* es principalmente amazónica). De ser así, la especie aquí descrita tendría que sinonimizarse con *L. rufa*. Sin embargo, hasta

el momento no existe evidencia que demuestre tal patrón y por ahora hemos decidido reconocerlas como especies distintas. El estudio de los machos, de material de otras regiones y posiblemente de los hábitos de nidificación ayudará a resolver este problema.

***Lestrimelitta rufipes* (Friese, 1903)**

REGISTRO NUEVO. 30 obreras depositadas en BSSL, CR y MUSM con los siguientes datos: PERÚ: San Martín, Biodiversidad, Tarapoto-Yurimaguas km 20, S0634/W7620, 950 masl, Ex. nest of *Scaptotrigona tricolorata* C. Rasmussen, Leg.

COMENTARIOS. Esta especie, ampliamente distribuida en Brasil (Marchi y Melo 2006), fue incluida por Rasmussen y Gonzalez (2009) en una lista de los meliponinos del Cerro Escalera en San Martín, Perú; sin embargo, ni los datos de los especímenes ni la colección donde están depositados habían sido mencionados hasta ahora. Por lo tanto, en este trabajo se registra formalmente esta especie para el Perú.

Cambio de nombre en *Lasioglossum*

Lasioglossum santafensis Gonzalez y Rasmussen, *nomen novum*.

Lasioglossum urbanus Gonzalez, 2006: 93: *nomen praeoccupatum* [nec *Lasioglossum urbanum* (Smith 1879:35); propuesto inicialmente en el género *Halictus* Latreille].

ETIMOLOGÍA. El nuevo epíteto específico se refiere a la ciudad de Santa Fe de Bogotá, por lo tanto preservando la intención de referirse a la ciudad donde esta especie es frecuentemente colectada.

Agradecimientos

A tres evaluadores anónimos y Danny Vélez, amigo y colega, por los comentarios hechos a esta nota. John Ascher, Jerome Rozen y Heather Campbell por el préstamo del lectotipo de *L. rufa*. Esta contribución hace parte del proyecto “Estructura de la comunidad de machos de euglossinas en un gradiente altitudinal sobre el corredor vial Florencia a Suaza” realizado por el semillero de investigación en Biodiversidad Amazónica (SIBA) y financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones y postgrado de la Universidad de la Amazonía.

Literatura citada

- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. 2008. Meliponini Lepeletier, 1836. En: Moure, J. S.; Urban, D.; Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Disponible en <http://www.moure.cria.org.br/catalogue> [Fecha revisión: 12 mayo 2010]
- GONZALEZ, V. H. 2006. Dos especies nuevas de abejas de la ciudad de Bogotá (Colombia). Revista Colombiana de Entomología 32(1): 93-96.
- MARCHI, P.; MELO, G. A. R. 2004. Notas sobre o tipo de *Trigona limao* Smith (Hymenoptera, Apidae, *Lestrimelitta*). Revista Brasileira de Entomologia 48: 379-382.
- MARCHI, P.; MELO, G. A. R. 2006. Revisão taxonômica das espécies brasileiras de abelhas do gênero *Lestrimelitta* Friese (Hymenoptera, Apidae, Meliponina). Revista Brasileira de Entomologia 50: 6-30.
- MICHENER C. D. 2007. The Bees of the World. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 2nd Edition.
- NATES-PARRA, G. 2001. Las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Colombia. Biota Colombiana 2: 233-248.
- NATES-PARRA G. 2006. Abejas Corbiculadas de Colombia: Hymenoptera: Apidae. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá D. C. 156 p.
- OLIVEIRA, F. F.; MARCHI, P. 2005. Três espécies novas de *Lestrimelitta* Friese (Hymenoptera, Apidae) da Costa Rica, Panamá e Guiana Francesa. Revista Brasileira de Entomologia 49: 1-6.
- RASMUSSEN, C.; GONZALEZ, V. H. 2009. Abejas sin aguijón del Cerro Escalera, San Martín, Perú (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Sistemas Agroecológicos y Modelos Biomatemáticos 2(2): 26-32.
- RASMUSSEN, C.; CAMERON, S. A. 2010. Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. Biological Journal of the Linnean Society 99: 206-232.
- ROUBIK, D. W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press. 514 p.
- SAKAGAMI, S. F.; ROUBIK, D. W.; ZUCCHI, R. 1993. Ethology of the robber stingless bee, *Lestrimelitta limao*. Sociobiology 21: 237-277.
- SMITH, F. 1879. Descriptions of New Species of Hymenoptera in the Collection of the British Museum. British Museum, London, United Kingdom. xxi + 240 p.
- VÉLEZ, D.; PULIDO-BARRIOS, H. 2005. Observaciones sobre la estratificación vertical de abejas euglossinas (Apidae: Euglossini) en un bosque ripario de la Orinoquía colombiana. Caldasia 27(2): 267-270.

Recibido: 15-may-2010 • Aceptado: 6-nov-2010

Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini)

Nesting behavior, taxonomic notes and potential distribution of *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini)

DIANA CATALINA FERNÁNDEZ¹, GISELLE ZAMBRANO G.² y VÍCTOR H. GONZÁLEZ³

Resumen: Los hábitos de nidificación de las abejas sin aguijón del género *Paratrigona* son diversos y todavía desconocidos para la mayoría de las especies. En este trabajo se presenta información sobre estos aspectos y sobre la taxonomía de *P. eutaeniata* en el suroccidente de los Andes colombianos. Hasta ahora esta especie se creía restringida a los bosques andinos y subandinos de la vertiente occidental de la cordillera Oriental, al norte de Colombia. Se describe e ilustra por primera vez la arquitectura interna del nido, la reina, y variaciones morfológicas de la obrera y el macho. También se usa un modelo de distribución de especies para predecir la distribución potencial de *P. eutaeniata* en el noroccidente de Sur América.

Palabras clave: Andes. Abejas sin aguijón. Colombia. Distribución potencial. Modelos de distribución de especies.

Abstract: The nesting habits of stingless bees in the genus *Paratrigona* are diverse and still unknown for most of the species. Herein we present information on these aspects and on the taxonomy of *P. eutaeniata* in the southwestern Andes of Colombia. To date, this species has been considered restricted to the Andean and sub-Andean forests of the western slopes of the Cordillera Oriental, in northern Colombia. We describe and illustrate for the first time the internal nest architecture, the queen, and morphological variations of the worker and the male. We also used a species distribution model to predict the potential distribution of *P. eutaeniata* in northwestern South America.

Key words: Andes. Stingless bees. Colombia. Potential distribution. Species distribution models.

Introducción

La tribu Meliponini agrupa especies de abejas sociales sin aguijón que producen miel y habitan en las zonas tropicales y subtropicales de África, Asia, Australia y América (Schwarz 1948; Michener 2007). Aunque varias especies han sido criadas de forma artesanal por indígenas y campesinos por mucho tiempo, sólo recientemente se ha prestado atención a su papel como polinizadores de plantas cultivadas y se han diseñado colmenas que facilitan el manejo y extracción de cera, miel y polen (e.g., Nates-Parra 2006; Michener 2007). Se conocen alrededor de 400 especies en América, aunque su número real puede alcanzar las 800 (Rasmussen y Cameron 2007; Rasmussen y Gonzalez 2009). A pesar de que existen algunas listas de las más de 100 especies de meliponinos registradas para Colombia (e.g., Smith-Pardo 2003; Nates-Parra 2006), todavía se conoce muy poco sobre la verdadera diversidad de estas abejas en el país. Por ejemplo, excluyendo el género monotípico *Paratrigonoides* Camargo y Roubik, en Colombia solamente se han revisado taxonómicamente cuatro de los 20 géneros que están registrados (Gonzalez y Nates-Parra 1999; Gonzalez 2007; Gonzalez y Sepúlveda 2007; Gonzalez y Vélez 2007; Gonzalez y Roubik 2008). Además, al igual que ocurre en otros grupos de insectos, muy poco material de Colombia es accesible a los especialistas en el exterior que hacen las revisiones a nivel neotropical. Este desconocimiento taxonómico de los meliponinos colombianos no sólo impide la identificación y aprovechamiento de las especies a nivel local, sino también, el entendimiento de los límites

entre las especies, patrones de distribución y especiación de estas abejas en todo el neotrópico.

Paratrigona Schwarz es uno de los cuatro géneros de meliponinos cuyas especies han sido estudiadas taxonómicamente en Colombia y del cual se tiene información detallada sobre su distribución en el país. Estas pequeñas abejas (4.0–6.0 mm), predominantemente negras, con abundantes diseños amarillos en el cuerpo, se conocen en Colombia con varios nombres comunes, tales como currunchos, ruminas, minui, angelitas o mierdeperro (Nates-Parra *et al.* 1999; Nates-Parra 2006). Hasta ahora, 10 de las 32 especies conocidas de *Paratrigona* (Camargo y Pedro 2007) se han encontrado en Colombia, la mayoría de ellas en la región Andina. Tal distribución puede ser un efecto de muestreo, pues esta región es una de las áreas más colectadas del país (Gonzalez y Vélez 2007). Al igual que en otros géneros de meliponinos, todavía se conoce muy poco sobre los aspectos básicos de la biología para la mayoría de las especies de *Paratrigona*. Por ejemplo, los hábitos de nidificación han sido descritos solamente para 12 especies; asimismo, el macho se ha descrito para un tercio de las especies mientras que la reina solamente para una especie (Camargo y Moure 1994; Nates-Parra *et al.* 1999). El estudio de los nidos, así como de las reinas y machos, es importante porque proporciona caracteres adicionales que ayudan al reconocimiento de especies crípticas y reconstrucción de hipótesis filogenéticas. Adicionalmente, algunas especies son conocidas de unos pocos ejemplares de una misma localidad o de un mismo nido, limitando nuestro entendimiento de las variaciones morfológicas dentro y entre las especies.

¹ Est. Biología. Grupo de Estudios en Geología, Ecología y Conservación GECO, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. dcfernandez@unicauca.edu.co ² M. Sc. Departamento de Biología, Grupo de Estudios en Geología, Ecología y Conservación GECO, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Educación, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. gzambranog@unicauca.edu.co ³ Ph. D. Grupo de Investigación en Fauna Silvestre, Museo de Historia Natural, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá. Dirección actual: USDA-ARS. Bee Biology & Systematics Laboratory, Utah State University, Logan, Utah 84322-5310, USA. victorgonzalez@gmail.com Autor para correspondencia.

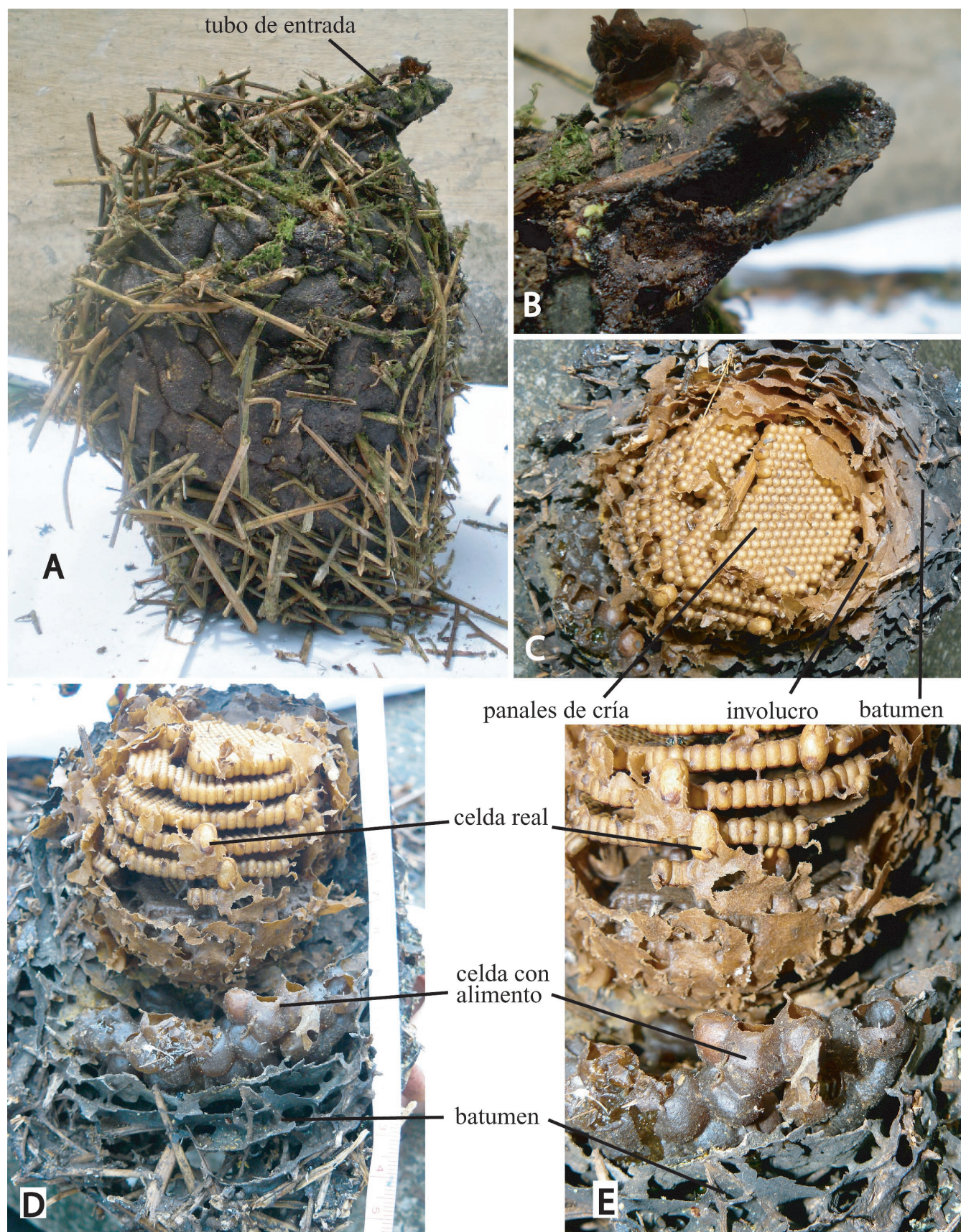


Figura. 1. Nido de *Paratrígona eutaeniata*. **A** nido completamente expuesto; la base del nido es donde sale el tubo de entrada; **B** detalle del tubo de entrada; **C-E** arquitectura interna del nido en vista superior y lateral (dimensiones indicadas en el texto).

En este trabajo se presenta información sobre los hábitos de nidificación de *P. eutaeniata* Camargo y Moure, 1994 en el suroccidente de los Andes colombianos. Hasta el momento, esta especie se creía restringida a los bosques subandinos y andinos de la vertiente occidental de la cordillera Oriental, al norte de Colombia (Camargo y Moure 1994; Nates-Parra *et al.* 1999; Camargo y Pedro 2007). También se describe por primera vez la reina y las variaciones morfológicas de la obrera y el macho. Además se discute la distribución potencial de *P. eutaeniata* en el noroccidente de Sur América a partir de un modelo de distribución de especies.

Materiales y Métodos

Los dos nidos de *P. eutaeniata* se encontraron en agosto del 2008 en la finca Valparaíso, Vereda El Rosal, corregimiento La Gallera, al occidente del municipio de El Tambo, en el departamento del Cauca (2°46'59,4"N, 76°55'03,6"W; 1660 m). Esta región incluye la parte alta y media del río San Joaquín, en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Munchique; además, es el área limítrofe entre la región centro-oriental y la región pacífica. Los nidos se colectaron al atardecer, cuando aparentemente todas las abejas ya habían regresado de forrajear. Luego, para estudiar su estructura interna y examinar su contenido, los nidos se transportaron en un recipiente plástico al Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca, en Popayán (MHNUC). Las abejas se sacrificaron con vapores de acetato de etilo. Las medidas de la estructura interna se tomaron con un calibrador. Los términos usados en la descripción de la arquitectura del nido son los descritos por Michener (2007).

En la descripción taxonómica de la reina se usaron los términos y medidas morfológicas indicadas por Michener (2007). Las abreviaciones usadas en la descripción son: F, T y DO para flagelómero antenal, tergo metasomal y diámetro del ocelo medio, respectivamente. Los nidos, la reina y la mayoría de machos y obreras colectados se encuentran en el MHNUC. Otros especímenes están depositados en las siguientes colecciones: Colección personal de Claus Rasmussen (Dinamarca), Instituto de Ciencias Naturales (Bogotá, Colombia), Bee Biology and Systematics Laboratory, Utah State University, Logan, UT (USA) y Natural History Museum, University of Kansas, Lawrence, KS (USA). Las microfotografías fueron tomadas con un microscopio digital VHX-500F, Keyence®.

Para predecir la distribución potencial de *P. eutaeniata* se usó un modelo de distribución de especies (MDS). Estos MDS combinan variables ambientales con la distribución conocida de una especie para generar un modelo que identifica las áreas potencialmente adecuadas de distribución. En total se usaron 15 registros de localidades para *P. eutaeniata*, todos, excepto por el registro del Cauca, fueron tomados de Nates-Parra *et al.* (1999). No se sabe si estas localidades son de abejas provenientes de nidos naturales o de colmenas transportadas por meliponicultores, pues el trabajo de Nates-Parra *et al.* (1999) se basó en el estudio de colecciones entomológicas. Las coordenadas geográficas de cada localidad se consultaron usando Google Earth (www.earth.google.com). El modelo fue generado con el programa MaxEnt (versión 3.06), el cual requiere únicamente de datos de presencia (Phillips *et al.* 2006). En total se usaron las siguientes 19 variables bioclimáticas a una resolución de 1 km² (Hijmans *et al.* 2005): 1) Temperatura media anual, 2) Rango diurno medio,

3) Isotermalidad, 4) Temperatura estacional, 5) Máxima temperatura del mes más cálido, 6) Máxima temperatura del mes más frío, 7) Rango anual de temperatura, 8) Temperatura media del cuarto del año más húmedo, 9) Temperatura media del cuarto del año más seco, 10) Temperatura media del cuarto del año más cálido, 11) Temperatura media del cuarto del año más frío, 12) Precipitación anual, 13) Precipitación del mes más húmedo, 14) Precipitación del mes más seco, 15) Precipitación estacional, 16) Precipitación del cuarto del año más húmedo, 17) Precipitación del cuarto del año más seco, 18) Precipitación del cuarto del año más cálido, y 19) Precipitación del cuarto del año más frío. Los parámetros usados en el modelo fueron los asignados automáticamente por el programa, excepto por 30% de prueba aleatoria, 10 réplicas y submuestras. Los resultados se procesaron y visualizaron usando ArcGIS 9.2 (ESRI 2006).

Resultados

Hábitos de nidificación. Ambos nidos de *P. eutaeniata* se encontraron colgando de ramas de árboles y arbustos. El primer nido estaba en un arbusto de café (Rubiaceae: *Coffea arabica* Linnaeus, 1753), aproximadamente a 2 m de altura; el segundo en una rama de un árbol de siete cueros (Melastomataceae: *Tibouchina* sp.) a 2.2 m de altura. Los nidos eran ovoides (16–20,5 cm de longitud y 13–16,5 cm de diámetro en la parte más ancha) y completamente expuestos. El batumen era duro, quebradizo, marrón oscuro a negro y aproximadamente de 2,5–4,0 cm de grosor; internamente habían residuos de polen esparcidos entre las depresiones de las capas, externamente estaba cubierto con pedazos de ramas, hojas secas, musgos y algunas semillas (Fig. 1A). La entrada al nido, ubicada en la base, era un tubo de cera aplastado, marrón oscuro, de aproximadamente 3 cm de largo; el orificio de entrada era subrectangular, aproximadamente de 1,1–3,0 cm de ancho y 0,5–0,8 cm de alto (Fig. 1B). Uno de los nidos (#2) tenía una entrada adicional en la parte superior. El área de cría, en el centro del nido, era de aproximadamente 12–15 cm de longitud y 8–11 cm de diámetro, y estaba cubierta por varias capas de involucro de color marrón claro (Fig. 1C). Las celdas de cría estaban organizadas en panales horizontales; el primer nido tenía nueve panales, el segundo tenía siete. Cada celda era elíptica en sección longitudinal y circular en sección transversal, aproximadamente 5 mm en longitud y 3 mm en diámetro. El primer nido tenía 2546 celdas, la mayoría de ellas (~80%) con larvas postdefecantes y pupas. Los panales más nuevos estaban en la base del área de cría. En total había ocho celdas reales en el primer nido, mucho más grandes que las celdas de cría (~9 mm en longitud y 6 mm en diámetro), ubicadas en el margen externo de cada panal (Figs. 1D y E). Cada panal tenía una celda real, excepto por el cuarto y séptimo con dos celdas cada uno; el primero o más basal, tercero y último panal no tenían celdas reales. En la base del nido, cerca al tubo de entrada, se encuentra el área de almacenamiento de alimento con celdas mucho más grandes que las celdas de cría (8 mm de longitud y 15 mm de diámetro). El primer nido tenía 44 celdas con miel, tres con polen y siete vacías; en total, la colonia estaba compuesta por una reina fisiogástrica, 1632 obreras y 102 machos adultos. El segundo nido tenía 10 celdas con miel, cinco con polen y dos vacías; no se contó el número de celdas ni de adultos de esta colonia.

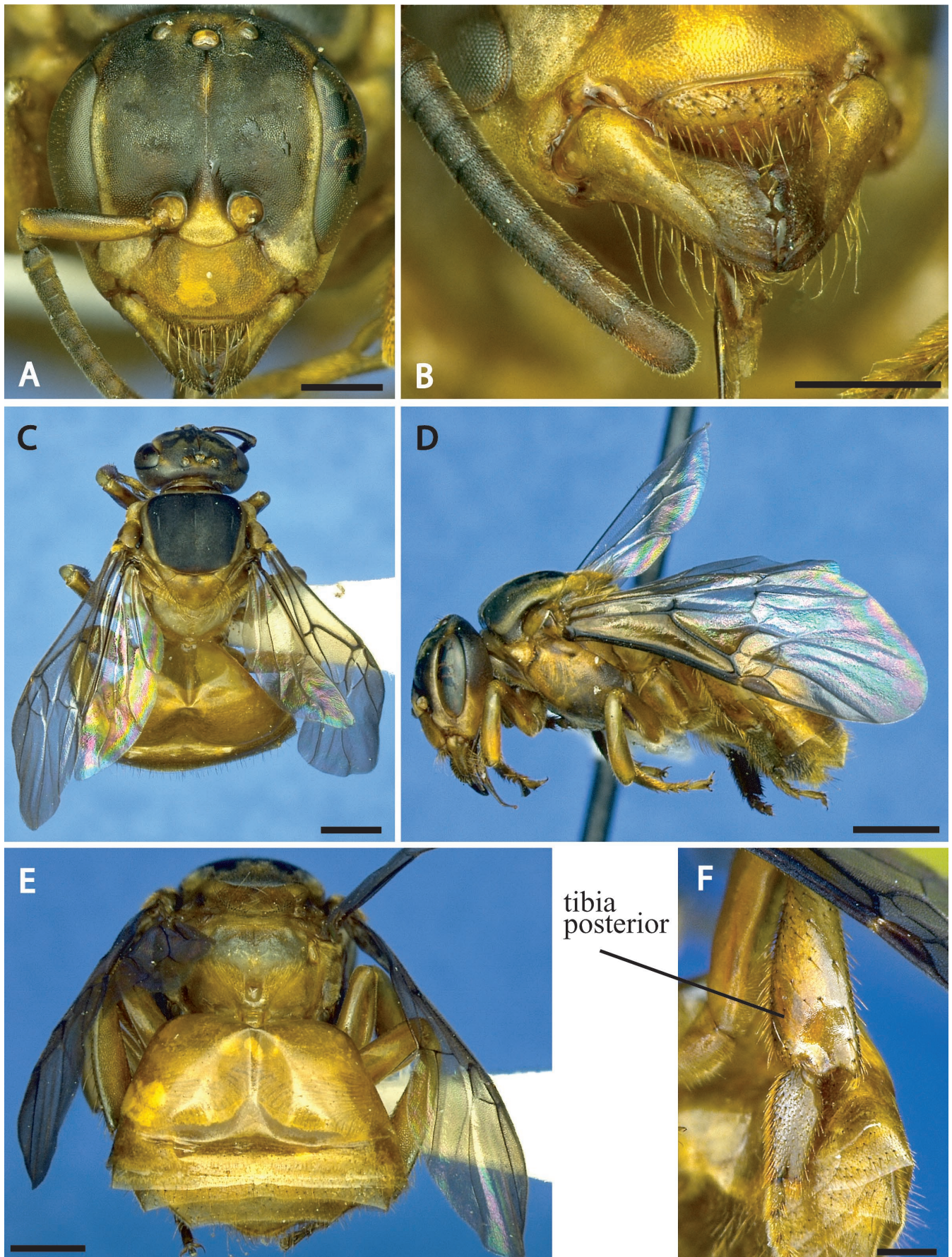


Figura. 2. Reina de *Paratrigona eutaeniata*. **A** cabeza; **B** detalle de la mandíbula; **C**, **D** vista dorsal y lateral; **E** detalle del metasoma; **F** detalle de la tibia y basitarso posterior. Escala: 0.5 mm = A, B y F; 1.0 mm = C, D y E.

Organismos asociados

Entre las capas de batumen se encontró la pupa de un lepidóptero que no emergió y no pudo ser identificado. Asimismo, entre las capas del involucro, muy cerca al área de cría, se hallaron cuatro individuos adultos de moscas de la familia Phoridae. Es probable que se trate de parásitos del nido como se ha registrado en otros nidos de meliponinos (e.g., Nates-Parra 2006).

Taxonomía

Descripción de la reina (reina fisiogástrica). Longitud corporal: 6 mm, longitud ala anterior: 5,2 mm. *Estructura*. Cabeza ligeramente (1,1x) más ancha que larga; ojos compuestos casi paralelos (Fig. 2A); área malar 1,5x el diámetro del F3; clipeo 2,1x más ancho que largo, con la sutura epistomal ligeramente cóncava entre los alveolos antenales; mandíbula con cuatro dientes, los dos apicales conectados por una lamina quitinosa, no tan diferenciados como en la obrera (Fig. 2B); distancia interalveolar igual a la distancia alveolorbital, 1,5x

DO; distancia interocelar 2,2x DO, subigual a la distancia ocelorbital; escapo 4,3x más largo que ancho, igual a la distancia alveolocelar; pedicelo ligeramente más largo que F1, flagelómeros más anchos que largos (~1,3x), excepto F10, 1,8x más largo que ancho; gena ligeramente más ancha que el ojo compuesto en perfil. Escuto 1,2x más ancho que largo, ligeramente más estrecho (0,9x) que la cabeza, con margen anterior vertical, curvándose suavemente con la superficie dorsal, como en la obrera; escutelo 1,8x más ancho que largo, no cubriendo parcialmente el propódeo en vista dorsal (Figs. 2C y D); tibia posterior sin área corbicular distinguible como en la obrera, solamente algo deprimida distalmente, con ángulo posterodistal más proyectado; basitarso posterior de lados subparalelos, más ancho cerca a la base (Fig. 2F). Metasoma 1,5x más ancho que largo, cerca de dos veces el ancho del escuto (Fig. 2E). *Tegumento*. En general fino y densamente punteado como en la obrera, excepto por T1 y T2 ligeramente más brillantes y débilmente imbricados, y propódeo basalmente con línea media fina (menor del diámetro de un punto).

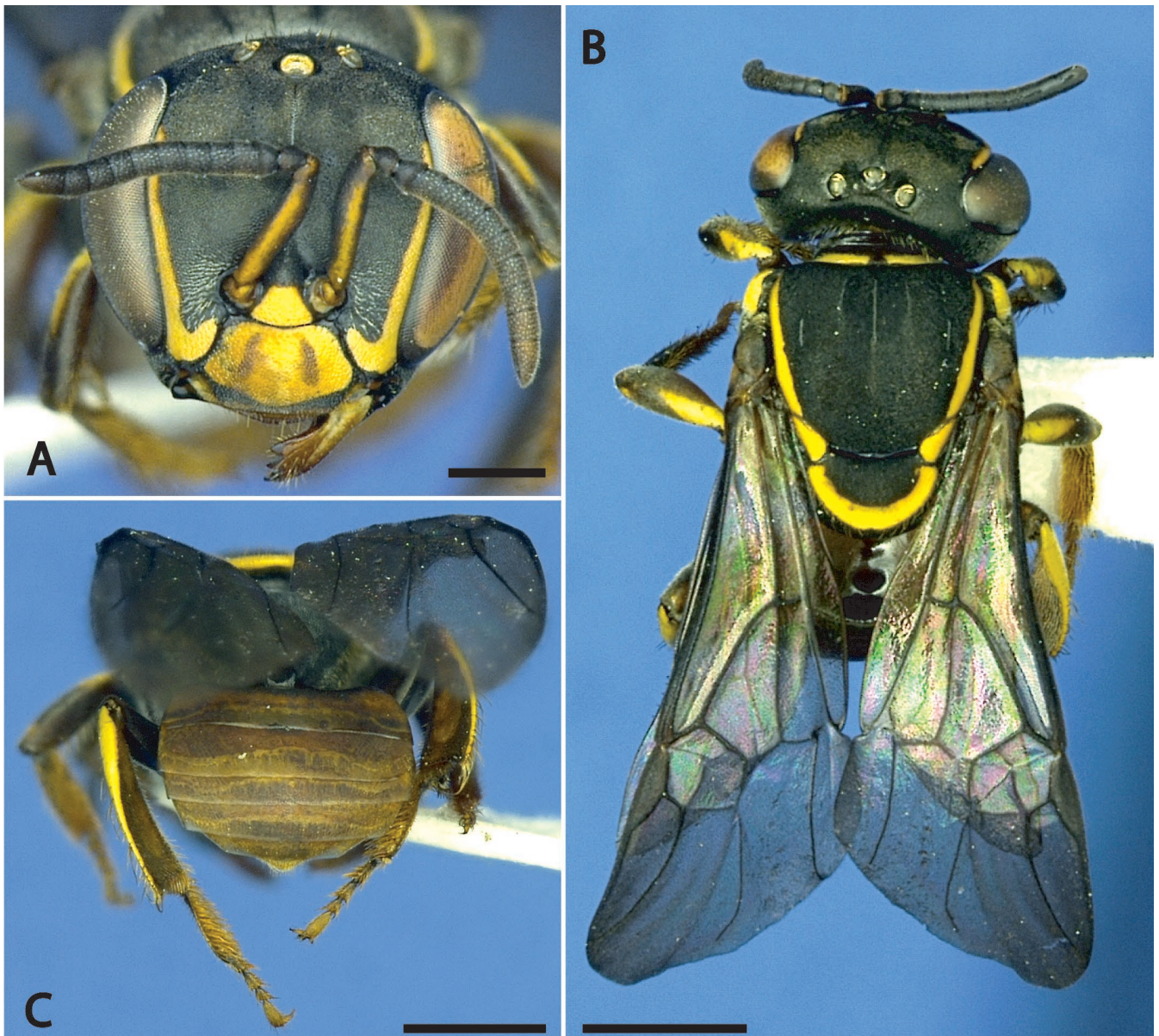


Figura 3. Obrera de *Paratrigona eutaeniata*. **A** cabeza; **B** vista dorsal; **C** detalle del metasoma Escala: 0.5 mm = A; 1.0 mm = B y C.

Coloración. Cabeza predominantemente café oscura a negra, excepto por las siguientes áreas ferrugíneas: mandíbula (excluyendo ápice), labro, clípeo y superficie anterior del escapo; las siguientes áreas pálidas: área supraclipeal, área paraocular, área malar y tercio inferior de la gena; las siguientes áreas con manchas amarillentas difusas: línea frontal, debajo del ocelo medio, área paraocular superior y vértice, entre los ocelos laterales. Mesosoma y metasoma ferrugíneos, excepto por mesepisterno con superficie ventral ennegrecida y escuto marrón oscuro a negro con banda lateral amplia (igual o ligeramente más ancha que DO); superficie exterior de las tibias y basitarsos, especialmente medio y posterior, algo verdosos. **Pubescencia.** Ferrugínea clara, con microvellosidad decumbente en la cabeza y mesosoma como en la obrera, notoria en los lados del propódeo; pelos simples y largos en la mandíbula (~2,0 DO), labro (1,5–2,0 DO), superficie ventral del mesepisterno (~2,0 DO) y escutelo (2,0–2,5 DO). T1 y casi todo el T2 glabro; T3–T6 con dos tipos de pelos: pelos cortos (0,2x DO), semierectos y pelos largos, erectos, más densos y largos (2,0x DO) sobre los tergos apicales. Esternos con pelos erectos, más largos sobre el primer esterno (2,0x DO).

Variaciones. Las siguientes variaciones se observaron en especímenes adultos de obreras colectadas en flores o dentro de los nidos examinados: clípeo algunas veces completamente amarillo, excepto por el margen apical negro y una mancha marrón a cada lado de la línea media (Fig. 3A); bandas del escuto y escutelo algunas veces reducidas, casi del mismo ancho del F3 (Fig. 3B); metasoma ferrugíneo, algunas veces con los tergos basales oscurecidos (Fig. 3C). El macho también tiene el metasoma ferrugíneo y las bandas del escuto reducidas (< diámetro del F3). Además, en algunos especímenes, el escutelo es ligeramente más alargado (~1,5x más ancho que largo) que el macho descrito por Nates *et al.* (1999) de Cundinamarca (2,0x más ancho que largo).

Distribución potencial

De acuerdo con el MDS, el hábitat adecuado para *P. eutaeniata* se encuentra principalmente en los Andes, desde Venezuela hasta el norte del Perú. Sin embargo, las áreas con mayor probabilidad de ocupación se encuentran en los Andes de Colombia y Ecuador, y en las serranías de Abibe y Darién, en los límites con Panamá (Fig. 4).

Discusión

Los hábitos de nidificación de *Paratrigona* son diversos, aunque todavía se desconocen para la mayoría de las especies. Algunas especies nidifican en el suelo, otras en nidos de hormigas o termitas, asociados a construcciones humanas o de manera expuesta, como el caso de *P. eutaeniata* (Camargo y Moure 1994; Nates-Parra *et al.* 1999; Nates-Parra 2006; Michener 2007). Los hábitos de nidificación y estructura del nido de *P. eutaeniata* descritos en este trabajo concuerdan con las preferencias de nidificación observadas en otras especies del género y los comentarios hechos por Nates-Parra *et al.* (1999) sobre la estructura externa de los nidos de *P. eutaeniata* en Cundinamarca. La única diferencia es la presencia de dos entradas en uno de los nidos examinados.

Hasta el momento, la única reina descrita de *Paratrigona* era la de *P. pacifica* (Schwarz, 1943) (Schwarz 1948). Aunque la descripción de Schwarz (1948) no permite establecer si existen diferencias entre esta reina y la de *P. eutaeniata*, es

claro que en ambas especies la reina es predominantemente ferrugínea y tiene un propódeo grande. La reina de otras especies necesita ser examinada para confirmar la uniformidad morfológica de esta casta. Las variaciones encontradas en los diseños amarillos y color ferrugíneo del metasoma en la obrera y el macho del Cauca demuestran una mayor variación de la conocida hasta ahora en *P. eutaeniata*. Tales variaciones son importantes desde el punto de vista taxonómico, pues hay una tendencia a distinguir especies con base en patrones de coloración de las obreras en grupos que son morfológicamente homogéneos como *Paratrigona*.

Según el MDS, los Andes de Colombia y Ecuador presentan los hábitats más adecuados para *P. eutaeniata* (Fig. 4). Estos resultados son interesantes por dos razones: primero, sugieren que esta especie podría estar más ampliamente distribuida de lo que pensamos, especialmente en las serranías de Abibe y Darién, en los límites con Panamá. No hay duda que se necesitan muestreos en éstas y otras áreas pronosticadas por el MDS para validar el modelo y determinar la presencia o ausencia de *P. eutaeniata*.

Segundo, los resultados del MDS sugieren que *P. eutaeniata* podría encontrarse en Ecuador como sospecharon Camargo y Moure (1994). Cuando estos autores describieron *P. eutaeniata*, a partir de siete obreras de Mesitas (Cundinamarca), también examinaron cuatro obreras morfológicamente muy parecidas a esta especie pero colectadas en Loja y Balzapamba, al suroccidente de los Andes ecuatorianos. A diferencia de los especímenes de Colombia, los ejemplares ecuatorianos tenían el escape de la antena más cilíndrico y estrecho que el diámetro del tercer flagelómero antenal y las manchas de la cara y tibias mucho más reducidas. Debido a estas diferencias y sin poder examinar más especímenes de otras localidades, Camargo y Moure (1994) dudaron que se tratara de la misma especie. Aunque el MDS predice la presencia de *P. eutaeniata* en los Andes ecuatorianos, Loja y Balzapamba se encuentran en áreas de baja probabilidad de hábitats adecuados para esta especie, especialmente Loja (ver círculos en Fig. 4). Sin embargo, la presencia de *P. eutaeniata* al suroccidente de los Andes colombianos, así como la variación en el patrón de coloración encontrada, apoyan la idea de que los especímenes de Ecuador examinados por Camargo y Moure (1994) pertenecen a *P. eutaeniata*. Obviamente el estudio del macho, nidos y un mayor número de especímenes colectados en localidades intermedias ayudarán a aclarar este problema. Considerando la importancia de los meliponinos como polinizadores de plantas cultivadas y como productores de cera, miel y polen, los MDS también podrían usarse para predecir las áreas donde ciertas especies de meliponinos pueden ser usadas eficientemente en programas de polinización dirigida o en el establecimiento de meliponarios en varias regiones del país. Indudablemente, para llegar a esto todavía se necesita resolver la taxonomía de los meliponinos colombianos, coleccionar en otras regiones del país diferentes a el centro de los Andes y que los especímenes se depositen en instituciones donde estén física y virtualmente (bases de datos) disponibles al público. Esto último es importante porque permite la corrección de identificaciones o localidades y actualización constante de la información.

Agradecimientos

Paula Sepúlveda, Gina Frausin, Danny Vélez y dos evaluadores anónimos por los comentarios y sugerencias que ayu-

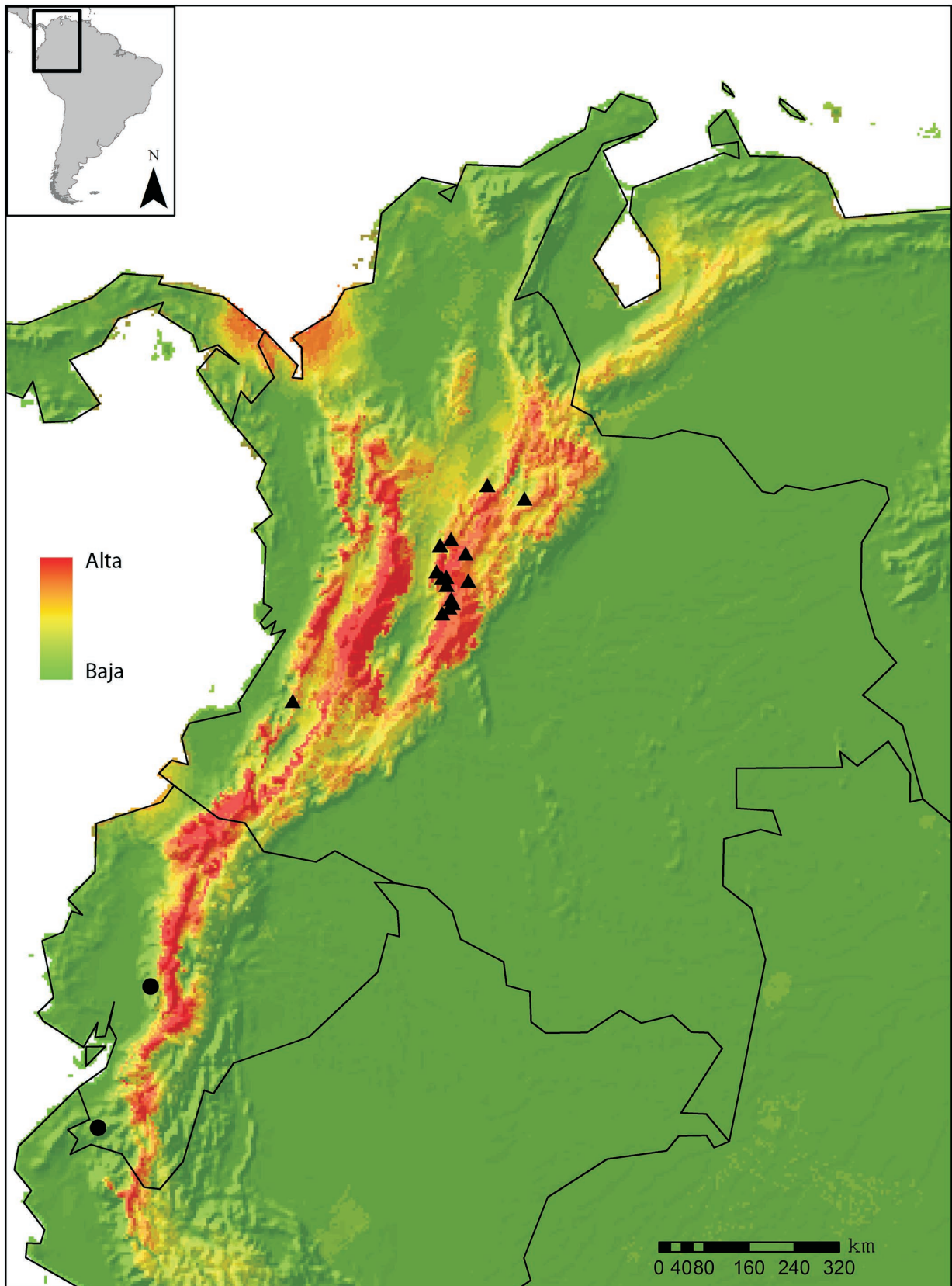


Figura. 4. Distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* en el noroccidente de Sur América obtenida a través de un modelo de distribución de especies. Las áreas rojas indican la mayor probabilidad de hábitat adecuado para *P. eutaeniata*. Los triángulos corresponden a las 15 localidades donde se ha colectado *P. eutaeniata* en Colombia; el triángulo más al sur corresponde a la localidad en el Cauca donde se encontraron los nidos. Los círculos representan las localidades de Balzapamba (norte) y Loja (sur) en Ecuador, lugares de colecta de cuatro obreras similares a *P. eutaeniata* examinadas por Camargo y Moure (1994); estas localidades no fueron incluidas en el modelo porque todavía se tiene duda sobre la identidad de estas abejas (ver discusión).

daron a mejorar el manuscrito; Jon Koch por la ayuda con el modelo de distribución de especies y Terry Griswold por permitir el acceso al equipo de fotografía. También agradecemos a la comunidad de la vereda El Rosal, especialmente a la familia Rengifo-Velasco y a la señora Luba Rengifo por la ayuda en la búsqueda de los nidos.

Literatura citada

- CAMARGO J. M. F.; MOURE J. S. 1994. Meliponini Neotropicales: Os gêneros *Paratrigona* Schwarz, 1938 e *Aparatrigona* Moure, 1951 (Hymenoptera: Apidae). Arquivos de Zoologia 32:33-109.
- CAMARGO J. M. F.; PEDRO, S. R. M. 2007. Meliponini. p. 272-578. En: Moure, JS; Urban, D; Melo, GAR (eds.). Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region. Curitiba (Paraná), Sociedade Brasileira de Entomologia. 1058 p.
- ESRI. 2006. ArcGIS 9.2. ESRI, Redlands, California.
- GONZALEZ V. H. 2007. Distribución geográfica de las abejas del fuego en Colombia (Hymenoptera, Apidae, Meliponini, *Oxytrigona*). Revista Colombiana de Entomología 33(2): 188-189.
- GONZALEZ V. H.; NATES-PARRA G. 1999. Sinopsis de *Parapartamona* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini), un género estrictamente andino. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 23 (Suplemento especial): 171-179.
- GONZALEZ V. H.; SEPÚLVEDA P. 2007. Una especie nueva de *Geotrigona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), con comentarios del género en Colombia. Acta Biológica Colombiana 12S: 107-112.
- GONZALEZ V. H.; VÉLEZ D. 2007. Una especie nueva de *Paratrigona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), con una sinopsis del género en Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 8(2): 9-13.
- GONZALEZ V. H.; ROUBIK D. W. 2008. Especies nuevas y filogenia de las abejas de fuego, *Oxytrigona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Acta Zoológica Mexicana 24(1): 43-71.
- HIJMANS R. J.; CAMERON S. E.; PARRA J. L.; JONES P. G.; JARVIS A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.
- MICHENER C. D. 2007. The Bees of the World. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 2nd Edition.
- NATES-PARRA G. 2006. Abejas Corbiculadas de Colombia: Hymenoptera: Apidae. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá D. C. 156 p.
- NATES-PARRA G.; GONZALEZ V. H.; OSPINA-TORRES R. 1999. Descripción de los machos y anotaciones sobre la biología de *Paratrigona anduzei* y *P. eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en Colombia. Caldasia 21(2): 174-183.
- PHILLIPS S. J.; ANDERSON R. P.; SCHAPIRE R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distribution. Ecological Modelling 190: 231-259.
- RASMUSSEN C.; CAMERON S. A. 2007. A molecular phylogeny of the Old World stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) and the non-monophyly of the large genus *Trigona*. Systematic Entomology 32: 26-39.
- RASMUSSEN C.; GONZALEZ V. H. 2009. Abejas sin aguijón del Cerro Escalera, San Martín, Perú (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Sistemas Agroecológicos y Modelos Biomatemáticos 2(2): 26-32.
- SCHWARZ H. F. 1948. Stingless bees (Meliponidae) of the western hemisphere. *Lestrimelitta* and the following subgenera of *Trigona*: *Trigona*, *Paratrigona*, *Schwarziana*, *Parapartamona*, *Cephalotrigona*, *Oxytrigona*, *Scaura*, and *Mourella*. Bulletin of the American Museum of Natural History 90: 1-546.
- SMITH-PARDO A.H. 2003. A preliminary account of the bees of Colombia (Hymenoptera: Apoidea): Present knowledge and future directions. Journal of the Kansas Entomological Society 76(2): 335-341.

Recibido: 30-mar-2010 • Aceptado: 30-oct-2010

Nota científica

Primeros registros de *Gomphomacromia fallax* (Odonata: Corduliidae) en Colombia

First records of *Gomphomacromia fallax* (Odonata, Corduliidae) from Colombia

CORNELIO A. BOTA-SIERRA¹, NATHALIE BAENA-BEJARANO² y CHRISTIAN BERMÚDEZ R.³

Resumen: Se registra por primera vez a *Gomphomacromia phallax* en Colombia extendiendo su rango más al norte de Suramérica. La especie se registra en regiones boscosas de los Andes colombianos entre 1.700 y 2.800 msnm.

Palabras clave: Odonatos simpátricos. Libélulas.

Abstract: *Gomphomacromia phallax* is recorded for the first time for Colombia, this record is a northern extension of its southamerican known distribution. The species is found in the forested areas of the Colombian Andes between 1.700 and 2.800 masl.

Key words: Sympatric Odonata. Dragonflies.

Introducción

La familia Corduliidae comprende 239 especies en 41 géneros a nivel mundial (Kalkman *et al.* 2008), en América se conocen 89 especies, de las cuales 38 se encuentran en la región Neotropical (Garrison *et al.* 2006). En Colombia sólo se ha registrado la especie *Neocordulia batesi* Selys, 1871 (May 1991).

Entre los Corduliidae neotropicales el género *Gomphomacromia* Brauer, 1864, presenta una distribución exclusivamente andina, desde el sur de Chile y Argentina hasta Ecuador (von Ellenrieder y Garrison 2005). Las características diagnósticas de este género son: numerosos denticulos en las aurículas de los machos, bordes postero-ventrales del terguito uno con proyecciones denticuladas (exceptuando a *Gomphomacromia fallax* McLachlan, 1881) y lámina vulvar en forma de aleta, dividida en dos formando lóbulos rectangulares o cilíndricos (von Ellenrieder y Garrison 2005). Actualmente, se reconocen cuatro especies para el género: *G. paradoxa* Brauer, 1864, *G. chilensis* Martin, 1921, *G. nodisticta* Ris, 1928 y *G. fallax* (von Ellenrieder y Garrison 2005).

Gomphomacromia fallax sólo se ha registrado en Ecuador, Perú y Bolivia, entre 250 y 1890 msnm. Esta especie se distingue por las siguientes características: forma del pene (Figs. 1A, 1B), borde postero-ventral del terguito S1 redondeado, hembras con un par de proyecciones triangulares en el borde latero-dorsal de la lámina vulvar, lóbulos paralelos y gonapófisis del S9 aplanadas (Fig. 1C) (von Ellenrieder y Garrison 2005). Se registra por primera vez el género *Gomphomacromia* y la especie *G. fallax* para Colombia.

Familia Corduliidae

Gomphomacromia fallax (McLachlan, 1881)

Material examinado: 1 H. COLOMBIA. Risaralda. Pereira. Ucumari 04°45'38,8"N 75°36'51,8"W. 1700 msnm. 12-

Sep-2007. Bota, C y Flórez, C. [CEUA Cod. 42410]. 1 H. COLOMBIA. Antioquia. Medellín. Corregimiento de San Antonio de Prado. Vereda Yarumalito. 06°13'34,22" N; 075°41'22" W, 2300 msnm. 04-Jul-2008. Bota, C.; Valencia, G. y Cardona-D, J. [CEUA Cod. 43888]. 1 M. COLOMBIA. Cauca. Caldono. Corregimiento Pioyá. Vereda El Carmen. 2°46'31.0"N 76°23'8.2"W, 2800 msnm. 06-ago-2008. Baena-Bejarano, N. [MUSENUV Cod. 22972]. 1 M. COLOMBIA. Antioquia. Medellín. Corregimiento de San Antonio de Prado. Vereda Yarumalito. 06°13'34,22" N; 075°41'22" W, 2300 msnm. 17-abr-2009. Bota, C. y Uribe, N. [CEUA Cod. 44260]

Comentarios. Se observó variación en la coloración de las alas, desde totalmente ahumadas en uno de los especímenes, hasta hialinas con una pequeña porción basal del ala marrón en otros ejemplares. Esto parece relacionarse con la madurez del ejemplar, pues el espécimen que presenta las alas ahumadas se recolectó muerto flotando sobre un charco en el bosque; en él puede observarse una masa amarillosa entre la lámina vulvar y los esternitos abdominales nueve y diez, lo que evidencia que ovipositó antes de morir, además sus alas se encuentran rasgadas en los bordes y les faltan pequeños pedazos, esto se debe al desgaste que sufren naturalmente a lo largo de su vida. En contraste, los especímenes recolectados vivos sólo presentaron una mancha marrón basal en sus alas, el resto de las alas eran hialinas, brillantes y sin rasguños (Fig. 1D), al igual que el exoesqueleto cuyo tegumento era brillante, lo que indica que eran adultos jóvenes.

Beckemeyer (2002) describe los siguientes comportamientos para la especie en el Perú: machos perchados cerca de los pequeños arroyos que se forman por el agua que escurre bajo los riscos cubiertos con musgos, mientras las hembras ovipositaban en los musgos de estos riscos. Aunque se hicieron nueve visitas a las localidades en las que se encontraron los individuos, entre septiembre del 2007 y abril

¹ Estudiante de Biología de la Universidad del Antioquia. Grupo de Entomología Universidad de Antioquia. A.A. 1226. corneliobota@gmail.com. Autor para correspondencia. ² Estudiante de Biología de la Universidad del Valle. Museo Entomológico de la Universidad del Valle. A.A. 25360, Cali. nthlbn@hotmail.com. ³ Biólogo. Museo Entomológico de la Universidad del Valle y Grupo de Investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. A.A. 25360, Cali. christianax@gmail.com

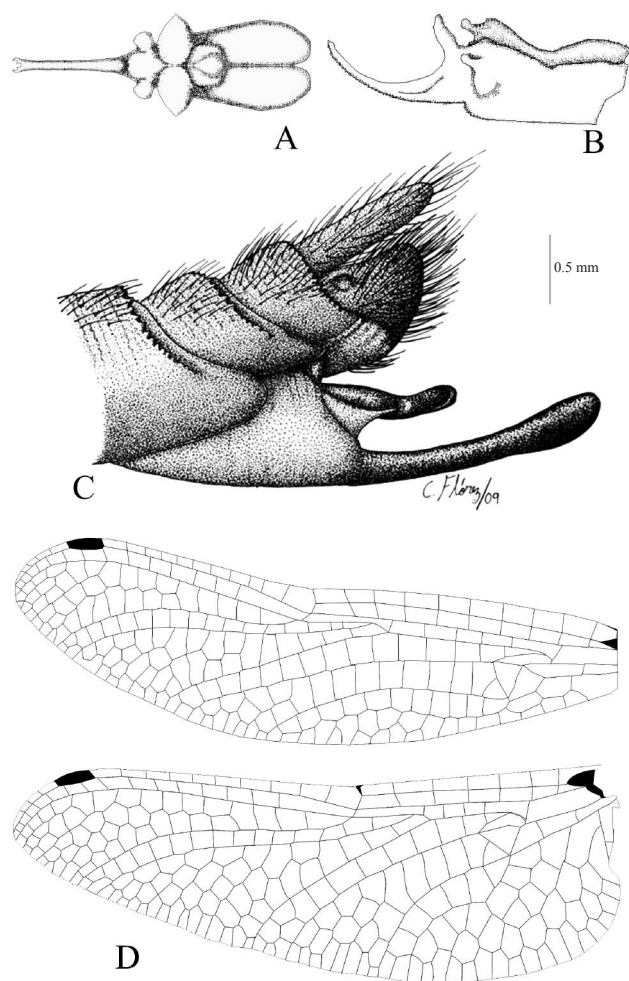


Figura 1. Detalles estructurales de *G. fallax*, Macho: segmento distal de los órganos genitales secundarios; **A.** Vista frontal, **B.** Vista lateral, **C.** Hembra: Vista lateral S8-S10, **D.** Ala anterior y posterior.

del 2009, se hicieron muy pocas observaciones de éstos y los comportamientos descritos por Beckemeyer no fueron registrados. Los especímenes fueron recolectados en el interior y borde de bosques ubicados desde los 1700 hasta los 2800 msnm, cerca a sistemas lóticos.

Adicionalmente, en Yarumalito se registraron en simpatria las especies *Sympetrum gilvum* Selys, 1884, *Cannaphila vibex* Hagen, 1861, *Rhionaeschna marchali* Rambur, 1842, *R. cornigera* Brauer, 1865, *Euthore fasciata* Hagen in Selys, 1853, *Cora lugubris* Navas, 1934, *Hetaerina* sp., *Argia* sp. y *Mesamphiagrion ovigerum* (Calvert, 1909); en la vereda El Carmen las especies *Euthore* sp. y *Argia* sp. y en Ucumari *Hetaerina aurora* Ris, 1918, *R. cornigera* y *Argia* sp.

Al observar los patrones de distribución de los géneros de Corduliidae neotropicales (von Ellenrieder y Garrison 2005)

se puede predecir la presencia de seis géneros en Colombia, cinco de ellos con distribución amazónica (*Aeschnosoma* Selys, 1870, *Lauromacromia* Geijskes, 1970, *Navicordulia* Machado y Costa, 1995, *Neocordulia* Selys, 1882 y *Paracordulia* Martin, 1907) y uno con distribución andina (*Gomphomacromia*). Sin embargo, debido al pobre muestreo de los odonatos en el país, sólo se han confirmado los géneros *Neocordulia* y *Gomphomacromia*, este último lo reportamos para los departamentos de Antioquia, Cauca y Risaralda, específicamente en la Cordillera Central y el Valle del Cauca, de donde se conoce una foto de un macho del género tomada en la Reserva Natural Cerro El Inglés, perteneciente al municipio del Cairo, ubicado sobre la Cordillera Occidental, aproximadamente a 2100 msnm (von Ellenrieder, com. pers.). Por lo tanto, es probable que la distribución del género se extienda a todo lo largo de las cordilleras Central y Occidental de los Andes Colombianos.

Agradecimientos

A la Dra. Natalia von Ellenrieder por ayudarnos con la taxonomía y por toda la información que amablemente nos brindó. A las comunidades de Granadillo, El Carmen y Yarumalito y a todos los que nos ayudaron con el trabajo en campo. A Camilo Flórez por la ilustración. A los evaluadores y a todos los que leyeron el manuscrito por sus enriquecedores comentarios.

Literatura Citada

- BECKEMEYER, R., 2002. Dragonflies in the land of the Incas. *Argia* 13(4): 9-11.
- GARRISON, R. W.; VON ELLENRIEDER, N.; LOUTON, J. A. 2006. Dragonfly genera of the New world: an illustrated and annotated key to the Anisoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 359 p.
- KALKMAN, N. J.; CLAUSNITZER, V.; DIJKSTRA, K.B.; ORR, A. G.; PAULSON, D. R.; VAN TOL, J. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater, *Hydrobiologia* 595: 351-363.
- MAY, M.L. 1991. A review of the genus *Neocordulia*, with a description of *Mesocordulia* subgen. nov. and of *Neocordulia griphus* spec. nov. from Central America, and a note on *Lauromacromia* (Odonata: Corduliidae). *Folia Entomológica Mexicana* 82: 17-67.
- VON ELLENRIEDER, N. 2000. Additions to the description of *Gomphomacromia nodistica* Ris, 1928 (Anisoptera: Corduliidae). *Bulletin of American Odonatology* 6(1): 7-11.
- VON ELLENRIEDER, N.; GARRISON, R.W. 2005. A synopsis of the South American genus *Gomphomacromia* (Odonata: Gomphomacromiinae). *International Journal of Odonatology* 8(1): 81-96.

Recibido: 14-sep-2009 • Aceptado: 20-mar-2010

Nota científica

Ampliación de la distribución de saltamontes romaleidos (Orthoptera) de la Colección del Museo Paraense Emílio Goeldi

Expansion of the distribution of romaleid grasshoppers (Orthoptera) of the Collection of the Paraense Emílio Goeldi Museum

CARLOS ELÍAS BRAGA¹ y ANA LÚCIA NUNES-GUTJAHR²

Resumen: La Colección de Invertebrados del Museo Paraense Emílio Goeldi (MPEG) es secular y contiene 494 ejemplares de saltamontes Romaleidae. En este trabajo se presentan 11 especies que constituyen nuevos registros para el Brasil, la Región Amazónica, los estados brasileiros de Acre, Mato Grosso, Pará y Tocantins.

Palabras clave: Romaleidae. Nuevos Registros. Región Amazónica. Acridoidea.

Abstract: The Invertebrate Collection of the Paraense Emílio Goeldi Museum (MPEG) is century-old and holds 494 specimens of Romaleidae grasshoppers. This work presents 11 species that constitute new records for Brazil, the Amazon Region and the Brazilian states of Acre, Mato Grosso, Pará and Tocantins.

Key Words: Romaleidae. New Records. Amazon Region. Acridoidea.

Introducción

La Colección de Invertebrados del Museo Paraense Emílio Goeldi (MPEG) fue creada hace más de 100 años por el científico Adolpho Ducke y actualmente cuenta con más de un millón y medio de especímenes, almacenados en medio seco y húmedo. El acervo entomológico de la colección cuenta con sub-colecciones correspondientes a diferentes órdenes de Insecta, entre los que se incluye la del orden Orthoptera.

La familia Romaleidae, considerada anteriormente como una subfamilia de Acrididae, fue definida por Amedegnato (1974) y actualmente consta de 64 géneros y 437 especies (Cigliano y Lange 1998). La mayoría de los saltamontes Romaleidae son neotropicales (Amedegnato y Poulain 1986) y se caracterizan por presentar una espina apical en la superficie externa de las tibiae posteriores (Amedegnato 1977); Los romaleidos cuentan con las especies de acridoideos de mayor tamaño y biomasa corporal conocidos en la naturaleza. Presentan tamaños, formas y colores variados, pudiendo ser alados, braquípteros o, en raras ocasiones, ápteros, con la cabeza que puede ser de tipo ortognata (hipognata) sin fastigio, ortognata con fastigio muy pequeño, u opistognata con fastigio bien desarrollado (Amedegnato 1977). En este trabajo se presentan nuevos registros de especies de Romaleidae para el Brasil, estados de Acre, Mato Grosso, Pará y Tocantins y para la Región Amazónica; los ejemplares están depositados en el acervo entomológico de la Colección de Invertebrados del Museo Paraense Emílio Goeldi.

Materiales y Métodos

Para este trabajo se examinaron los especímenes de Romaleidae pertenecientes al acervo de la Colección de Invertebrados del Museo Paraense Emílio Goeldi. Los especímenes fueron identificados y etiquetados para la construcción de la lista de

especies que presentan nuevos registros para el Brasil, para la Región Amazónica y para los estados del Acre, Mato Grosso, Pará y Tocantins. La confirmación de la distribución geográfica de las especies se realizó de acuerdo con los trabajos de Carbonell (2002, 2004, 2006), Descamps (1978, 1981, 1983a, 1983b) y Roberts y Carbonell (1992).

Resultados y Discusión

La Colección de Invertebrados del Museo Paraense Emílio Goeldi consta de 494 ejemplares de saltamontes de la familia Romaleidae pertenecientes a 29 especies. De ese total, 39 especímenes pertenecen a 11 especies que constituyen nuevos registros para el Brasil, la Región Amazónica y los estados de Acre, Mato Grosso, Pará y Tocantins. Estas especies están repartidas en dos subfamilias: Romaleinae y Bactrophorinae.

La especie *Phaeoparia tingomariae* Carbonell, 2002 constituye un nuevo registro para el Brasil (Estado del Acre) así como también *Ophthalmolampis placita* Descamps, 1977 (Estado del Pará). *Staleochlora viridicatalis* Roberts & Carbonell, 1992 es nuevo registro para la Región Amazónica y el Estado del Mato Grosso. El romaleido *Xyleus discoideus discoideus* (Serville, 1831) es registrado primer vez para la Región Amazónica y para los estados de Mato Grosso, Pará y Tocantins. Las especies *Agriacris plagiata* (Walker, 1870), *Coryacris* sp., *Maculiparia obtusa solimoensis* Carbonell, 2002, *Phaeoparia rondoni* Carbonell, 2002, *Prionacris cantans* Descamps, 1981, *Prorhachis granulosa* Scudder, 1874 y *Pseudonautia geniculata* (Stål, 1873) constituyen nuevos registros para el Estado del Pará.

Los resultados de este estudio indican que hubo un cambio en el patrón de distribución de las especies *S. viridicatalis* y *X. discoideus discoideus* debido a sus registros también, ahora, en la Región Amazónica, mientras que anteriormente eran consideradas limitadas al centro y sur del

¹ M. Sc., Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, 66077-830, Belém/Pará, Brasil; e-mail: bragaclias@yahoo.com.br Autor para correspondencia. ² Prof. Universidade do Estado do Pará, Departamento de Ciências Naturais, Belém, Brasil.

continente sudamericano (Roberts y Carbonell 1992; Carbonell 2004). Lo mismo es observado para las especies *P. geniculata*, *M. obtusa solimoensis*, *P. rondoni*, *P. granulosa* y *P. cantans* que, supuestamente, ocurrían apenas en el oeste de la Región Amazónica (Amazonía Occidental) (Descamps 1981, 1983b; Carbonell 2002, 2006) y a partir de este estudio se encuentran ampliamente distribuidas por toda la Amazonía, ahora, en el este de la Región (Amazonía Oriental).

El número de especies de Romaleidae considerados nuevos registros para el Brasil, Región Amazónica y para otros estados brasileiros podría ser ampliado si se implementan inventarios o estudios faunísticos que estén dirigidos específicamente al estudio de los saltamontes de la familia Romaleidae, así como también a las especies de otras familias de Acridoidea. Abajo se presenta la lista completa del material examinado, con los datos de las etiquetas de origen y la clasificación taxonómica de las especies estudiadas, incluyendo el sexo de los individuos y la distribución geográfica de las especies que figuran en este trabajo.

Familia: ROMALEIDAE

Subfamilia: BACTROPHORINAE

Tribu: OPHTHALMOLAMPINI

Género: *Ophthalmolampis* Saussure, 1859

Especie: *Ophthalmolampis placita* Descamps, 1977

Distribución geográfica conocida: (1) *Ophthalmolampis placita placita*: GUYANA FRANCESA; (2) *Ophthalmolampis placita albosignata*: GUYANA FRANCESA; (3) *Ophthalmolampis placita nigromaculata*: GUYANA FRANCESA. (Descamps 1978, 1983a, Carbonell 2006).

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Almeirim, Monte Dourado, Serra do Jari, 18.ii.2005, 1 ♀, 26.ii.2005, 1 ♂ (A. L. Nunes y equipo).

Género: *Pseudonautia* Descamps, 1978

Especie: *Pseudonautia geniculata* (Stål, 1873)

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Amazonas; PERU, Loreto, Madre de Dios. (Descamps 1978, 1983b, Carbonell 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Almeirim, Monte Dourado, Serra do Jari, 21.ii.2005, 1 ♂ (A. L. Nunes y equipo).

Subfamilia: ROMALEINAE

Tribu: PHAEOPARIINI

Género: *Maculiparia* Jago, 1980

Especie: *Maculiparia obtusa solimoensis* Carbonell, 2002

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Amazonas. (Carbonell 2002, 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Altamira, Castelo de Sonhos, Área 18, 10.xi.2005, 1 ♂ (A. L. Nunes), 1 ♀ (J. Dias), 12.xi.2005, 1 ♀ (A. L. Nunes), 3 ♂ (D. S. Souza), 1 ♀ (J. Dias), 15.xi.2005, 1 ♂ (A. L. Nunes), 17.xi.2005, 1 ♀, 2 ♂ (A. L. Nunes), 3 ♂ (J. Dias), Área 28, 16.xi.2005, 1 ♂ (A. L. Nunes), Novo Progresso, Área 2 Fazenda, 20.xi.2005, 1 ♂ 1 ♀ (A. L. Nunes).

Género: *Phaeoparia* Stål, 1873

Especie: *Phaeoparia rondoni* Carbonell, 2002

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Rondônia, Amazonas. (Carbonell 2002, 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Almeirim, Monte Dourado, Área 75, 19.ii.2005, 1 ♀, Área 86, 24.ii.2005, 1 ♂ (A. L. Nu-

nes & C. E. Braga), 18-19.iv.2005, 1 ♂, Quaruba, 02.iv.2005, 1 ♀.

Especie: *Phaeoparia tingomariae* Carbonell, 2002

Distribución geográfica conocida: PERU, Huánuco, Tingo Maria. (Carbonell 2002, 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Acre, Rio Branco, 25.x a 08.xi.1991, 1 ♀ (F. Ramos; A. Henriques; I.S. Gorayeb; N. Bittencourt).

Tribu: PROCOLPINI

Género: *Prorhachis* Scudder, 1874

Especie: *Prorhachis granulosa* Scudder, 1874

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Amazonas; PERU. (Carbonell 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Belém, 20.iv.1999, 1 ♀ (Glauber J.A. Silva), Limoeiro do Ajuru, 17.xii.1978, 1 ♀ (H. Estevam).

Tribu: ROMALEINI

Género: *Agriacris* Walker, 1870

Especie: *Agriacris plagiata* (Walker, 1870)

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Roraima, Monte Roraima; COLOMBIA, Cundinamarca, Santander, Boyacá, Meta; GUYANA (Ampliamente distribuido); VENEZUELA, Bolívar. (Roberts y Carbonell 1992, Carbonell 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Almeirim, Monte Dourado, Serra do Jari, área 95, 23.ii.2005, 2 ♂, área 127, 24.ii.2005, 1 ♂, (A. L. Nunes y equipo), 03 - 04.v.2005, 1 ♀.

Género: *Coryacris* Rehn, 1909

Especie: *Coryacris* sp.

Distribución geográfica conocida: (1) *Coryacris angustipennis* (Bruner, 1900): ARGENTINA, Santa Fe, Misiones, Formosa, Chaco, Corrientes, Tucumán; PARAGUAY, Villa Hayes; (2) *Coryacris diversipes* Rehn 1909: BRASIL, Mato Grosso do Sul; BOLIVIA Tarija, Chuquisaca. (Carbonell 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Tucuruí, Ilha Tocantins, Rio Tocantins, 11.vii.1984, 1 ♂ (B. Mascarenhas).

Género: *Prionacris* Stål, 1878

Especie: *Prionacris cantans* Descamps, 1981

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Amazonas, Manaus, Reserva Biológica Cuieiras. (Descamps 1981, Carbonell 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Pará, Senador José Porfirio, 27.ii a 01.iii.2001, 1 ♀.

Género: *Staleochlora* Roberts & Carbonell, 1992

Especie: *Staleochlora viridicata orientalis* Roberts & Carbonell, 1992

Distribución geográfica conocida: BRASIL, Rio Grande do Sul; URUGUAY (Ampliamente distribuido). (Roberts y Carbonell 1992, Carbonell 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Mato Grosso, Base física IBDF, Rodovia Transpantaneira, 24.ii.1985, 1 ♂ (Márcio Zanuto).

Género: *Xyleus* Gistel, 1848

Especie: *Xyleus discoideus discoideus* (Serville, 1831)

Distribución geográfica conocida: ARGENTINA, Provincias de Buenos Aires (extremo Norte), Chaco (Este), Co-

rrientes, Entre Ríos, Formosa (Este) y Misiones; BOLIVIA (Sudeste); BRASIL, Bahia (Sur), Goiás, Región Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro), Región Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina); PARAGUAY (Este); URUGUAY (Ampliamente distribuido). (Carbonell 2004, 2006)

Nuevo Registro: BRASIL, Mato Grosso, Alto Rio Xingu, viii.1963, 2 ♀ (P. Leonardo & R. Arlé), Barra dos Bugres, 27.i.1986, 1 ♂ (Márcio Zanuto), Pará, Santo Antônio do Tauá, Vila dos Remédios, 21.iv.2003, 1 ♀ (C. E. Braga), Tocantins, Itaguatins, 05.iv.1988, 1 ♀ (B. Mascarenhas).

Este trabajo contribuye a la ampliación de la distribución geográfica de las especies de Romaleidae, lo que demuestra la importancia de llevar a cabo estudios sobre la biogeografía, taxonomía y sistemática de las especies de estos saltamontes. Para eso, es indispensable la inversión de nuevos profesionales especializados en el estudio de Orthoptera en el Brasil, debido principalmente, al limitado número de especialistas dedicados a este grupo de insectos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la doctora María Celeste Franceschini por la revisión de la lengua española.

Literatura citada

- AMEDEGNATO, C. 1974. Les Genres D'Acridiens Néotropicaux, leur Classification par Familles, Sous-familles et Tribus. *Acrida* 3: 193-203.
- AMEDEGNATO, C. 1977. Etude des Acridoidea Centre et Sud Americains (Catantopinae, Sensu Lato) Anatomie des Genitalia, Classification, Repartition, Phylogenie. 1977. Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie, Paris, France. 385 p.
- AMEDEGNATO, C.; POULAIN, S. 1986. Diagnoses et Signalisations de Romaleidae Arboricoles Amazoniens (Orthoptera Acridoidea). *Annales de la Societe Entomologique de France* (N.S.) 22(4): 423-455.
- CARBONELL, C.S. 2002. The Grasshopper Tribe Phaeopariini (Acridoidea: Romaleidae). Orthopterists Society, Philadelphia, United States of America. 148p.
- CARBONELL, C.S. 2004. The genus *Xykeus* Gistel, 1848 (Acridoidea, Romaleidae, Romaleinae). *Journal of Orthoptera Research* 13(1): 63-133.
- CARBONELL, C.S. 2006. Checklist Of The Neotropical Acridomorph Species. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 93 p. unpublished.
- CIGLIANO M.M.; C.E. LANGE. 1998. Orthoptera. 67-83 p. En: Morrone J.J. y S. Coscarón (eds). Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. La Plata, Argentina: Ediciones Sur. 599p.
- DESCAMPS, M. 1978. Étude des Ecosystemes Guyanais III – Acridomorpha Dendrophiles (Orthoptera Caelifera). *Annales de la Societe Entomologique de France* (N.S.) 14(3): 301-349.
- DESCAMPS, M. 1981. La Faune Dendrophile Néotropicale VI. Diagnoses Génériques et Spécifiques D'Acridoidea de la Région de Manaus (Orthoptera). *Annales de la Societe Entomologique de France* (N.S.) 17(3): 311-330.
- DESCAMPS, M. 1983a. La Faune Dendrophile Neotropicale. VIII. Seconde Revue des Ophthalmolampini, le Groupe des Nautiae (Orthoptera, Romaleidae). *Annales de la Societe Entomologique de France* 19(2): 127-153.
- DESCAMPS, M. 1983b. La Faune Dendrophile Néotropicale IX. Second Reuve des Ophthalmolampini le Groupe Ophthalmolampae (Orthoptera, Romaleidae). *Annales de la Societe Entomologique de France* (N.S.) 19(4): 367-404.
- ROBERTS, H.R.; CARBONELL, C.S. 1992. Revision of the Genera *Agriacris* Walker 1870 and *Staleochlora* nov. (Orthoptera, Romaleidae). *Journal of Orthoptera Research* 1: 75-106.

Recibido: 19-sep-2009 • Aceptado: 2-abr-2010

Nota científica

Primer registro de *Enochrus (Lumetus) hamiltoni* para Cuba (Coleoptera: Hydrophilidae) con datos sobre su hábitat

First record of *Enochrus (Lumetus) hamiltoni* from Cuba (Coleoptera: Hydrophilidae) with notes on its habitat

ALBERT DELER-HERNÁNDEZ¹ y JUAN A. DELGADO²

Resumen: Se registra por primera vez *Enochrus (Lumetus) hamiltoni* (Coleoptera, Hydrophilidae) para la isla de Cuba. Este coleóptero acuático ha sido recolectado en dos localidades costeras del sudeste de la isla en dos sistemas de lagunas temporales de aguas claras, no eutrofizadas, con fondo lodoso y expuestas permanentemente al sol. Algunos ejemplares se colectaron asociados a vegetación, tanto sumergida como emergente de los márgenes de estas lagunas.

Palabras clave: Coleópteros acuáticos. Hidrofilidos. Antillas Mayores.

Abstract: *Enochrus (Lumetus) hamiltoni* (Coleoptera, Hydrophilidae) is recorded for the first time from the island of Cuba. This aquatic beetle has been collected in two coastal localities from the southeast of the island in two brackish systems of temporal ponds, non eutrophic, with muddy bottoms and permanent exposure to the sun. Some specimens were collected associated with the vegetation, both emergent and submergent, at the margins of these ponds.

Key word: Aquatic beetles. Hydrophilids. Greater Antilles.

Introducción

El género *Enochrus* Thomson, 1859 es un taxón de distribución mundial y uno de los que cuenta con mayor número de especies dentro de la familia Hydrophilidae. Las más de 215 especies descritas, organizadas dentro de seis subgéneros (Hansen 1999; Short y Hebauer 2006), poseen un aspecto externo muy similar y habitan gran cantidad de ambientes acuáticos. Recientemente este género ha sido estudiado en el marco geográfico de las Indias Occidentales por Short (2004), quién citó en esta área nueve especies pertenecientes a los subgéneros: *Methydus* Rey, 1885 (siete especies) y *Lumetus* Zaitzev, 1908 (dos especies). Los datos faunísticos con los que contamos sobre este género en Cuba son francamente escasos, situación que se agrava cuando nos referimos a la biología, ciclos de vida y ambientes en los que habitan estas especies. Este último comentario puede extenderse perfectamente al conjunto de la fauna de Hydrophilidae en la región Caribeña. Short (2004) indica la presencia en Cuba de seis especies de *Enochrus*, todas ellas incluidas en el subgénero *Methydus*, para las que apunta los escasos datos biológicos con los que se cuenta en la actualidad. En el presente trabajo añadimos una nueva especie al listado de especies cubanas, *Enochrus (Lumetus) hamiltoni* (Horn, 1890), la primera perteneciente a este subgénero, también aportamos datos novedosos acerca del hábitat en donde ha sido recolectada.

Material y Métodos

Los ejemplares de *E. hamiltoni* se capturaron usando una red entomológica de 30 cm de lado y 40 cm de fondo, con un tamaño de poro de malla de 0.5 mm. Todo el material recolectado se conservó en alcohol al 75%. Para la identificación de los adultos se emplearon las claves de Gundersen

(1977, 1978), Testa y Lago (1994) y Short (2004). Todos los ejemplares están depositados en la Colección Zoológica del Departamento de Zoología (BSC-E) del Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO).

Material examinado: *Enochrus hamiltoni*. 1 ejemplar. CUBA. Las Tunas. Sabalo. 20°45'N, 77°17'W. 06-ago-2005. Megna, Y. S. leg. [BSC-E], 3 ejemplares. CUBA. Santiago de Cuba. Refugio de Fauna "Humedal San Miguel de Parada". 20°01'N, 75°52'W. 29-may-2009. Deler-Hernández, A. [BSC-E]; 6 ejemplares. Idénticos datos que en el caso anterior, 17-jul-2009, Deler-Hernández, A. [BSC-E].

Discusión

Dentro del género *Enochrus* las especies del subgénero *Lumetus* presentes en las Indias Occidentales se pueden identificar fácilmente por presentar el quinto ventrito abdominal (Fig. 1A) carente de emarginación o escotadura distal (Gundersen 1978; Short 2004). Evidentemente, *E. hamiltoni* presenta este rasgo y se diferencia de otras especies caribeñas por su gran talla (5.3-6.3 mm) y por la presencia de una cresta mesoventral con forma triangular amplia (Fig. 1B). La distribución previa conocida de *E. hamiltoni*: islas Bahamas, Puerto Rico, islas Caimán y costas de Estados Unidos llevó a Short (2004) a suponer la presencia de esta especie en las Antillas Mayores. Nuestra cita confirma esta sospecha y ayuda a dibujar una distribución bastante amplia para esta especie en el ámbito biogeográfico de las Indias Occidentales. *Enochrus hamiltoni* se ha considerado tanto un complejo de especies muy próximas (Hilsenhoff 1995) o como una sola especie polimórfica de coloración extremadamente variable (Gundersen 1977, 1978). Según esta última opinión, la especie aparece al menos bajo tres formas de color: forma típica (de color par-

¹ Lic. Albert Deler-Hernández. Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad. Enramadas 601 esq. Barnada. Santiago de Cuba, 90100, Cuba. albert@bioeco.ciges.inf.cu ² Ph. D. Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología. Universidad de Murcia, 30100, Murcia, España. jdelgado@um.es. Autor para correspondencia.

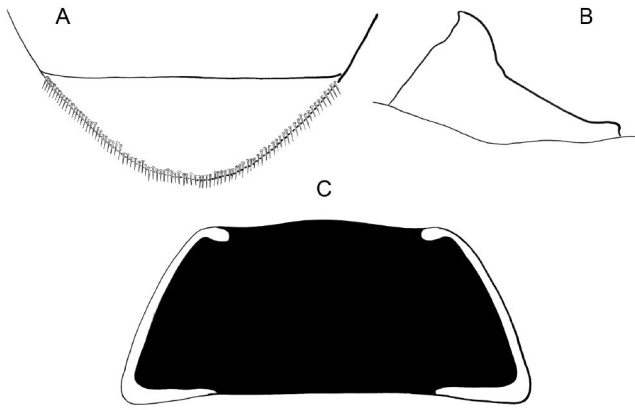


Figura 1. *Enochrus hamiltoni*. A. Quinto ventrito abdominal, vista ventral, B. Cresta mesoventral, vista lateral, C. Pronoto, vista dorsal.

do claro y con el disco del pronoto oscuro), forma clara (de color pardo claro uniforme) y forma oscura (con ejemplares casi totalmente negros). La forma oscura se distribuye por las costas este y oeste de los Estados Unidos y a ésta pertenecen los ejemplares cubanos, caracterizados, además, por poseer los márgenes laterales y los ángulos posteriores del pronoto amarillentos (Fig. 1C).

Las especies del género *Enochrus* presentan una clara tendencia por los ambientes lénticos en muchas partes del mundo, siendo frecuentes en remansos de arroyos y en charcas. Por lo que respecta a *E. hamiltoni*, Short (2004) se limita a indicar que habita en aguas estancadas. En Cuba esta especie se recolectó en dos sistemas de lagunas temporales cercanos a la costa. Ambos sistemas presentaban fondos lodosos y aguas claras no eutrofizadas y expuestas permanentemente al sol. La temperatura del agua, tomada en dos de los muestreos realizados en el Humedal San Miguel de Parada, fue de 30° y 36° C. Estas temperaturas, relativamente elevadas, se explican por la exposición del sistema, muy cercano a la orilla del mar y sin vegetación arbórea desarrollada que le dé sombra. Dicha circunstancia determina que las lagunas puedan desecarse completamente en ciertas épocas del año, quedando reducidas a un lecho reseco. El sistema lagunar de la localidad de Las Tunas está compuesto por cuerpos de agua de escasa entidad, que se desecan con mayor rapidez y frecuencia. Su presencia en este tipo de cuerpos estacionales implica una indudable capacidad de dispersión de *E. hamiltoni* y una amplia valencia ecológica. Aunque la salinidad del agua no fue

medida, las aguas de ambos sistemas son salobres, variando la salinidad de forma estacional en función de los aportes marinos y pluviales. En el humedal San Miguel de Parada, algunos ejemplares de *E. hamiltoni* se colectaron asociados tanto a vegetación sumergida como emergente compuesta por *Sesuvium portulacastrum* L. y *Rhizophora mangle* L. Junto con esta especie se capturaron otras de coleópteros acuáticos como: *Ochthebius (Ochthebius) attritus* LeConte, 1878, *Enochrus (Methydrus) pygmaeus* (Fabricius, 1792), *Paracymus lodingi* (Fall, 1910) y *Berosus exiguus* (Say, 1825). Durante los muestreos no fueron localizadas pupas o larvas de *E. hamiltoni*, aunque no se descarta su localización en futuras prospecciones.

Agradecimientos

Damos las gracias a Yoandri S. Megna (Universidad de Oriente), a Franklyn Cala-Riquelme (BIOECO), al Laboratorio de Zoología de la Universidad de Oriente y a las autoridades del Refugio de Fauna “Humedal San Miguel de Parada” por su ayuda durante la realización de este trabajo.

Literatura citada

- GUNDERSEN, R. 1977. New Species and Taxonomic Changes in the genus *Enochrus* (Coleoptera: Hydrophilidae). *The Coleopterists Bulletin* 31: 251-272.
- GUNDERSEN, R. 1978. Nearctic *Enochrus*: Biology, keys, descriptions and distribution (Coleoptera: Hydrophilidae). *St. Cloud State University, Minnesota*. 55 p.
- HANSEN, M. 1999. *Hydrophiloidea* (s. str.) (Coleoptera). *World Catalogue of Insects* 2. Apollo Books. Stenstrup. 416 pp.
- HILSENHOFF, W.L. 1995. *Aquatic Hydrophilidae and Hydraenidae of Wisconsin (Coleoptera)*. II: Distribution, habitat, life cycle, and identification of species of Hydrobiini and Hydrophilini (Hydrophilidae: Hydrophilinae). *Great Lakes Entomologist* 28: 97-126.
- SHORT, A. E. Z. 2004. Review of the *Enochrus* Thomson of the West Indies (Coleoptera: Hydrophilidae). *Koleopterologische Rundschau* 74: 351-361.
- SHORT, A. E. Z.; HEBAUER, F. 2006. World catalogue of Hydrophiloidea - additions and corrections, 1 (1999-2005) (Coleoptera). *Koleopterologische Rundschau* 76: 315-359.
- TESTA, S.; LAGO, P. K. 1994. The aquatic Hydrophilidae (Coleoptera) of Mississippi. *Mississippi Agricultural and Forestry Experimental Station Technical Bulletin* 193: 1-71.

Recibido: 9-mar-2010 • Aceptado: 26-jun-2010

Nota científica

Angelabella tecomae (Lepidoptera: Gracillariidae): an exotic hostplant in northern Chile and first record from Peru

Angelabella tecomae (Lepidoptera: Gracillariidae):
una planta hospedera exótica en el norte de Chile y primer registro para Perú

HÉCTOR A. VARGAS¹

Abstract: *Tecoma stans* (Bignoniaceae), an exotic ornamental tree, is mentioned for the first time as a host for larvae of *Angelabella tecomae* (Lepidoptera: Gracillariidae) in northern Chile. The presence of *A. tecomae* is reported for the first time from the coastal desert of southern Peru.

Key words: Bignoniaceae. Leaf-miner. Oecophyllembiinae. *Tecoma*.

Resumen: *Tecoma stans* (Bignoniaceae), un árbol ornamental exótico, es mencionado por la primera vez como hospedero de larvas de *Angelabella tecomae* (Lepidoptera: Gracillariidae) en el norte de Chile. La presencia de *A. tecomae* es indicada por la primera vez para el desierto costero del sur del Perú.

Palabras clave: Bignoniaceae. Minador foliar. Oecophyllembiinae. *Tecoma*.

Introduction

The Gracillariidae is the largest family of plant-mining Lepidoptera with more than 1800 described species (De Prins and De Prins 2005), and it is the only family of Lepidoptera with sap-feeding larvae (Davis 1987). Most species are leaf miners, but some are miners in fruits, shoots or bark (Davis and Robinson 1998). Post-embryonic morphogenesis of gracillariid moths is characterized by a striking hypermetamorphosis (Kumata 1978; Wagner *et al.* 2000). The larvae have at least two distinct forms and habits (Kumata 1978; Davis 1987).

Angelabella tecomae Vargas & Parra, 2005 (Lepidoptera: Gracillariidae, Oecophyllembiinae) was described from northern Chile, where the native shrub “chuve”, *Tecoma fulva fulva* (Cav.) D. Don (Bignoniaceae), was its only known natural hostplant until now (Vargas and Parra 2005). *Tecoma fulva fulva* is also distributed along the southern desert of Peru (Wood 2008). However, *A. tecomae* was not reported from this area until now. In this paper the presence of *A. tecomae* is reported for the first time from Peru, and a new hostplant is mentioned for *A. tecomae* in northern Chile.

Results

In May 2008 several lepidopteran mines were found in leaflets of the exotic tree *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (Bignoniaceae) in Arica City, northern Chile. *T. stans* is native to South America and its southern natural distribution extends to northern Argentina (Wood 2008). However, this species is more widely distributed because it is highly valued as an ornamental tree. Thus, in some cities of northern Chile *T. stans* is an introduced and cultivated tree. Some mined leaflets of *T. stans* were collected and carried to the laboratory where larvae of Gracillariidae were detected. Leaflets with spinning larvae or with pupae were placed in glass vials in order to

obtain adults. In addition, in March 2009, gracillariid moths reared from larvae on *T. fulva* leaflets were sent to me by Mr. Josimar Luque from Tacna Department, southern Peru, approximately 50 km north of Azapa valley. Voucher specimens were deposited in the Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, Santiago, Chile (MNNC) and in the Colección Entomológica de la Universidad de Tarapacá, Arica, Chile (IDEA).

Material examined. PERU, Tacna (5 males, 4 females): Tacna, Perú/ Marzo-2009/ Y. Luque coll./ ex-larva en *Tecoma fulva* (IDEA). CHILE, Arica (8 males, 1 female): Parque Centenario/ Arica-Chile/ Mayo-2008/ H.A. Vargas coll./ ex-larva en *Tecoma stans* (L.) (IDEA); 2 males, 2 females with same data (MNNC).

Angelabella tecomae Vargas & Parra, 2005

Adults obtained from both samples were identified as *A. tecomae*, based on the morphology of the male and female genitalia (Vargas & Parra 2005) which were mounted on slides in Canada balsam. Thus, Tacna is the first recorded locality for *A. tecomae* in Peru, and *T. stans* is a new and exotic hostplant record for *A. tecomae*.

Remarks. Based on available data, the geographic distribution of *A. tecomae* is restricted to the Arica Province, in the coastal desert of northern Chile, and Tacna Department, southern Peru. However, its real geographic distribution probably includes additional localities of the southern coastal desert of Peru, thus fitting the distribution of its natural hostplant. Wood (2008) mentioned that another five subspecies of *T. fulva* are distributed between central Peru and northern Argentina. Collections along the distribution area of any subspecies of *T. fulva* would be useful in order to determine the effective geographical distribution of *A. tecomae*.

¹ Dr. Sc. Departamento de Recursos Ambientales, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá, Casilla 6-D, Arica, Chile. havargas@uta.cl

The biology of *A. tecomae* is poorly known. As in *T. fulva*, the complete development of the immature stages of *A. tecomae* is carried out in only one leaflet of *T. stans*. Upon eclosion, the first instar larva (sap-feeding) introduces itself immediately into the epidermis, its feeding activity resulting in a serpentine mine. Subsequently, the larva does not feed in the epidermis, but in inner tissues of the leaflet, its activity resulting in a blotch mine. The spinning larva (last-instar larva) only spins to prepare the mine for pupation. In order to allow adult emergence, the pupa breaks the apex of the pupal chamber using the serrated margins of the anterior process of its head.

Among the 24 species included by Kumata (1998) in the subfamily Oecophyllembiinae 20 have hostplant records published: 15 are restricted to one hostplant; three have more than one hostplant, but are restricted to one plant genus; and two have more than one hostplant in more than one plant genus, but are restricted to one plant family. Thus, apparently the species of the subfamily Oecophyllembiinae have narrow host preferences. With the new host record here indicated, only two hostplants are now known for *A. tecomae* larvae, both in the genus *Tecoma* Juss., fitting the narrow host range mentioned by Kumata (1998) for Oecophyllembiinae. Additionally, both host species are Neotropical (Wood 2008). Another introduced ornamental species of *Tecoma* in northern Chile is *T. capensis* (Thunberg) Lindley, which geographical origin is in southern Africa. Exhaustive searches of mines of *A. tecomae* on *T. capensis* in the Azapa valley yield no positive results, suggesting that *T. capensis* is not a hostplant for this leaf miner.

Acknowledgements

To Yosimar Luque, undergraduate student at Universidad de Tarapacá, Arica, Chile, for kindly sending me specimens of *A. tecomae* from Tacna; and Bernard Landry, Muséum

d'histoire naturelle, Genève, Switzerland, for kindly checking the English version. This study was supported by project DIEXA-UTA 9710-08.

Cited literature

- DAVIS, D. R. 1987. Gracillariidae, p 372-374. In: F.W. Stehr (ed.), Immature Insects, vol. 1. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- DAVIS, D.R.; ROBINSON, G.S. 1998. The Tineoidea and Gracillarioidea. In N. P. Kristensen, (ed.), Handbook of Zoology, Lepidoptera, Moths and Butterflies, Vol. 1: Evolution, Systematics, and Biogeography, pp. 91-117. Walter de Gruyter, Berlin & New York.
- DE PRINS, W.; DE PRINS, J. 2005. Gracillariidae (Lepidoptera). In: B. Landry (ed.), World Catalogue of Insects, vol. 6, Apollo Books. Stenstrup, 502 pp.
- KUMATA, T. 1978. A new stem-miner of alder in Japan, with a review of the larval transformation in the Gracillariidae (Lepidoptera). Insecta Matsumurana new series 13: 1-27.
- KUMATA, T. 1998. Japanese species of the subfamily Oecophyllembiinae Réal et Balachowsky (Lepidoptera: Gracillariidae), with description of a new genus and eight new species. Insecta Matsumurana new series 544: 77-131.
- VARGAS, H.A.; PARRA, L.E. 2005. Un nuevo género y una nueva especie de Oecophyllembiinae (Lepidoptera: Gracillariidae) de Chile. Neotropical Entomology 34: 227-233.
- WAGNER, D.L.; LOOSE, J.L.; FITZGERALD, T.D.; DE BENE-DICTIS, J.A.; DAVIS, D.R. 2000. A hidden past: the hypermetamorphic development of *Marmara arbutiella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Annals of the Entomological Society of America 93: 59-64.
- WOOD, J.R.I. 2008. A revision of *Tecoma* Juss. (Bignoniaceae) in Bolivia. Botanical Journal of the Linnean Society 156: 143-172.

Recibido: 9-sep-09 • Aceptado: 12-may-10

Laboratory rearing technique and biology of *Mycotretus apicalis* (Coleoptera: Erotylidae) on dried *Pleurotus sajor-caju* mushrooms

Técnica de cría y biología de *Mycotretus apicalis* (Coleoptera: Erotylidae) en el hongo *Pleurotus sajor-caju* seco

GRAZIELLE F. MOREIRA¹, CAMILA C. MOREIRA², VANESSA ANDALÓ², ALCIDES MOINO JUNIOR², MARCELA M. CARDOSO-FREIRE² and EUSTÁQUIO SOUZA DIAS²

Abstract: *Mycotretus apicalis* is an erotyloid beetle that is commonly found in cultivations *Pleurotus sajor-caju* in Minas Gerais, Brazil and could potentially be a pest. The life cycle is studied for the first time by laboratory rearing using dried *P. sajor-caju* mushrooms as both a feeding resource and an oviposition substrate. *M. apicalis* species has a generation time of about three weeks, with the egg-adult period was about 22 days, four larval instars, and the average longevity for adults of 89.7 ± 32.89 days. These results suggest that the *M. apicalis* has a potentially high rate of population increase, indicating its great potential to be a pest insect.

Key words: Life cycle. Mushroom pests. Edible mushrooms. Life table. Pleasing fungus beetles.

Resumen: *Mycotretus apicalis* es un erotilido comúnmente encontrado en cultivos de *Pleurotus sajor-caju*, al sur del Estado de Minas Gerais, Brasil, y podría ser una plaga. El ciclo de vida es estudiado por primera vez, teniendo como recurso alimenticio y sustrato de oviposición al hongo *P. sajor-caju* seco. *M. apicalis* tiene un tiempo promedio de una generación de tres semanas y el periodo huevo-adulto fue, aproximadamente, 22 días, con cuatro instares larvales y la longevidad promedio del adulto de $89,7 \pm 32,89$ días. Esos resultados demuestran que la especie *M. apicalis* posee alta tasa de aumento poblacional, indicando gran potencial como insecto plaga.

Palabras clave: Ciclo de vida. Plagas de hongos. Tabla de vida. Hongos comestibles. Erotílicos.

Introduction

The family Erotylidae, with about 3,200 reported species, comprises exclusively mycetophagus insects that feed mainly on the fruiting bodies of basidiomycetes (Węgrzynowicz 2002). According to Skelley (1988), a wide variety of basidiomycete fungi serve as a host to the family; however, each species seems to be specific to a particular group of fungi. Some species have been reported to cause economic losses in commercial edible mushroom cultivation, since the larvae and adults consume the fruiting body (Valencia and Lopes 2005; Gaitán-Hernandez *et al.* 2006; Sato 2003).

The genus *Pleurotus* is one of the most edible mushroom cultivated in Brazil due to low cost, easy availability of substrates for its cultivation and high biological efficiency, adapting well to the condition of tropical climate (Azevedo *et al.* 2009; Souza Dias *et al.* 2003). Sciarid fly and coleopteran species are the major pests in *Pleurotus* cultivation.

Mycotretus apicalis Lacordaire, 1842 has been found to cause injuries and economic losses in commercial cultivations of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer in southern Minas Gerais, Brazil (Moreira *et al.* 2009). Thus, data on the rearing and life cycle of this species may contribute significantly to the implementation of an effective program to control this pest insect. Moreover, the life cycle of *M. apicalis* is unknown so the results can contribute in further studies like systematic and ecology of erotylids.

Materials and Methods

The experiments were carried out under controlled temperature ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), humidity (70%) and photoperiod (14 h) con-

ditions at the Laboratory of Insect Pathology, Department of Entomology, Federal University of Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brazil.

Rearing technique: Specimens of erotyloid beetles were collected from the cultivation area of *P. sajor-caju* at the Laboratory of Edible Mushrooms, Department of Biology, Federal University of Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brazil and some individuals were sent to the Museum of Zoology, Universidade de São Paulo (MZUSP), São Paulo, SP, Brazil for species identification. These specimens were incorporated into the entomological collection of this museum an identified as belonging to the species *M. apicalis*.

Thirty adults of *M. apicalis* were collected in the same cultivation area of *P. sajor-caju* and kept in a beaker (500 mL) closed with a filter paper disk, which contained pieces of fresh mushrooms and two filter paper disks at the bottom of the vial. After 48 h, the adults were removed with a glass tube, and the presence of eggs and larvae were observed.

All of the rearing were done in polystyrene Petri dishes (15 cm diameter) with holes at the top that were covered with moistened hydrophilic cotton pieces, and two filter paper disks, that were moistened with 3 mL of distilled water, to maintain humidity. About 4 g of dried basidiocarps of *P. sajor-caju* were used as a feeding substrate, as suggested by Sato *et al.* (1999). First instar larvae hatched were transferred to the dishes using a brush. The maintenance of the reared population was done every 48 h, with cleaning and provision new food. After their feeding, the larvae, and afterwards the pupae, were transferred to dishes containing only 2 mL of distilled water. Once emerged, adults were transferred to dishes containing dried mushrooms. Dishes that had eggs in

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Department of Entomology; P.O. Box 3037, Zip Code 37200-000, Lavras - MG - Brasil. grablogia@yahoo.com.br Corresponding author, ² Universidade Federal de Lavras (UFLA), Department of Biology; P.O. Box 3037, Zip Code 37200-000, Lavras - MG - Brasil.

the gills of the mushrooms were kept for up to four days in a B.O.D chamber (T: $25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH: 70% and 14L10D), then the larvae hatched were transferred to Petri dishes repeating the rearing process.

Biology of *Mycotretus apicalis* on mushrooms: Adults of *M. apicalis* reared by the Insect Pathology Laboratory / UFLA, were placed in a beaker (500 mL) containing filter paper at the bottom and fresh *P. sajor-caju* mushrooms. After twelve hours, the adults were removed with a glass tube. We noticed that there were eggs in the gills of the fresh mushrooms. The eggs were incubated for 24 h, and then the first instar larvae were transferred to ELISA[®] plates with 24 cavities (1.5 x 1.5 cm), using 12 cavities per plate, with one larvae per cavity. Each cavity contained two filter paper disks that were moistened with 50 μl of distilled water with pieces of dried mushrooms at the bottom, giving a total of 108 replicates. The assessment was done every 12 h until the larvae reached the fourth instar. The presence of exuvia, which was removed using a brush at each molt, was the criterion used to determine the instar change.

Upon reaching the fourth instar, each larva was transferred to 5-cm-diameter Petri dishes. The dishes had holes in their lids, which were covered with moistened cotton. Two filter-paper disks at the bottom, moistened with 200 μl of distilled water, also contained pieces of dried mushrooms. After pupation, they were transferred - as described above - to Petri dishes that had only two filter paper disks moistened with 150 μl of distilled water.

About seven days after the emergence of adults (as the species lacks dimorphism), they were marked and randomly separated into pairs so that the mating behavior could be observed. Copulating couples were then set aside in 5 cm-diameter Petri dishes with pieces of dried mushrooms, as described previously. The presence or absence of eggs was observed after 24 h. The adults on whose dish we found eggs were confirmed to be a couple. We obtained a total of 19 couples. The number of eggs laid by the female was observed daily. The adults were sexed by dissection after their death, and their longevity was then evaluated.

The life table of fertility was drawn using the obtained data, as suggested by Silveira Neto *et al.* (1976), where: x = the midpoint of age range; l_x = the age specific survival rate during stage x ; and m_x = the age specific fertility rate, that is, the number of offspring produced per female at age x that originates females. The parameters of population growth, R_0 (net reproductive rate), T (mean generation time), r_m (intrinsic rate of increase) and λ (finite rate of increase), were calculated according to Maia *et al.* (2000).

Results and Discussion

Rearing technique: The methodology for the rearing of *M. apicalis* has proved effective for the maintenance of the insect in the laboratory. The use of dried mushrooms as a feeding substrate enabled the rearing of these insects. Larger intervals are possible when performing maintenance of a reared population, since dried mushrooms are not perishable and do not deteriorate quickly like fresh mushrooms. According to Cline and Leschen (2005), mushrooms of the genus *Pleurotus* are one of the few edible mushrooms that can be dried and rewetted without the loss of flavor and constitution. Moreover, *P. sajor-caju* mushrooms, when dried, can be stored for long

periods in the refrigerator, which allows a constant supply of food for the reared population, regardless of the availability of fresh mushrooms.

These insects consumed large amounts of dried mushrooms during the larval stage. We also observed that at the end of the fourth instar, after the larvae had ceased their feeding, they gathered at the edges of the dishes. This behavior is commonly found in some members of the family Erotylidae, as cited by Robertson *et al.* (2004).

Despite consuming mushrooms in smaller quantities, adults use their lamellae for oviposition. According to Węgrzynowicz (2002), erotylid couples copulate near or on the fruiting body. The females prefer to deposit their eggs in dried mushrooms with intact gills, and this pattern is obtained when using mushrooms harvested before the beginning of the senescence process (margin of pileus plane). Sato *et al.* (1999) observed a similar behavior in the female of *Dacne picta* Crotch, 1873 (Erotylidae). According to these authors, females of *D. picta* can distinguish the quality of mushrooms, so they oviposit on the freshest mushrooms, which are more favorable for the development of their offspring.

Biology of *Mycotretus apicalis*: Egg laying of *M. apicalis* was not continuous; oviposition activity alternated with intervals when no oviposition occurs. The highest average of eggs per female (129) was observed in the first week of oviposition, and the average decreased with age (Fig. 1). The average of eggs per female was 522. *M. apicalis* has four larval instars. According to Skelley and McHugh (2002), Erotylidae larvae that feed on mushrooms that quickly start the senescence process exhibit rapid development. In our study, the initial stages of development were fairly rapid, occurring at 13.0 ± 3.33 , 17.29 ± 7.08 , 21.33 ± 6.98 h for the first, second and third instars, respectively. The fourth larval stage was the longest (12.99 ± 1.63 days) and the one that consumed the greatest amount of dried mushrooms. The duration of the pupal period was, on average, 6.46 ± 0.74 days (Table 1). Thus, complete development from egg to adult was about 22 days. The highest mortality rate, 27.03% was observed in the first larval instar (Table 1). We may infer that the feeding activity was among the possible causes of death. As noted by Sato *et al.* (1999), the use of dried mushrooms as a feeding substrate, because of its texture, can harm the feeding process of first instar larvae.

The longevity of adults was, on average, 89.7 ± 32.89 days. In 82% of the studied couples, the males showed greater longevity (102.95 ± 26.68) than the females (76.47 ± 33.8). As indicated by Townsend *et al.* (2006), the process

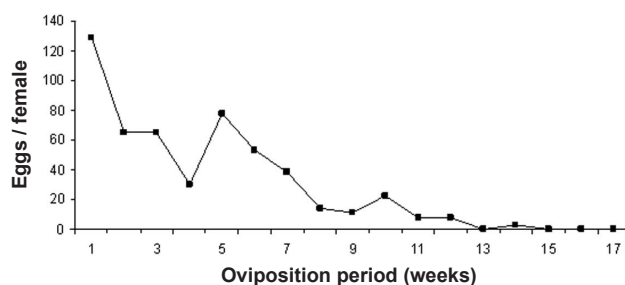


Figure 1. Average number of eggs per female during the oviposition period (weeks) for *Mycotretus apicalis*.

Table 1. Duration of the stages of development (mean $\pm$ SE), survival (%) and mortality (%) of *Mycotretus apicalis* on dried *Pleurotus sajor-caju* mushrooms (T: $25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH: $70 \pm 10\%$, LD: 14:10).

Instar	n	Period (h)	Survival (%)	Mortality (%)
I	108	$13.0 \pm 3,33$	72.97	27.03
II	102	$17.29 \pm 7,08$	94.44	5.56
III	99	$21.33 \pm 6,98$	97	3.0
Instar	n	Period (days)	Survival (%)	Mortality (%)
IV	77	12.99 ± 1.63	79.79	20.21
Pupa	68	6.46 ± 0.74	88.6	11.4
Adult	38	89.7 ± 32.89	—	—

of reproduction may have a high energy cost. Thus, one of the possible causes of lower longevity in the female is the high energy consumption involved in their oviposition process.

The biological parameters determined in this study indicate that the population of *M. apicalis* may increase 230.78 times (R_0) in each generation, and the mean generation time (T) is about three weeks. The population had a weekly increase of 46% [finite rate of increase (λ) = 5.46], and the intrinsic rate of increase (r_m) was 1.69.

The highest rate of population increase, which corresponds to the meeting point of the age-specific fertility rate (m_x) and age-specific survival rate (l_x), occurred in the first week (Fig. 2).

According to Price (1997), the intrinsic rate of increase (r_m) can be used to compare growth rates among different species or growth rates of the same species under different conditions. Therefore, this datum will be of great importance, as it facilitates the selection of natural enemies to control this pest in Integrated Pest Management (IPM) programs.

It is important to note that these parameters of population growth were obtained under optimum conditions of humidity, temperature and the amount of resources for the development of the insect (similar to mushrooms house conditions). According to Odum (1988), under natural conditions, interactions within the population, as well as external environmental resistance, slow the growth rate, interfering with the determination of the form of population growth.

The results of this study show that *M. apicalis* has potential for a high rate of population growth, indicating its great potential as an insect pest of edible mushrooms. These data can be used to implement programs of integrated pest man-

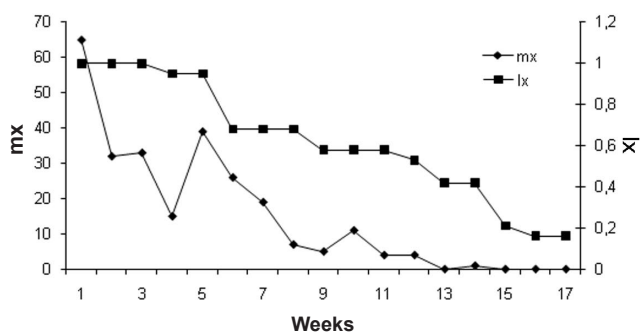
agement and to contribute in further studies like systematic and ecology of erotyids.

Acknowledgments

The authors would like to thank to “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq) for granting a scholarship to the first author, the “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais” (FAPEMIG) for their financial support and Sandro Carmelino for his help in the abstract translation.

Cited literature

- AZEVEDO, R. S.; ÁVILA, C. L. S.; SOUZA DIAS, E.; BERTECHINI, A. G.; SCHWAN, R. F. 2009. Utilização do composto exaurido de *Pleurotus sajor-caju* em rações de frangos de corte e seus efeitos no desempenho dessas aves. *Acta Scientiarum* 31(2): 139-144.
- CLINE, A. R.; LESCHEN, R. A. B. 2005. Coleoptera associated with the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* Fries, in North America. *Southeastern Naturalist* 4 (3): 409-420.
- GAITÁN-HERNÁNDEZ, R.; SALMONES, D.; MERLO, R. P.; MATA, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas – Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México. 56 p.
- MAIA, H. N. A.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93(2): 511-518.
- MOREIRA, G. F.; MOREIRA, C. C.; ANDALÓ, V.; MOINO JUNIOR, A.; MARTOS, E. T.; SOUZA DIAS, E.; LOPES, P. L. 2009. Occurrence and characterization of injuries caused by *Mycotretus apicalis* Lacordaire, 1842 (Coleoptera: Erotylidae) on cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 26 (3): 573-575.
- ODUM, E. P. 1988. *Ecologia*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 434 p.
- PRICE, P. W. 1997. *Insect ecology*. 3rd ed. J. Wiley, New York. 874 p.
- ROBERTSON, J. A.; MCHUGH, J. P.; WHITING, M. F. 2004. A molecular phylogenetic analysis of the pleasing fungus beetles (Coleoptera: Erotylidae): evolution of colours patterns, gregariousness and mycophagy. *Systematic Entomology* 29 (2): 173-187.
- SATO, T. 2003. Effects of photoperiod and temperature on development and larval diapause of *Dacne picta* (Coleoptera: Erotylidae). *Applied Entomology and Zoology* 38 (1): 117-126.
- SATO, T.; SHINKAJI, N.; AMANO, H. 1999. Selective oviposition by adult females and larval growth of *Dacne picta* Crotch (Coleoptera: Erotylidae) on different growing stages of the shiitake

**Figure 2.** Midpoint of age range (m_x) and age-specific survival rate (l_x) of *Mycotretus apicalis*.

- mushroom, *Lentinula edodes*. Applied Entomology and Zoology 34 (1): 1-7.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. D. 1976. Manual de ecologia dos insetos. Ceres, São Paulo. 419 p.
- SKELLEY, P. E. 1988. Pleasing fungus beetles (Coleoptera: Erotylidae). Florida Department of Agriculture & Consumer Services, Division of Plant Industry, Entomology Circular 313. 2 p.
- SKELLEY, P. E.; MCHUGH, J. V. 2002. Erotylidae Leach 1815, p. 348-353. In: Arnett Jr., R. H.; Thomas, M. C.; Skelley, P. E. & J. H. Frank, eds. American Beetles 2. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press, Boca Raton, Florida. 861 p.
- SOUZA DIAS, E.; KOSHIKUMO, E. M. S.; SCHWAN, R. F.; SILVA, R. 2003. Cultivo do cogumelo *Pleurotus sajor-caju* em diferentes resíduos agrícolas. Ciência e Agrotecnologia 27(6): 1363-1369.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. 2006. Fundamentos em ecologia. 2nd ed. Artmed, Porto Alegre. 592 p.
- VALENCIA, N. R.; LÓPEZ, C. J. 2005. Cultivo de hongos comestíveis del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. FNC-Cenicafé, Colômbia. 56 p.
- WĘGRZYNOWICZ, P. 2002. Morphology, phylogeny and classification of the family Erotylidae based on adult characters (Coleoptera: Cucujoidea). Genus 13 (4): 435-504.

Recibido: 11-feb-2010 • Aceptado: 16-nov-2010

Fe de erratas número 36 (1)

<https://doi.org/10.25100/socolen.v36i2.9175>

En el trabajo “Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)” deben hacerse dos correcciones: 1. El título mayor del tercer autor es M. Sc., no Ms. Sc., 2. La referencia 17 debe llevar el siguiente orden de autores ROCHA, L. C. D.; CARVALHO, G. A., no ROCHA, L. C. D.; GERALDO, A. C.

En el trabajo “Altitud y tablas de vida de poblaciones de *Culex quinquefasciatus* (Diptera Cucilidae)” debe corregirse el nombre de la familia, es Culicidae.

Índice del volumen 36

- A. benarrochi*, 68,70,71,72
A. bregat ovae, 87
A. evansae, 68,70,71,72
A. oswaldoi, 60,68,70,71,72
A. pseudopunctipennis, 60
A. punctimacula, 60
A. rangeli, 60,68,70,71,72
Abadia, Juan Carlos, 127
Abot, Alfredo Raul, 52
Abrillantador óptico, 25
Acariformes, 5
Ácaro de dos manchas, 5
Acero P. Víctor, 254
Acicalamiento de abejas, 232
Acronyctinae, 39
Acropyga, 117
Acutandra degeeri, 135,138,152
Acutandra punctatissima, 135,138,147,152
Acutandra ubitiara, 135,138,147,148,152,153
Acutandra, 135
Aedes aegypti, 242
Aedes albopictus, 65
Aeolothrips mexicanus, 50
Aeolothrips, 50
Agroecosistema, 116
Agroforestería, 106
Agrotis ipsilon, 38,39,40,41,42,44
Agrypninae, 315
Aguacate, 47,48,49,50
Aguirre, Luis Alberto, 5
Aguirre-Tapiero, Ma. Pilar, 315
Ail, Carlos Enrique, 5
Aleyrodidae, 190
Alstroemeria, 39,41,45
Alysiinae, 304
Amarillo, Ángela, 292, 269
Amaryllidaceae, 39
American cockroach, 249
Anagasta kuehniella, 10,11,12,13,14
Análisis de Conglomerados, 96
Análisis de Correspondencia Canónica, 96
Anastrepha obliqua, 31,33,34,37
Anastrepha serpentina, 32,34
Ancistricheles, 86
Ancistrocheles bregatovae, 87
Andaló, Vanessa, 342
Andes, 127
Andrade Carvalho, Geraldo, 10,195,202
Anemone japonica, 39,41
Angelabella tecomae, 340
Angulo O., Andrés, 38
Anona muricata, 32, 117
Anona squamosa, 32
Anopheles albimanus, 54,55,56,58,59,60
Anopheles darlingi, 54,55,56,58,59,60
Anopheles nuneztovari, 54,55,56,58,59,60,68,71,73
Anopheles, 260
Anthemis, 179
Anticarsia gemmatilis, 28
Antirrhinum majus, 39,41
Anurididae, 100
Apiaceae, 39,41
Apidae, 232, 325
Apterygothrips, 49, 50
Araneda D., Ximena, 232
Araneidae, 172,173
Araújo, Daniele Inocência, 52
Archillea, 179
Arcos P., Osvaldo, 300
Arctiidae, 292
Arecaceae, 176
Armbrecht, Inge, 106,116
Arthurs, Steven P., 181
Aster sp., 39,41
Asteraceae, 39,41, 179
Astigmata, 90
Astilbe sp., 39,41
Atlántico, 242
Attalea butyracea, 176,177
Aurantothrips, 49
Baculovirus, 25
Baena-Bejarano, Nathalie 233
Barbosa De Souza, Marcos, 82
Barraza M., Jeison, 285
Barreto, Mauricio, 264
Barreto, Pablo, 264
Barros, Reginaldo, 16
Bartonella bacilliformes, 76
Bavaresco, Alvimar, 20
Bello G., Felio, 254
Bellotti, Anthony, 207
Bermúdez C., Sergio, 86
Bermúdez R., Christian, 127,233
Bernal M., Manuel, 232
Biodiversidad, 127
Bioensayos en malaria, 54
Biological control, 249
Bioplaguicida, 25
Birandra antioquiensis, 153
Birandra punctata, 137,149,150
Birandra silvaini, 149,150,151,153
Blattaria, 116,117,120,
Blattella germanica, 249
Bocconia frutescens, 45
Boliani, Aparecida C., 223
Bolzoni Zago, Hugo, 16
Bonagota salubricola, 17
Bosque Tropical Seco, 285
Bosque, 127
Bota-Sierra, Cornelio 233
Botto, Eduardo, 190
Bottom-up, 269
Botton, Marcos, 20
Brachymyrmex heeri, 116,118,119,122,124
Brachystomellidae, 100
Braconidae, 304
Braga, Carlos Elias, 335
Braga Maia, Jader, 202
Bravothrips sp., 50
Brazilian ground pearl (BGP), 20

- Brochero, Helena, 54
 Brogdon, William, 54
Brugmansia, 171
Brunfelsia, 171
 Bueno-Marí, Rubén, 235
Bupleurum sp., 39,41
 Burbano, María Elena, 264
C. consueta, 41
C. incommoda, 41
C. macellaria, 89
C. megacephala, 86,87,88,89
Calendula arvensis, 179
 Calliphoridae, 86,87,88,89
 Cambero C., Octavio J., 47
 Cambios altitudinales, 292
Campanula sp., 39,41
 Campanulaceae, 39,41
 Canal, Nelson A., 31
Canthon mutabilis, 87, 88
 Cantú S., Mario, 47
Capsicum sp., 117
 Cárdenas, Rocío, 54
 Cardona-Duque, Juliana, 135
 Cardoso-Freire, Marcela M., 342
Carica papaya, 32
 Carrasquilla, María Cristina, 242
 Carvajal C., Carlos, 47
 Caryophyllaceae, 39,41
 Castañeda, Adriana, 254
 Castaño-Meneses, Gabriela, 90,96
 Cauca, 106
 Cazorla, Dalmiro, 76
 Cepeda, Juliana, 172
 Cerambycidae, 135,136,137,154
Ceratitis capitata, 213
 Cerna, Ernesto, 5
 Chacón, Patricia, 127,158
 Chamela, 96
 Chaparro, Martha, 25
 Chaverra-Rodríguez, Duverney, 176
Chavesia caldasie, 116
Chirothrips sp., 50
 Chisa rizófaga, 207
Chrysanthemum sp., 39,41
 Chrysomelidae, 229
Chrysomya rufifacies, 86, 87
 Cienfuegos, Astrid V., 68,260
 Cigarrita verde, 52,53
 Cítricos, 217
Citrus limon, 32
Citrus paradisi, 34
 Cleroidea, 135
Cochliomyia macellaria, 86, 87, 88
 Coleoptera, 116,117,119,120,121,135, 315, 338, 342
 Collembola, 90,96,97,98,99,100,101,102,103
Commelina erecta, 229
 Comportamiento de nidificación, 325
 Compositae, 179
 Conn, Jan E., 68
 Control vectorial, 54
Copitarsia decolora, 38,39,40,41,43,44,45
Copitarsia sulfurea, 41
Corcyra cephalonica, 18
 Corduliidae, 333
 Corella-López, Enrique, 235
 Correa, Margarita M., 68,260
 Corredor ripario, 127
 Corredor, Germán, 158
 Cotes P., Alba Marina, 25
 Cotton insect pest, 16
 Cryptostigmata, 90
 Cuba, 338
Cucullia calendulae, 179
 Cuculliinae, 39
Culex quinquefasciatus, 62
 Culicidae, 62,68, 235
 Cutz-P., Leopoldo Q., 90
Cyphomandra, 171
 Da Silva, César José, 52
Dahlia sp., 39,41
 Dalva, Maria Almeida, 213
Datura, 171
 De Azevedo Pereira, Alexandre Igor, 16
 De Carvalho, Raimundo Wilson, 82
 De las Salas-Alí, Jorge, 242
 De Luna Batista, Jacinto, 213
 De Oliveira, Robério, 213
 De Olivera, Harley Nonato, 52
 Defagó, María Teresa, 229
 De la Rosa, Francisco, 181
 Deler-Hernández, Albert, 338
 Delgado, Juan A., 338
 Deloya, Cuauhtémoc, 285
Delphinium sp., 39,41
 Dengue, 242
 Depredadores, 47
 Dermaptera, 116,117,120,121
 Dermestes, 87,88,89
 Diana Catalina, Fernández, 325
 Dicyrtomidae, 99,101
 Diptera, 31, 62,68,73,76, 86, 87, 88, 223, 235, 264
Dirofilaria immitis, 62
 Distribución potencial, 325
 Diversidad, 90
 Dix, Oscar, 303
 Dolichoderinae, 117,118,120,124
Dolichoderus thoracicus, 107
 Dos Santos, Pedro C., 223
Drimys granadensis, 172,173,174
Drosophila melanogaster, 106, 107
E. firmatoi, 83
E. tupyambai, 83
Earias insulana, 179
 Ecitoninae, 117,119,121,122,124
 Ecosistemas acuáticos, 300
Ectatomma ruidum, 107, 113,128
 Ectatomminae, 107, 117,119,120,121,124
 Egg parasitoid, 16
 Elateridae, 315
Empoasca kraemeri, 52,53
Empoasca, 52,53
Enochrus (Lumetus) hamiltoni, 338
 Entomobryidae, 96,98-103
 Entomología forense, 86
 Entomopathogenic nematodes, 249
 Erotylidae, 342

- Eryngium* sp., 39,41
 Erythraeidae, 87
Erythrina edulis, 117
Erythrothrips, 50
 Escarabajo longicornio, 135
 Escarabajos coprófagos, 285
 Escovar C., Jesús, 62
 España, 235
 Espinel C., Carlos, 25
 Esterasas, 5
Eucalyptus cloeziana, 2,3
Eucalyptus, 1, 277
Eurhizococcus brasiliensis, 20,22,23
Eurygerris fuscineris, 300
Evandromyia tupynambai, 82, 83
Exapillata firmatoi, 82
Exophthalmothrips, 49
 Exotic hostplant, 340
 Expectativas de vida, 62
 Extracción de ADN, 260
 Fadini, Marcos A.M., 1
 Fase floral, 172
 Feeding behavior, 179
 Fenoglio, María Silvina, 229
 Fitófagos, 47
 Flebotominos, 76
 Floriculture, 38
 Fluctuación poblacional, 52
 Fonseca-González, Idalyd, 54
 Forero, Dimitri, 176
 Formicidae, 106,107,116,120
 Formicinae, 117-120,124
Frankliniella brunnea, 50
Frankliniella curticornis, 50
Frankliniella difficilis, 50
Frankliniella fortissima, 50
Frankliniella invasor, 50
Frankliniella minor, 50
Frankliniella williamsi, 50
Franklinothrips lineatus, 47,49,50
Franklinothrips linneatus, 50
Franklinothrips orizabensis, 47,49,50
Franklinothrips tenuicornis, 50
Franklinothrips vespiformis, 50
Franklinothrips, 50
 Fruiting bodies, 179
 Gadanha Jr., Casimiro D., 217
 Gaigl, Andreas, 207
 Gallego Roperio, María Cristina, 116
 García G., Carolina, 62
 García M., Oswaldo, 47
 García-G., Arturo, 90
Gastrothrips acuticornis, 50
 Gelechiidae, 181
 Generalist, 269
 Gentianaceae, 39,41
 Geometridae, 2,4
Gerbera sp., 39,41
 German cockroach, 249
 Gerridae, 300
 Giraldo S., Carlos Eduardo, 165,169
Gnamptogenys bisulca, 129-132
 Goenaga, Sergio 242
 Gomes de Oliveira, Hamilton, 1
 Gómez, Giovan F., 68
 Gómez, Wilber, 54
 Gómez-Anaya, José Antonio, 96
Gomphomacromia fallax, 333
 Gonzáles, Luisa F., 31
 González Z. Juliana, 254
 Gracillariidae, 340
 Grasslands, 277
 Growth regulators, 195
 Guanábana, 117
 Guevara, Luis, 5
 Gusano cogollero del tabaco, 16
 Gutiérrez, Lina A., 68,260
 Guzmán De Tomé Marta E., 315
Gypsophila sp, 39,41
H. semidiaphana, 89
 Halictidae, 319
Halmathrips, 49
 Hass, 47
Helianthus annuus, 39,41
Heliconius charithonia, 158-162
Helicoverpa armigera, 179
Helicoverpa zea, 28, 179
Heliothis virescens, 16,17,18
Heliothrips, 50
Hemilucilia semidiaphana, 87,88
 Hemiptera, 20,22,23,116,117,119,120, 176,177,178
 Herbivore fitness, 1
 Herrera, Janine, 106
Hesperandra, 135
 Heterocera, 292
Heteroderes, 315
Heteroponera microps, 127,129,130,131,133
Heteroponera monticola, 129
 Heteroptera, 176,178, 300
Heterothrips, 49
 Hexapoda, 96
 Hominchan, Apinya, 149
Hoplandrothrips jennei, 50
 Hormiga cachona, 107
 Hostplant, 340
 Hotaka, Dararat, 149
 Hydrophilidae, 338
 Hymenoptera, 10,16,17,18, 86, 88, 89,106,116,117,120, 304, 325
 Hypogastruridae, 98-103
Hypoconera sp., 127,129-132
 Identificación molecular, 68
 Identificación morfológica, 68
 Imidacloprid, 20
 Induction of defense, 1
Inga sp., 117
 Insecticide selectivity, 10
 Interacciones ecológicas, 116
 Isotomidae, 96,98-103
 Ithomiinae, 165,167,169,171
Jaltomata, 171
 Jaramillo, Luz M., 260
 Jaramillo O., Nicolás, 176
Jatropha curcas, 52,53
 Jiménez-Peydró, Ricardo, 235
 Johansen N., Roberto 47

- Karnyothrips* sp., 50
 Kroschel, Jürgen, 181
L. andina, 76
L. antioquiensis, 76
L. aulari, 76
L. cajamarcensis, 76
L. colombiana, 76
L. deorsa, 76
L. disjuncta, 76
L. evansi, 76, 77
L. falcaorum, 76
L. longipalpis, 77
L. maranonensis, 76
L. moralesi, 76
L. nevesi, 76
L. nuneztovari, 76
L. ovallesi, 76, 77
L. serrana, 77
L. verrucarum, 76, 77
L. youngi, 77
 Laboratory rearing, 342
 Lacey, Lawrence A., 181
 Landeros, Jerónimo, 5
 Lara, Katherine, 172
Lasioglossum, 319
Leishmania braziliensis, 82, 84
Leishmania, 76
 Leishmaniasis, 82, 84
Lema (Neolema) quadrivittata, 229
 Lepidoptera, 38,41,160,163,165,167,179,292,340
Leptogenys ca. ritae, 129
Leptothrips mcconnelli, 50
Leptothrips, 50
Leptus, 87,88
Lestrimelitta, 319
 Life cycle, 169
Limonium sp., 39,41
Linepithema humile, 20
Linepithema neotropicum, 106,110,113,116,117,118,120, 121,122,124
 Linyphiidae, 172,173
Liothrips, 49, 50
Lisianthus sp., 39,41
 Loeck, Alci, 277
 Lonchaeidae, 223
 Londoño B., Yesica, 62
 Lopes de Oliveira, Rodrigo, 202
 López, Silvia N., 190
 Lozano-Zambrano, Fabio H., 127
Lucilia sericata, 254
Lutzomyia evansi, 76,77,78,79
Lutzomyia longipalpis, 82, 83
Lutzomyia, 82, 264
Lymantria dispar, 27
 Lymantriidae, 27
M. lysimnia, 166
M. prieskaensis, 20
M. schreiber, 83
M. trimeni, 20
M. vredendalensis, 20
Macrocheles muscadomesticae, 87
Macrocheles, 86
 Maestre-Serrano, Ronald, 242
 Maketon, Monchan 149
 Makiyama, Leticia, 202
 Malaquias, José Bruno, 213
 Manejo integrado, 31
Mangifera indica, 32, 117
 Mango, 31,117
Manihot sp., 117
Manilkara zapota, 34
 Mansilla V., Karina, 232
 Margarodidae, 20,22,23
 Mariposa cebrá, 158
 Marquinez, Xavier, 172
 Martínez H., Neis, 285
 Mcallister, Janet, 54
Mechanitis menapis menapis, 169
Mechanitis polymnia, 165,167
 Median Lethal Concentration, 213
Megalographa biloba, 38,39,42,44,
Megalothorax minimus, 101, 103
 Meliponini, 319, 325
 Melo M., Elsa Liliana, 207
 Melocotón, 223
 Melolonthidae, 207
 Mendonça, Jr. Milton de S., 277
 Mera Velasco, Yamid Arley, 116
 Mesostigmata, 232
 México, 96
Microcephalothrips, 49
Micropigomyia schreiberi, 82,83
Migonemyia migonei, 82, 83
 Millán J., Carolina, 158
 Minador de hojas, 229
Misumena, 172,173,174,175
 Moino Junior, Alcides, 342
 Molina-Rugama, Adrián José, 1
 Moncada A., Ligia, 62
 Monitoreo, 31
 Montes F., Jenilee, 285
 Montes, Sônia Maria N. M., 223
 Moreira, Camila C., 342
 Moreira, Grazielle F., 342
 Morfología, 76
 Mortalidad, 62
 Mosca blanca, 190
 Moscas de las Frutas, 31
 Mosquitos, 68
 Moutinho, Flávo Fernando B., 82
Mum cremon, 39,41
 Muñoz, Anderson, 292
Musa paradisiaca, 117
 Muscidae, 86
 Museo Paraense Emílio Goeldi, 335
 Mushrooms, 342
 Mycoinsecticides, 213
Mycotretus apicalis, 342
 Myrmicinae, 117,118,119,121,122,124
 Neanuridae, 100
Necrobia rufipes, 86
 Neelidae, 99,100,101,103
 Nematodos entomopatógenos, 207
Neohydatothrips burungae, 50
Neohydatothrips gracilipes, 50
Neohydatothrips mirandai, 50

- Neohydatothrips signifer*, 50
Neohydatothrips, 49, 50
 Neonicotinoids, 20,195
 Neuroptera, 116,117,120,121
Nicandra, 171
 Noctuidae, 16,17,28,38,40,41,44,179
 Noctuidae, 39
 Nunes-Gutjahr, Ana Lúcia, 335
 Nymphalidae, 158,169
Nyssomyia intermedia, 82, 83
Nyssomyia, 77
Nyssorhynchus, 68,69,70,71,73
 Ocampo, Clara, 54
 Ochoa, Yisa, 5
Ochroma sp., 117
 Odonata, 333
 Odontellidae, 99,101,102
Odontomachus erythrocephalus, 127,130,132
Oenocarpus bataua, 176,177
 Olinto, Lasmar, 195
 Olivares, Tania S., 38
 Oliveira, Cléver, 1
Ormenis, 179
 Ortega O., Carlos Alberto, 207
Orthezia sp., 117-121
 Orthoptera, 116,117,120,335
 Oviedo, Milagros, 76
Oxydia vesulia, 18
P. aenescens, 127, 130
P. fisheri, 83
P. rubra, 158-163
 Pachar, José V., 86
Pachycondyla becculata, 127,129,131
Pachycondyla constricta, 128
Pachycondyla impressa, 129
 Padilla-Gil, Dora N., 300
 Palacios-Vargas, José G., 90,96
 Pallini, Angelo, 1
 Palomilla de la Papa, 181
 Pampa, 277
Parandra colombica, 141,144,153
Parandra glabra, 137,139,140,141,153
Parandra humboldti, 139,147,153
Parandra polita, 146,147,153
Parandra scaritoides, 145,146,153
Parandra ubirajarai, 135,138,152
Parandra villei, 144,153
 Parandrinae, 135-138,148,152,154
 Parasitoids, 10
Paratrechina steinheili, 110,114
Paratrígona eutaeniata, 325
 Paronellidae, 99,100,102
Passiflora adenopoda, 158,159
Passiflora rubra, 158
 Passiflora, 158-163
 Pastizal, 127
 Pastori, Patrik Luiz, 20
 Patrones de abundancia, 96
 PCR-RFLP, 68
Peckia spp., 87,89
 Pérez O., María L., 31
 Pérez-Guerrero, Sergio, 179
Peridroma saucia, 38,39,41,42,44,45
Peridroma semidolens, 45
Periplaneta americana, 249
 Perla de la tierra brasileña, 20
Persea americana, 47
 Pesticides, 10
Phaseolus vulgaris, 6,117
 Phimophorinae, 176,177
Phimophorus spissicornis, 176,177
 Phlebotominae, 76, 80
 Phlebovirus, 76
Phthorimaea operculella, 25,26,181
Phyllophaga bicolor, 207
 Pin Dalvi, Leandro, 16
Pintomyia fischeri, 82, 83
 Piñón manso, 52,53
 Piophilidae, 86
 Plant defense, 1
 Planta hospedante, 165
 Plant-herbivore interaction, 1
 Plebotominae, 82
Pleurotus sajor-caju, 342
 Plumbaginaceae, 39,41
 Plusiinae, 39
Plutella xylostella, 17
 Polilla guatemalteca de la papa, 25
 Ponerinae, 117,118,121,124
 Pratisoli, Dirceu, 16
 Prostigmata, 90
 Pruebas bioquímicas, 5
 Pseudomyrmecinae, 117,118,119,124
Pseudophilothrips persae, 47,49,50
Pseudophilothrips, 50
Pseudoplusia includens, 38,39,41,42,44,45
Psidium guajaba, 32
 Psocoptera, 90
 Psychodidae, 76,264
Psychodopygus, 77
 Pyralidae, 18
 Queiroz De Oliveira, Flávia, 213
 Quetotaxia, 76
 Quimbayo, Norelhy, 38
 Quiñones, Martha, 54
 Raga, Adalton, 223
 Ramírez, Mónica, 106
 Ranunculaceae, 39
 Rasmussen, Claus, 319
Ravinia spp., 87,89
 Redondo-Villa, Alberto José, 179
 Reduviidae, 176,177
 Retana S., Axel, 47
 Rey A., Mauricio, 254
 Rey-Vega, Gabriela 242
 Rezende, Daniela, 1
Rhodnius pallescens, 176,177
 Riquelme, María B., 190
 Rodrigues, Everton N. L., 277
 Rodrigues, Souza Jander, 195
 Romaleidae, 335
Rosa sp., 39,41
 Rosaceae, 39,41
 Rosado, João L. O., 277
 Rosero, Doris A., 260
S. latifascia, 39

- S. pulchella*, 39
Saissetia coffeae, 118,120,121,122
 Salazar, Miriam, 54
Salina spp., 99
 Saltamontes, 335
 Salticidae, 172,173,174
 Salvo, Adriana, 229
 Santa Marta, 285
 Santacoloma, Liliana, 54,242
 Santos Andrade, Gilberto, 16
 Santos Leite Maria Isabella, 202
 Santos-Silva, Antonio, 135
 Sarcophagidae, 87,88,89
 Sarmiento, Rodrigo, 172
 Saturniidae, 292
 Saxifragaceae, 39,41
 Scarabaeidae, 285
 Scarabaeinae, 285
Scirtothrips perseae, 50
Scirtothrips, 49, 50
Scolothrips sexmaculatus, 50
 Scrophulariaceae, 39,41
Sedulothrips vigilans, 50
 Seed beetle, 269
 Segura G., Alexandra, 254
 Sekiguchi Godoy, Mauricio, 10,195
 Selectivity of insecticides, 202
 Serna, Franciso, 38
 Silva Parreira, Douglas, 10,195
Simopelta minima, 129
 Sistemas de aspersión, 217
 Sminthuridae, 96,98-103
 Sminthurididae, 99,101,103
 Snapdragon, 39
 Soil spiders, 277
 Solanaceae, 10
 Solano S., Jaime, 232
Solanum hirtum, 170
Solanum jamaicense, 165,166
Solenopsis geminata, 107
Solidago sp, 39,41
 Soto G., Alberto 1
 Souza Días, E., 342
Spalangia, 88,89
Sphaceloma perseae, 47
Spodoptera exigua, 28,18
Spodoptera frugiperda, 5,11,12,28,38,39,40,41,44,45
Spodoptera ornithogalli, 39,41,44
Spondias purpurea, 32
Statice sp., 39,41
Stator limbatus, 270
 Strikis, Pedro C., 223
 Supervivencia, 62
 Susceptibilidad a insecticidas, 242
 Tablas de vida, 62
Tafallia insulares, 103
Tecia solanivora, 25,26,27
 Tejedoras en sábana, 173
 Tejedoras irregulares, 173
 Tejedoras orbitelares, 173
 Tephritidae, 31
 Terapia larval, 254
 Tetranychidae, 5
Tetranychus urticae, 1,7,8
 Teixeira, Ivonel, 20
 Theridiidae, 172,173
 Thetragnathidae, 172,173
 Thiamethoxam, 20
 Thomisidae, 172,173
Thrips albopilosus, 50
 Thrips, 47,48,50
Thwaitesia, 172,174
Thyrinteina arnobia, 1,2,3
 Thysanoptera, 47,5
 Tobacco budworm, 16
 Top-down, 269
 Torres-Porras, Jerónimo, 179
 Tourino Rezende, Denise, 10
 Trampeo, 31
Trialeurodes vaporariorum, 190
 Triana Ch., Omar, 176
 Triatominae, 176,177
Trichogramma acacioi, 16,17,18
Trichogramma atopovirilia, 17,202
Trichogramma exiguum, 16,17,18
Trichogramma pretiosum, 10-14,195
 Trichogrammatidae, 10,16,17,18,202
Trichoplusia ni, 45
 Trogossitidae, 135,136,137
 Uribe S., Sandra I., 165,169
 Valencia, 235
 Vargas, Héctor A., 340
 Variación intraespecie, 68
 Variación temporal, 300
 Varroa, 232
 Varroidae, 232
 Vásquez-Castro, Javier A., 217
 Velasquez, Alexander, 319
 Veliz, Rubén, 217
 Vergara-Sánchez, Consuelo, 242
 Villamizar R., Laura, 25
 Visitadores, 47
 Visitantes florales, 172
Vitis berlandieri, 21
Vitis labrusca, 21
Vitis rotundifolia, 21
Vitis rupestris, 21
Vitis vinifera, 21
 Vivenes, María Alejandra, 76
Vorticella sp., 63
Wasmannia auropunctata, 109,110,115,116,118,119,122
 123,124
 Winteraceae, 172
 Wolff, Marta, 135
Wuchereria bancrofti, 62
Xenylla humicola, 103
Xyleborus sp, 87,88
 Zambrano, Giselle, 325
Zea mays, 117

REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA

Volumen 36 No. 2 Julio - Diciembre 2010

Evaluación de nematodos entomopatógenos para el manejo de <i>Phyllophaga bicolor</i> (Coleoptera: Melolonthidae)	Elsa Liliana Melo M., Carlos Alberto Ortega O., Andreas Gaigl y Bellotti Anthony	207
Determination of median lethal concentration (LC ₅₀) of mycoinsecticides to the control of <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae)	Flávia Queiroz de Oliveira, Jacinto de Luna Batista, José Bruno Malaquias, Dalva Maria Almeida and Robério De Oliveira	213
Eficiencia de dos sistemas para la aspersión de plaguicidas en árboles de cítricos	Rubén C. Veliz, Casimiro D. Gadanha Jr. y Javier A. Vásquez-Castro	217
Infestación natural de Lonchaeidae (Diptera) en variedades de melocotón	Sônia Maria N. M. Montes, Adalton Raga, Aparecida C. Boliani; Pedro C. Strikis y Pedro C. Dos Santos	223
Aspectos biológicos de <i>Lema quadrivittata</i> (Coleoptera: Chrysomelidae), minador de hojas de <i>Commelina erecta</i> en Argentina	Defagó, María Teresa, María Silvina Fenoglio y Adriana Salvo	229
Comportamiento de acicalamiento de abejas (Hymenoptera: Apidae) sobre varroa (Mesostigmata: Varroidae)	Ximena Araneda D., Manuel Bernales M., Jaime Solano S. y Karina Mansilla V.	232
Sección médica / Medical		
Artículos de investigación / Research papers		
Culicidofauna (Diptera, Culicidae) presente en los distintos enclaves hídricos de la ciudad de Valencia (España)	Rubén Bueno-Marí, Enrique Corella-López y Ricardo Jiménez-Peydró	235
Estado de susceptibilidad de <i>Aedes aegypti</i> a insecticidas en Atlántico-Colombia	Ronald Maestre S., Gabriela Rey V., Jorge de las Salas A., Consuelo Vergara S., Liliana Santacoloma V., Sergio Goenaga O. y María Cristina Carrasquilla F.	241
Control of American cockroach (<i>Periplaneta americana</i>) and German cockroach (<i>Blattellidae: germanica</i>) by entomopathogenic nematodes	Monchan Maketon, Apinya Hominchana and Dararat Hotaka	248
Evaluación de la terapia larval aplicada a cuatro casos clínicos de animales en Bogotá-Colombia	Mauricio Rey A., Adriana Castañeda A., Juliana González Z., Víctor Acero P., Alexandra Segura G. y Felio Bello G.	253
Notas científicas / Scientific notes		
Optimización de un procedimiento de extracción de ADN para mosquitos anofelinos	Doris A. Rosero, Lina A. Gutiérrez, Astrid V. Cienfuegos, Luz M. Jaramillo y Margarita M. Correa	259
<i>Lutzomyia</i> (Diptera: Psychodidae) en la colección de la Universidad del Valle, Facultad de Salud, Cali	Mauricio Barreto, María Elena Burbano y Pablo Barreto	263
Sección básica / Basic		
Artículos de investigación / Research papers		
Top-down, bottom-up. And horizontal mortality variation in a seed beetle adapted to different hosts	Angela R. Amarillo-Suárez	268
Soil spiders in differing environments: <i>Eucalyptus</i> plantations and grasslands in the Pampa biome, southern Brazil	Everton Nei Lopes Rodrigues, Milton de S. Mendonça, Jr., João L. O. Rosado and Alci E. Loeck	276
Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta, Colombia	Jeison Barraza M., Jenilee Montes F., Neis Martínez H. y Cuauhtémoc Deloya	284
Variación altitudinal en diversidad de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla colombiano	Anderson Muñoz y Ángela Amarillo-Suárez	291
Estadios y variación temporal de <i>Eurygerris fuscineris</i> (Heteroptera: Gerridae) en los Andes de Colombia	Dora N. Padilla-Gil, Osvaldo Arcos P.	299
Cuatro especies nuevas de Alysiniinae (Hymenoptera: Braconidae) y registro nuevo para Colombia	Oscar Dix	303
Nueva especie del género <i>Heteroderes</i> (Coleoptera: Elateridae; Agrypninae) de Colombia	Ma. Pilar Aguirre-Tapiero y Marta E. Guzmán de Tomé	314
Una especie nueva de <i>Lestrimelitta</i> y un cambio de nombre en <i>Lasioglossum</i> (Hymenoptera: Apidae, Halictidae)	Víctor H. González, Claus Rasmussen, Alexander Velásquez	318
Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de <i>Paratrigona eutaeniata</i> (Hymenoptera: Apidae, Meliponini)	Diana Catalina Fernández, Giselle Zambrano G., Víctor H. González	324
Notas científicas / Scientific notes		
Primeros registros de <i>Gomphomacromia fallax</i> (Odonata, Corduliidae) en Colombia	Cornelio A. Bota-Sierra, Nathalie Baena-Bejarano, Christian Bermúdez R.	332
Ampliación de la distribución de saltamontes romaleidae (Orthoptera) de la Colección del Museo Paraense Emilio Goeldi	Carlos Elías Braga y Ana Lúcia Nunes-Gutjahr	334
Primer registro de <i>Enochrus</i> (Lumetus) hamiltoni para Cuba (Coleoptera: Hydrophilidae) con datos sobre su hábitat	A. Deler-Hernández y Juan A. Delgado	337
<i>Angelabella tecomae</i> (Lepidoptera, Gracillariidae): una planta hospedera exótica en el norte de Chile y primer registro de Perú	Héctor A. Vargas	339



Sociedad Colombiana de Entomología

Apartado Aéreo 11366 Bogotá, D. C., Colombia • Tarifa postal reducida para libros y revistas No. 476 de 4-72, vence Diciembre 2010