

Incidencia y distribución de termitas (Isoptera) en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia

Incidence and distribution of termites (Isoptera) in citrus crops in the Caribbean coast of Colombia

JUAN CARLOS ABADÍA L.¹, ÁNGELA MARÍA ARCILA² y PATRICIA CHACÓN³

Resumen: Con el objetivo de establecer la incidencia y distribución de termitas en cuatro tipos de cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia, se muestrearon 64 huertos de cinco departamentos (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba y Magdalena). Se utilizó el método de búsqueda exhaustiva en nidos y galerías de termitas en el árbol del cítrico y sus alrededores. Se realizaron mapas de distribución y mediante análisis de varianza se comparó la incidencia de termitas entre especies de cítricos, categorías de edad del cultivo y entre zonas de muestreo (departamento y municipio). Para las mencionadas comparaciones no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. En total, se revisaron 1975 árboles de los cuales 899 presentaron termitas; el 64% correspondió a los huertos de naranja, el 27,30% a limón pajarito y el 8,70% restante a los cultivos de limón tahiti y pomelo. En las muestras se encontraron representadas dos familias: Termitidae (57%) con diez géneros (*Anoplotermes*, *Amitermes*, *Cortaritermes*, *Microcerotermes*, *Nasutitermes*, *Neocapritermes*, *Orthognathotermes*, *Ruptitermes*, *Rhynchotermes* y *Termes*) y Rhinotermitidae (43%) con dos géneros (*Coptotermes* y *Heterotermes*). Se identificaron 17 especies y se destacan por su abundancia y amplia distribución en el área de estudio *Microcerotermes* cf. *arboreus* (59%), *Heterotermes convexinotatus* (38,50%) y *H. tenuis* (27,50%). La presencia de *M. cf. arboreus*, *H. convexinotatus*, *H. tenuis*, *Coptotermes testaceus*, *C. crassus* y *Amitermes foreli* constituyen los hallazgos más importantes del trabajo, ya que se reportan como especies de importancia forestal en Colombia, por lo que se recomienda continuar más estudios en cultivos de cítricos.

Palabras clave: Plaga. Rhinotermitidae. Termitidae.

Abstract: In order to establish the incidence and distribution of four types of termites in citrus crops of the Caribbean coast of Colombia, were sampled 64 crops distributed in 61 farms in five departments (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, and Magdalena). We used the exhaustive method of search termite nests and galleries in the citrus tree and its surroundings. Distribution maps were made with the occurrence of termites and with the ANOVA to compare the occurrence of termites among citrus species, age categories of the crop and between sampling areas (department and municipality). For the above comparisons statistically significant differences were not found. In total, 1975 trees were reviewed from which 899 had termites, 64% came from the crops of orange, 27.30% from common lemon tree and the remaining 8.70% from tahiti lemon crop and grapefruit. The samples were represented two families: Termitidae (57%) with ten genera (*Anoplotermes*, *Amitermes*, *Cortaritermes*, *Microcerotermes*, *Nasutitermes*, *Neocapritermes*, *Orthognathotermes*, *Ruptitermes*, *Rhynchotermes* and *Termes*) and Rhinotermitidae (43%) with two genera (*Coptotermes* and *Heterotermes*). 17 species were important for their abundance and wide distribution in the study area: *Microcerotermes* cf. *arboreus* (59%), *Heterotermes convexinotatus* (38.50%) and *H. tenuis* (27.50%). The presence of *M. cf. arboreus*, *H. convexinotatus*, *H. tenuis*, *Coptotermes testaceus*, *C. crassus* and *Amitermes foreli* are the most important findings of this work, because these termites are reported as important species for the Colombian forested, so it is recommended to do further research.

Key words: Plague. Rhinotermitidae. Termitidae.

Introducción

Las termitas son uno de los principales elementos de la fauna del suelo y desempeñan un rol importante como organismos descomponedores (Staley y Orians 1992; Calderón y Constantino 2007; Eggleton 2011). La actividad de dichos insectos acelera el ciclo de nutrientes y provee de estructura y fertilidad al suelo (Wood y Sands 1978; Constantino y Acioli 2006). Sin embargo, algunas especies de termitas son consideradas plaga en diferentes partes del mundo, lo cual ha ocurrido como consecuencia del desplazamiento de su hábitat natural, donde se ha removido la vegetación nativa privando a las termitas de sus recursos alimenticios (Wood 1978; Wood y Pearce 1991; Constantino 2002a; Issa 2002).

En Sur América, la fauna y los problemas ocasionados por termitas en agroecosistemas son virtualmente desconocidos (Constantino 2002a). En Colombia, se han encontrado algunas especies de termitas que en otros países ya se conocen por afectar la agricultura; es el caso de *Comatermes perfectus* (Hagen) en café (*Coffea* sp.), *Neotermes castaneus* (Burmeister, 1839) en frutales (Bequaert 1925), *Coptotermes niger* Snyder, 1922 en frutas y palmas (Araujo 1970), *C. testaceus* (Linnaeus, 1758) en yuca (*Manihot esculenta*), caucho (*Hevea brasiliensis*) y eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (Bandeira 1981; Bandeira *et al.* 1989; Santos *et al.* 1990), *Heterotermes convexinotatus* (Snyder, 1924) en maracuyá (*Passiflora edulis*) y maíz (*Zea mays*) (Bandeira *et al.* 1989; Belloti *et al.* 2002) y *Amitermes foreli* Wasmann, 1902 en maracu-

¹ Biólogo, M. Sc. Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas, Universidad del Valle, A. A. 25360, Cali, Colombia. <http://hormigas.univalle.edu.co>. jcabadiabloz@gmail.com. Autor para correspondencia. ² Bióloga, Ph. D. Investigadora de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 65 km al Sur de Santa Marta-Vía Santa Marta-Fundación. aarcila@corpoica.org.co. ³ Bióloga, Ph. D. Profesora titular, Universidad del Valle, Cali, Colombia. patricia.chacon@correounivalle.edu.co.

yá (Dominguez-Gil y McPherson 1992). Concretamente en agroecosistemas colombianos se ha mencionado la presencia de termitas en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y maracuyá (Belloti *et al.* 2002), entre otros cultivos, pero solo existen estimativos de las pérdidas ocasionadas en yuca las cuales alcanzan un 40% en producción y entre 46-100% en material de siembra almacenado (Belloti *et al.* 2002). Mientras que para cultivos forestales principalmente en eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y *Acacia mangium*, los estudios de termitas se han centrado en identificar las especies asociadas y caracterizar el daño que ocasionan al fuste, follaje y semillas del árbol (Madrigal 1989; Madrigal 2003; Gutiérrez *et al.* 2004; Nieto y Gasca 2010; Lores y Pinzón 2011).

En la costa Caribe de Colombia, los citricultores han mencionado a las plagas (ácaros, cochinillas, trips, hormigas, termitas, entre otros) y a las enfermedades (gomosis, virus de la tristeza, exocortis y psoriasis) como las principales limitantes en la producción, pero no hay estudios detallados por lo que no se aplican criterios adecuados para su evaluación y manejo (Páez *et al.* 2004). Los pocos estudios realizados en los cítricos de la región Caribe colombiana con termitas, indican que las especies del género *Heterotermes*, además de ocasionar el debilitamiento y posible muerte de la planta, causan heridas que favorecen la entrada de patógenos del suelo, como es el caso del hongo *Phytophthora* sp., agente causal de la gomosis de los cítricos (López y Arcila 2008). Por otro lado, Abadía y Arcila (2009) en un trabajo llevado a cabo en cultivos de limón en los departamentos de Atlántico y Magdalena, obtuvieron incidencia de termitas mayores al 40%, por lo que recomendaron realizar más investigaciones y hacer un seguimiento de las poblaciones de las especies más frecuentes. No obstante, todavía no se conocen estudios de identificación y estatus de plagas de las especies de termitas asociadas a los cítricos de la costa Caribe de Colombia. El presente trabajo se centra en la región Caribe de Colombia donde se exploran los cultivos de cuatro especies de cítricos de diferentes edades y se establecen la incidencia y distribución de las termitas asociadas.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se encuentra ubicada entre los 0-500 msnm, lo cual corresponde al piso térmico cálido con una temperatura promedio anual de 27 a 30 °C. La humedad relativa disminuye de sur a norte en la Costa Atlántica, en los departamentos del Magdalena y Atlántico oscila entre 70% y 86%, mientras que en Córdoba los valores son mayores entre el 86% y 89 %. La distribución de las lluvias tiende a ser unimodal con un período de sequía que va de noviembre a abril y uno de lluvias de mayo a octubre, aunque en el departamento del Magdalena se presenta un corto período de verano adicional entre julio y agosto, y abril y noviembre son meses de transición (Páez *et al.* 2004). Los muestreos se realizaron en 17 localidades abarcando los departamentos del Magdalena, Córdoba, Atlántico, Cesar y Bolívar (Fig. 1), donde se ubicaron los principales cultivos escogidos: naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), lima ácida tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swing) y pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck).

Muestreo de termitas. La etapa de campo fue realizada en época seca. En una primera fase entre los meses de abril y noviembre del año 2009 se visitaron diez municipios, prin-

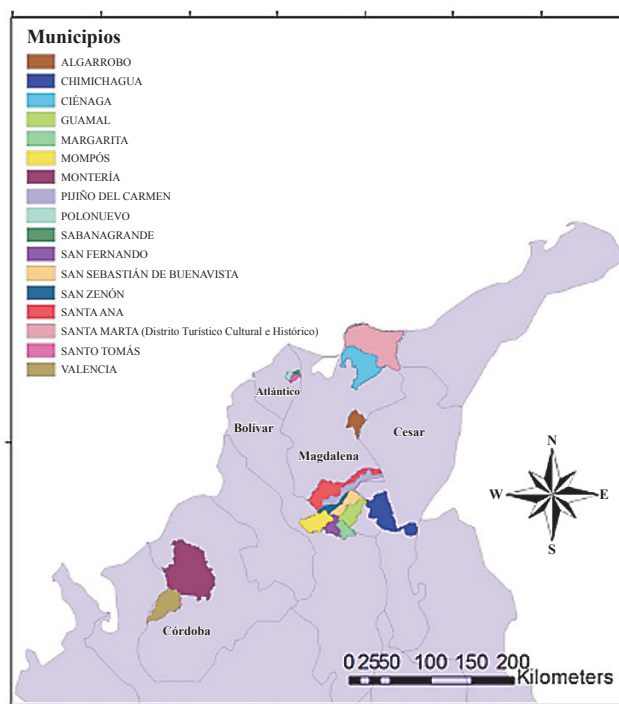


Figura 1. Municipios de estudio distribuidos en cinco departamentos (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba y Magdalena) de la región Caribe de Colombia.

cialmente los que poseen cultivos de limas ácidas y en la segunda fase entre junio y agosto del año 2010 se ubicaron las fincas de los siete municipios restantes, los cuales se concentraron en la depresión momposina y cuyo cultivo es naranja. Los cultivos de cítricos se separaron en tres categorías según la edad del huerto: joven (2 meses - 5 años), maduro (6-15 años) y viejo (16 años o más). En cada finca se demarcó el perímetro del área cultivada, para lo cual se utilizó un GPS (Garmin Map 76 CSx) y se trazaron tres transectos paralelos (distanciados aproximadamente 14 m entre sí), donde se contó el número de árboles y se escogieron de forma aleatoria, diez números que corresponderían a los árboles a revisar por transecto, procurando completar 30 árboles por finca. Se hizo una inspección metódica de cada uno de los árboles buscando termiteros y/o señales de daño por termitas; así mismo se registraron los árboles vecinos y troncos en el suelo en un radio de seis metros alrededor del árbol muestreado. En caso de encontrar termitas, éstas se asignaron al árbol muestreado. Cuando se encontraron termiteros y/o galerías, se tomaron muestras de obreras, soldados y alados que fueron depositados en tubos eppendorf en alcohol al 80% para su posterior identificación hasta género o especie.

Análisis de resultados. La determinación hasta el nivel de género se realizó con la ayuda de la clave de Constantino (2002b) y para especie se consultaron descripciones taxonómicas de Krishna y Araujo (1968), Scheffrahn *et al.* (1999), Ferraz (2000), Constantino (2001), Rocha y Cancelló (2009) y Scheffrahn (2010). La colección se encuentra preservada en el museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSENUV) y un duplicado en CORPOICA sede Caribia en el departamento del Magdalena.

Se tomó como unidad muestral el árbol, registrando las diferentes especies de termitas. Mediante estadística des-

criptiva se calculó la frecuencia de ocurrencia (incidencia) [(número de árboles con termitas/total de árboles muestreados)*100] de termitas en los tres cultivos, edad del cultivo, departamento y municipio. Igualmente, con los resultados de incidencia y en las zonas geográficas de los isópteros capturados, se procedió a la realización de mapas de distribución de las seis especies más frecuentes con una resolución de 1:500.000 y se empleó el programa ArcGIS versión 10.

Mediante análisis de varianza realizado con el programa Minitab 15, se comparó la incidencia de termitas entre especies de cítricos, categorías de edades del cultivo y entre zonas de muestreo (departamento y municipio). El primer paso para la comparación fue transformar los porcentajes de frecuencia de captura a la función arcoseno ($p' = \arcsin \sqrt{p}$; donde, p es el porcentaje de frecuencia de ocurrencia y p' es el valor transformado) (Zar 1996). Luego, los datos transformados fueron sometidos a los supuestos de normalidad (Zar 1996), es de aclarar que los análisis solo se hicieron para cultivos de naranja y limón (pajarito y tahití), no se tuvo en cuenta los cultivos de pomelo debido a su poca representatividad. Igualmente ocurrió con las fincas que no contaron con el dato de categoría de edad.

Resultados

Generalidades de los cultivos. En total se visitaron 64 huertos distribuidos en 61 fincas de 17 municipios y cinco departamentos. Predominó el cultivo de naranja al encontrarse en 39 fincas en las que se muestrearon 1.170 árboles. El segundo lugar lo ocupó el cultivo de limón pajarito (20 fincas y 587 árboles), seguido de pomelo (cinco fincas y 128 árboles) y por último el limón tahití (tres fincas y 90 árboles) (Tabla 1).

El departamento del Magdalena fue el que más aportó muestras con un total de 925 árboles abarcando 28 fincas. En dicha zona se observaron los cuatro cultivos de cítricos investigados, el 63,7% fue de naranja, seguido de limón pajarito (28,7%) y menos del 5% para los otros dos cultivos. En el municipio de Ciénaga solo se encontraron fincas de limas ácidas mientras que en los municipios que forman parte de la depresión momposina solo se halló naranja. También en los departamentos de Bolívar, Cesar y Córdoba predominaron los huertos de naranja, aunque en este último los cultivos de pomelo aportaron el 12,5%. Las limas ácidas, principalmente limón pajarito con el 73,3% fue característico en el departamento del Atlántico, donde el porcentaje restante se dividió entre los cultivos de limón tahití y pomelo (13,3% para cada uno) (Tabla 1).

La mayoría de las fincas (79%) tenían huertos con árboles de edad madura (6-15 años) y viejos, mientras que solo 13 fincas (21%) presentaban árboles jóvenes (≤ 5 años) (Figura 2). Las fincas con cultivos de naranja, limón pajarito y pomelo, presentaron las tres categorías de edad. Alrededor de 18 fincas con huertos de naranja tenían árboles considerados viejos (≥ 16 años); mientras que la mayoría de las fincas de limón pajarito y pomelo se encontraron en edad madura (5-15 años). No se hallaron fincas con cultivos de limón tahití en edad madura (Fig. 2).

Composición de la termitofauna en los cultivos de cítricos. De los 1975 árboles muestreados (Tabla 1), el 45,50% presentaron termitas con un total de 899 muestras: el 64% de los huertos de naranja, el 27,30% del limón pajarito y el 8,70% restante de los cultivos de limón tahití y pomelo. En las muestras se encuentran representadas dos familias:

Tabla 1. Localidades de muestreo y tamaño de muestra por tipo de cultivo y por departamento. No = Número; No. Finca = Número de Fincas; Inc/Ter. (%) = Incidencia de termitas en porcentaje; Árb/Dep = Árboles por departamento.

Departamento	Municipio	No. Finca	Inc/Ter. (%)	No. árboles muestreados por cultivo				
				Limón		Naranja	Pomelo	Total Árb/Dep.
				Pajarito	Tahití			
Atlántico	Polo Nuevo	4	37.50	90			30	450
	Sabanagrande	4	39.17	90			30	
	Santo Tomás	6	47.14	150	60			
Bolívar	San Fernando	3	41.11			90		270
	Mompós	3	54.44			90		
	Margarita	3	58.89			90		
Cesar	Chimichagua	3	34.44			90		90
Córdoba	Montería	3	65.83			90	30	240
	Valencia	4	41.67			120		
Magdalena	Ciénaga	7	37.56	197				925
	Santa Marta	4	36.11	60	30	90		
	San Sebastian	3	46.67			90	8	
	Guamal	3	52.22			90	30	
	Algarrobo	2	61.67			60		
	Santa Ana	3	55.56			90		
	Pijiño del Carmen	3	75.56			90		
	San Zenón	3	18.89			90		
Total fincas		61	Total árboles	587	90	1170	128	1.975

Tabla 2. Termitas asociadas a cuatro cultivos de cítricos en la costa Caribe de Colombia y frecuencia de recolecta (%).

Familia	Especie	Frecuencia de recolecta %			
		Limón		Naranja	Pomelo
		Pajarito	Tahití		
Termitidae	<i>Amitermes amicki</i> Scheffrahn, Su & M, 1999	0,17			
	<i>Amitermes foreli</i> Wasmann, 1902	3,17		8,72	2,34
	<i>Anoplotermes</i> sp.1			0,09	
	<i>Anoplotermes</i> sp.2			0,09	
	<i>Cortaritermes</i> sp.1			0,09	
	<i>Microcerotermes</i> cf. <i>arboreus</i> Emerson, 1925	20,17	20,00	9,15	9,40
	<i>Nasutitermes guayanae</i> (Holmgren, 1910)			0,94	
	<i>Nasutitermes nigriceps</i> (Haldeman, 1853)	1,17	3,33	6,41	2,34
	<i>Neocapritermes longinotus</i> (Snyder, 1926)	0,17			
	<i>Orthognathotermes wheeleri</i> Snyder, 1923				0,80
	<i>Ruptitermes</i> sp.1			0,09	0,80
	<i>Rhynchotermes bulbinasus</i> Scheffrahn, 2010			1,79	
Rhinotermitidae	<i>Termes panamaensis</i> (Snyder, 1923)	0,33	1,11	0,43	8,60
	<i>Heterotermes convexinotatus</i> (Snyder, 1924)	10,00	15,56	7,44	5,50
	<i>Heterotermes tenuis</i> (Hagen, 1858)	5,83	3,33	11,62	6,67
	<i>Coptotermes crassus</i> Snyder, 1922			1,62	
	<i>Coptotermes testaceus</i> (Linnaeus, 1758)	0,83	1,11	0,68	0,8
	Total frecuencia de recolecta/cultivos (%)	41,84	44,44	49,16	37,25

Termitidae (57%) y Rhinotermitidae (43%) (Tabla 2). Se identificaron 17 especies, trece de Termitidae y cuatro de Rhinotermitidae. La frecuencia de recolecta fue superior al 41% en los cultivos de limón y naranja; mientras que en los huertos de pomelo se obtuvo un porcentaje de 37,20%. La mayor riqueza de especies se encontró en los cultivos de naranja (14 especies), seguido por el limón pajarito y pomelo (9 especies) y por último el limón tahití (6 especies) (Tabla 2).

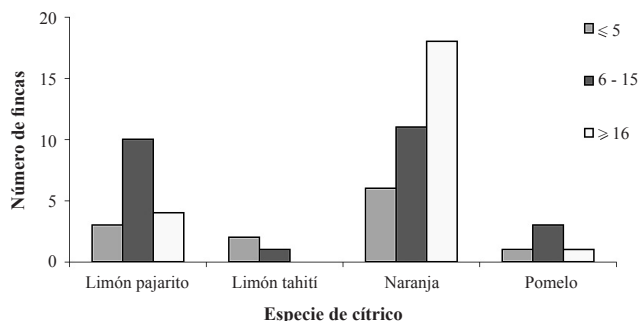
Seis especies fueron comunes a los cuatro cultivos, *Microcerotermes* cf. *arboreus* fue más abundante en árboles de limas ácidas con una frecuencia de recolecta de 20% en cada huerto. Por otro lado, de las dos especies de *Heterotermes*, segundas en importancia de aparición, una se destacó en los huertos de naranja (*H. tenuis* 11,6%) y la segunda en los de limón tahití (*H. convexinotatus* 15,6%). *Termes panamaensis* fue más frecuente en los árboles de pomelo (8,6%); por su parte *Nasutitermes nigriceps* lo fue en naranja (6,41%) y

por último, con un porcentaje más bajo (1,11%) *Coptotermes testaceus* fue más frecuente en el limón tahití. Algunas especies solo tuvieron uno o dos eventos de captura y fueron exclusivas para algún tipo de cultivo; tal es el caso de *Anoplotermes* sp. y *Cortaritermes* sp.1. capturadas una vez en cultivos de naranja. Por otro lado, *Rhynchotermes bulbinasus*, *Coptotermes crassus* y *Nasutitermes guayanae*, sólo se evidenciaron en los naranjales y tuvieron varios eventos de captura. *Amitermes amicki* y *Neocapritermes longinotus* sólo se observaron en huertos de limón pajarito y *Orthognathotermes wheeleri* solamente en pomelo (Tabla 2).

Distribución geográfica e incidencia de la termitofauna.

Los departamentos de Córdoba y Bolívar mostraron la mayor frecuencia de ocurrencia de termitas (> 50%), seguidos por Atlántico (46%) y Magdalena (43%), mientras que el departamento del Cesar presentó el menor valor (35%). En cuanto a municipios, Pijiño del Carmen presentó la mayor infestación por termitas (75%) seguido de Montería, Algarrobo y Margarita (> 59%) mientras que San Zenón, fue de 20% (Tabla 1).

En los mapas de distribución no solo se detalla la presencia de la especie en un lugar, igualmente se puede apreciar, por medio del color y el tamaño del círculo, el rango de incidencia de dicha especie en la finca muestreada (Fig. 3). Así, *M. cf. arboreus* fue más frecuente en las fincas citricolas del departamento del Atlántico y en algunas fincas del Magdalena, con un porcentaje de incidencia mayor al 30%; mientras que su ocurrencia fue mucho menor en las fincas de Córdoba. *H. convexinotatus* por ejemplo, se halló en los cinco departamentos estudiados pero su incidencia fue mayor en Córdoba (> 30%). Por su parte, *H. tenuis* fue más frecuente con una incidencia medio-alta en los municipios del sur de los de-

**Figura 2.** Distribución de los huertos de cítricos por categorías de edad en 61 fincas muestreadas en la costa Caribe de Colombia.

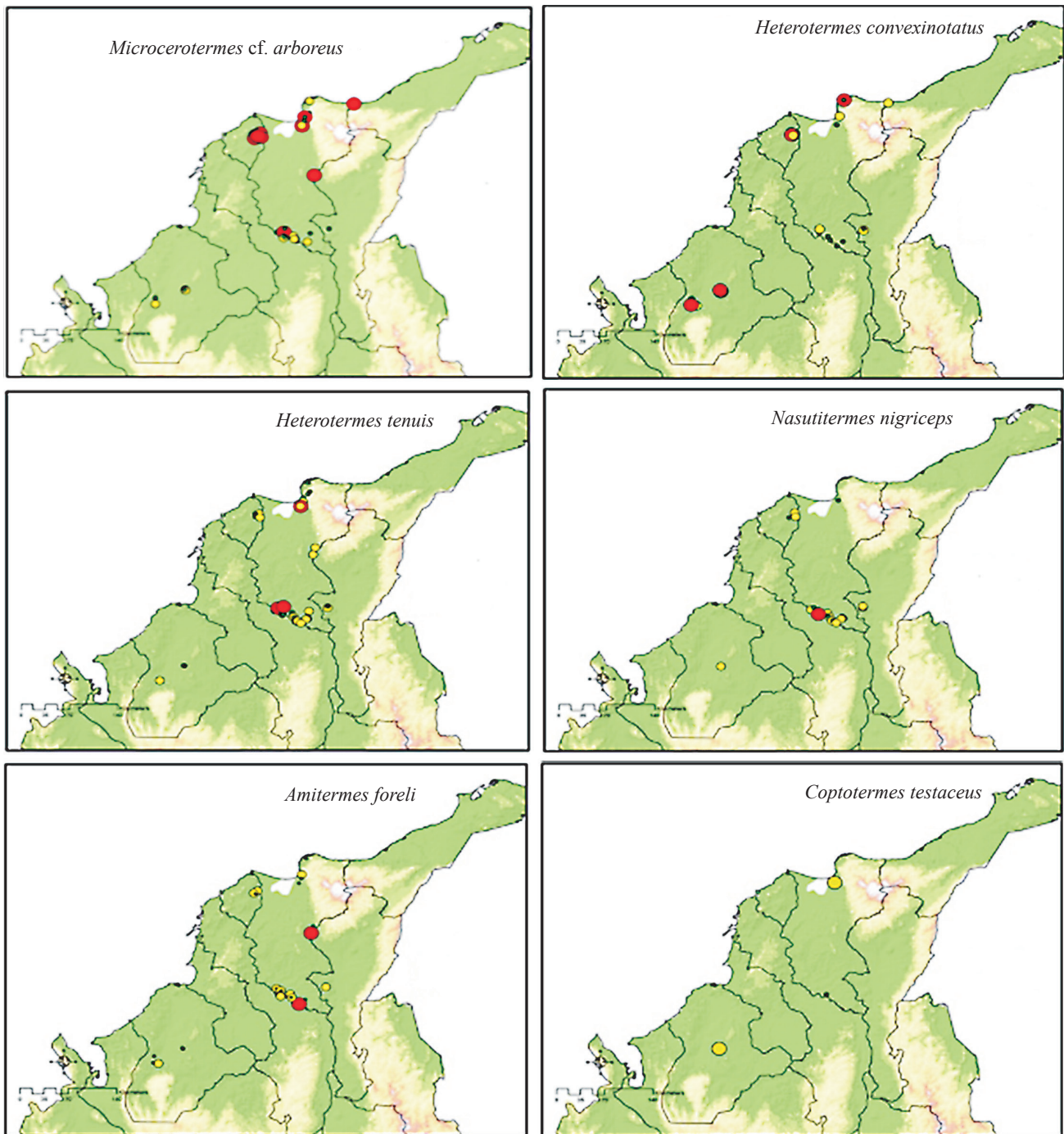


Figura 3. Mapas de distribución e incidencia para las especies de termitas encontradas asociadas a cuatro cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia. Incidencia: ● Baja (< 10%); ● Media (10-30%); ● Alta (> 30%).

partamentos de Bolívar y Magdalena y *C. testaceus* sólo se recolectó en Córdoba y Magdalena con una ocurrencia considerada media (Fig. 3).

Las otras once especies de termitas recolectadas no fueron tan frecuentes, *C. crassus*, *N. guayanae* y *R. bulbinasus* sólo se encontraron en los huertos de la depresión momposina con una incidencia considerada media (10-30%). El resto de las especies solo se hallaron en una o dos fincas, por ende son las de menor distribución y fueron denominadas como las especies menores (Incidencia baja < 10%). Las especies de *Anoplotermes* sp., *A. amicki*, *Cortaritermes* sp.1, *N. lon-*

ginotus y *T. panamaensis* fueron recolectadas sólo en fincas del departamento del Magdalena; *O. wheeleri* y *Ruptitermes* sp.1 en fincas del departamento de Córdoba, aunque también se recolectó una muestra de *Ruptitermes* sp. 1 en una finca de Sabanagrande (Atlántico).

Comparación estadística de la incidencia de termitas.

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las comparaciones realizadas según la especie de cítrico (naranja y limón) ($F_{0.05(2), 1,60} = 0,28$; $P = 0,599$), la categoría de edad del cultivo ($F_{0.05(2), 2,56} = 2,01$; $P = 0,144$) y las zonas

geográficas (departamento, $F_{0,05(2),4,57} = 0,59$; $P = 0,671$; municipio, $F_{0,05(2),16,45} = 1,13$; $P = 0,356$).

Discusión

Generalidades sobre los cultivos de cítricos muestreados. En la costa Caribe se cultivan pomelo (*Citrus grandis*), limas ácidas y principalmente naranja (*Citrus sinensis*), la cual constituye el 24,5% de la producción nacional (MADR 2005). Razón por la cual se encontraron más huertos de naranja (39 fincas, Tabla 1), de las tres categorías de edad principalmente con árboles viejos (Fig. 3). Por su parte, el limón tahití (*Citrus latifolia*) se ha convertido en el producto líder de exportación dentro de la cadena de cítricos en Colombia y por lo tanto, el gobierno ha priorizado su producción (MADR 2005). Lo que explicaría el por qué los huertos muestreados de dicho cítrico fueron pocos (Tabla 1) y tenían árboles jóvenes (Fig. 3), pues es un cultivo que está empezando a desarrollarse en la región estudiada. Se puede inferir que el limón pajarito y el pomelo se han convertido en frutas poco atractivas para el mercado consumidor por lo que su cultivo ha venido disminuyendo.

Termitofauna. Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por la literatura ya que Termitidae, que abarca aproximadamente el 70% de todas las especies a nivel mundial, fue la de mayor riqueza e incidencia en el presente estudio (Tabla 2) siendo la familia más diversa, abundante y especializada, gracias a su variedad de dietas que han permitido el éxito evolutivo (Donovan *et al.* 2000). Además, los resultados son similares a lo publicado por Abadía y Arcila (2009) quienes en cultivos de limas ácidas de los departamentos de Atlántico y Magdalena mencionan el haber encontrado una mayor riqueza y frecuencia de captura de especies de Termitidae. Mientras tanto, varias especies de Rhinotermitidae se han venido consolidando como plagas en sistemas agroforestales y ambientes urbanos (Constantino 2002a; Issa 2002; Rouland 2011; Abadía *et al.* 2011). Por consiguiente, y como lo mencionan Abadía y Arcila (2009), son especies exitosas en la colonización de hábitats, especialmente aquellos sometidos a perturbaciones antropogénicas, lo que explicaría el haber obtenido una incidencia alta con poca riqueza en comparación con la familia Termitidae (Tabla 2).

El no encontrar diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de incidencia de termitas y el tipo de cultivo (naranja y limón), la categoría de edad y la zona geográfica (municipio y departamento), refleja el éxito de algunas especies en expandir sus poblaciones en la zona de estudio. Por lo que se infiere, que cuentan con las condiciones climáticas (temperatura, humedad, precipitación) y paisajísticas (perturbación del suelo y vegetación) adecuadas para su total desarrollo (Constantino 2002a; Rouland 2011). Esto se evidencia en la incidencia de termitas por municipio (Tabla 1) y en las tres especies más frecuentes en el presente estudio, *M. cf. arboreus* y las dos especies del género *Heterotermes* (Tabla 2), las cuales han infestado los troncos de los cítricos y poseen una amplia distribución y presencia tanto en los departamentos como en los municipios evaluados (Fig. 3). Igualmente, se debe tener en cuenta aspectos importantes del manejo de las fincas, tales como el tipo de riego, control de plagas, enfermedades y malezas y la limpieza de los residuos de poda. Las anteriores prácticas de cultivo podría beneficiar o perjudicar la pre-

sencia de los isópteros; por ejemplo, el riego por inundación puede proveer la humedad requerida por las termitas y el no manejo de los residuos de poda sería un foco atractivo para la colonización de estos insectos.

Generalidades de las termitas encontradas. En cuanto a las especies recolectadas la mayoría han sido reportadas para Colombia y algunas con un grado de importancia económica. Por ejemplo, *Microcerotermes arboreus* considerada plaga menor de la fruta de la pasión (*Passiflora edulis*) en Trinidad, Guyanas y la Amazonía (Constantino 2002a); en el país se ha registrado el género causando problemas en cultivos de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) en el departamento del Magdalena (Gutiérrez *et al.* 2004). Igualmente se menciona la presencia del isóptero en ambientes urbanos de la ciudad de Cali (Abadía *et al.* 2011). El género *Heterotermes* en Colombia se asocia con daños en plantaciones de eucaliptos en la Orinoquia (Nieto y Gasca 2010) y en la Costa Atlántica (Madrigal 1989). En cuanto a *Heterotermes convexinotatus* se menciona como un potencial agente dañino en cultivos de *Acacia magium* de la costa Atlántica y la Orinoquia (Lores y Pinzón 2011). También, se ha reportado en zonas urbanas en Cali, Cúcuta, Paraguachón y Santa Marta (Abadía *et al.* 2011). *Heterotermes tenuis* se le ha relacionado con daños en la raíz del árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*) en la amazonía colombiana (Sterling *et al.* 2011). Tanto el género *Microcerotermes* como las dos especies de *Heterotermes* son los isópteros más frecuentes en cultivos de limas ácidas en los departamentos de Atlántico y Magdalena (Abadía y Arcila 2009), congruente con los resultados encontrados en el presente estudio que abarca una amplia región.

Nasutitermes nigriceps con el 13,25% de ocurrencia se ubicó en la cuarta posición (Tabla 2) y al igual que *N. guayanae* fueron encontradas en nidos arbóreos como era de esperarse para éste género (Issa 2002; Abadía y Arcila 2009). Hasta el momento, en Colombia no se ha reportado ninguna de las dos especies de *Nasutitermes* ocasionando problemas a la agricultura, aunque el género se ha asociado con daños y mortalidad de plántulas de *Acacia magium*, sin conocerse la magnitud de los ataques (Lores y Pinzón 2011).

La especie *A. foreli* se ha convertido en un referente importante para Colombia ya que fue reconocida como plaga en *Eucalyptus tereticornis* (Madrigal 1989) y continúa siendo un problema en plantaciones de eucalipto (Gutiérrez *et al.* 2004). En cultivos de cítricos sólo se ha referenciado para limón pajarito (Abadía y Arcila 2009), por lo que con el actual estudio se extiende para otros departamentos y para los cultivos de naranja y pomelo (Tabla 2; Fig. 3). Las especies de *Coptotermes*, tanto *C. testaceus* como *C. crassus* se han registrado en el país como agentes dañinos en cultivos forestales (Garzón y Eslava 2000; Gutiérrez *et al.* 2004; Lorens y Pinzón 2011). Igualmente, se menciona la presencia de *C. testaceus* en cultivos de limón de la región norte de Colombia en una baja frecuencia de captura (aproximadamente 2%) (Abadía y Arcila 2009), resultado similar al encontrado ya que la mencionada especie se recolectó en una baja incidencia (Tabla 2; Fig. 3).

Rhynchotermes bulbinasus es una especie relativamente nueva para la ciencia y muy poco lo que se sabe de su historia natural (Scheffrahn 2010). Se ha encontrado en pastizales de los departamentos de Atlántico, Bolívar y Sucre (Scheffrahn 2010). Cabe adicionar su presencia en huertos de naranja (Tabla 2) en el sur del departamento del Magdalena. Referente

a los géneros *Anoplotermes* y *Ruptitermes* y a las especies *A. amicki*, *N. longinotus*, *O. wheeleri* y *T. panamaensis*, no se tiene reporte de ser agentes causales de daños en la agricultura, en cultivos forestales y/o en ambientes urbanos en Colombia. Finalmente, el género *Cortaritermes* es un nuevo registro para Colombia pues su distribución se había limitado a Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay (Constantino 2002b; Vargas *et al.* 2005).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en términos de diversidad registran 17 especies de termitas asociadas a cuatro cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia. Igualmente se destaca el nuevo registro para el país del género *Cortaritermes*. En general, los cuatro cultivos de cítricos estudiados presentaron porcentajes de incidencia de termitas significativas. Además, varias especies mostraron una amplia distribución y una abundancia alta en los diferentes municipios evaluados, principalmente *Microcerotermes* cf. *arboreus*, *Heterotermes convexinotatus* y *H. tenuis*, las cuales han sido registradas como agentes problema en distintos sistemas forestales en Colombia. En Colombia, existe una notable carencia de estudios sobre termitas tanto en diversidad como en establecer su impacto económico, por lo que el presente trabajo se convierte en un importante avance especialmente en agroecosistemas citrícolas; sin embargo, se requiere de más investigación y seguimiento de la dinámica poblacional de las especies más frecuentes encontradas en los cítricos de la costa Caribe de Colombia.

Agradecimientos

Se agradece la participación de los propietarios y administradores de las fincas citrícolas de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba y Magdalena por su apoyo y contribución. Igualmente al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del proyecto, el cual se desarrolló en convenio entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y la Universidad del Valle, bajo la financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. A los especialistas que colaboraron en la identificación taxonómica de las termitas hasta el nivel de especie, el Dr. Reginaldo Constantino (Universidad de Brasilia) por su ayuda con los géneros *Heterotermes*, *Nasutitermes* y *Neocapritermes*; el Dr. Rudolf H. Scheffrahn (Universidad de Florida) con *Amitermes* y *Rhynchotermes*; la Dra. Eliana M. Canello (Universidad de Sao Paulo) con *Orthognathotermes* y finalmente la Dra. Marisa V. Ferraz (Universidad de Sao Paulo) con el género *Coptotermes*. Finalmente a Rafael Achury, Francisco Carrascal, Edison Castro, Yhon M. Ramírez, Francia E. Orozco, Álvaro Caicedo y Marlon J. Yacome-lo por su ayuda en el trabajo de campo.

Literatura citada

- ABADÍA, J. C.; ARCILA, A. M. 2009. Termitas en cultivos de limón en los departamentos del Atlántico y Magdalena, Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 10 (2): 36-46.
- ABADÍA, J. C.; GALVIS, C.; ARCILA, A. M.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2011. *Heterotermes convexinotatus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Colombia: distribution and impact. pp. 400. In: Robinson, W. H.; De Carvalho Campos, A. E. (Eds.). Proceeding of the 7th International Conference on Urban Pests. Ouro Preto, Brasil, Agosto, 7-10. 417 p.
- ARAUJO, R. L. 1970. Termites of the neotropical region. pp. 527-576. In: Krishns, K.; Weesner, M. F. (Eds.). Biology of termites. Academic Press. Nueva York. 643 p.
- ArcGIS Desktop versión 10. <http://www.esri.com/> [Fecha de revisión: 20 marzo 2012].
- BANDEIRA, A. G. 1981. Ocorrência de cupins (Insecta, Isoptera) como pragas de mandioca em Bujaru. Pará. Acta Amazonica 11: 149-152.
- BANDEIRA, A. G.; GOMES, I.; LISBOA, B.; SOUZA, S. 1989. Insetos pragas de madeiras de edificações em Belém do Pará. EMBRAPA/CPATU. Boletim de Pesquisa, Belém 4 (101): 1-25.
- BELLOTTI, C.; ARIAS, B.; VARGAS, O.; PEÑA, J. 2002. Pérdidas en rendimientos del cultivo de yuca causadas por insectos y ácaros. pp. 204-219. En: Ospina, B.; Ceballos, H. (Eds.). La yuca en el tercer milenio sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización CIAT – CLAYUCA. 586 p.
- BEQUAERT, J. 1925. *Neotermes injurious* to living guava tree, with notes on other Amazonian termites. Entomological News 36: 298-294.
- CALDERON, R. A.; CONSTANTINO, R. 2007. A survey of the termite fauna (Isoptera) of an eucalypt plantation in Central Brazil. Neotropical Entomology 36 (3): 391-395.
- CONSTANTINO, R. 2001. Key to the soldiers of South American *Heterotermes* with a new species from Brazil (Isoptera: Rhinotermitidae). Insect Systematics and Evolution 31: 463-472.
- CONSTANTINO, R. 2002a. The pest termites of South America: Taxonomy, distribution and status. Journal of Applied Entomology 126: 355-365.
- CONSTANTINO, R. 2002b. An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. Zootaxa 67: 1-40.
- CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. 2006. Termite diversity in Brazil (Insecta: Isoptera). pp. 117-128. In: Moreira, F.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Eds.). Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems. CAB International, Wallingford. 28 p.
- DOMÍNGUEZ-GIL, O.; MCPHERON, A. 1992. Arthropods associated with passion fruit in western Venezuela. Florida Entomologist 75: 607-612.
- DONOVAN, S.; JONES, D.; SANDS, W.; EGGLETON, P. 2000. Morphological phylogenetics of termites (Isoptera). Biological Journal of the Linnean Society 70: 467-513.
- DONOVAN, S. E.; P. EGGLETON; BIGNELL, D. E. 2001. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. Ecological Entomology 26: 356-366.
- EGGLETON, P. 2011. An introduction termites: Biology, taxonomy and functional morphology. pp. 1-26. In: Bignell, D. E.; Roisin, Y.; Lo, N. (Eds.). Biology of termites: A modern synthesis. Springer Science + Business Media B.V. 592 p.
- FERRAZ, V. M. 2000. Estudo taxonômico e aspectos da biologia de *Coptotermes* Wasmann, 1986 (Isoptera, Rhinotermitidae) nas Américas. Ph. D. Tese, Universidade de São Paulo, Brasil.
- GARZÓN, F.; ESLAVA, H. 2000. Principales enfermedades y plagas en el cultivo de caucho *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss) Muel. Arg. con énfasis en la Amazonía Colombiana, Colombia, SINCHI. 63 p.
- GUTIÉRREZ A. I.; URIBE, S.; QUIROZ, J. A. 2004. Termitas asociadas a plantaciones de *Eucalyptus* spp. en una reforestada en Magdalena, Colombia. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 72: 54-59.
- ISSA, S. 2002. Plagas Agrícolas de Venezuela: Termitas urbanas. Sociedad Venezolana de Entomología <http://atta.labb.usb.ve>. [Fecha de revisión: 14 diciembre 2011].
- KRISHNA, K.; ARAUJO, R. L. 1968. A revision of the neotropical termite genus *Neocapritermes* (Isoptera, Termitidae, Termiti-

- nae). Bulletin of the American Museum of Natural History 138: 83-130.
- LÓPEZ, E.; ARCILA, A. M. 2008. Principales plagas de los cítricos en la región Caribe de Colombia: Descripción y manejo. pp. 103-115. En: Gómez, B. G.; Caicedo, A.; Gil, L. F. (Eds.). Tecnología para el cultivo de cítricos en la región Caribe colombiana. CORPOICA, Estación Experimental CARIBIA, Magdalena (Colombia). 146 p.
- LORES, A.; PINZÓN, O. 2011. Insectos fitófagos en plantaciones comerciales de *Acacia mangium* Willd. en la Costa Atlántica y la Orinoquia Colombiana. Colombia Forestal 14 (2): 175-188.
- MADR, IICA. 2005. La competitividad de las cadenas agroproductivas en Colombia. Análisis de su estructura y dinámica (1991-2004). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Colombia Disponible en: <http://www.agrocadenas.gov.co>. [Fecha de revisión: 14 diciembre 2011].
- MINITAB 15, versión de prueba disponible en: www.minitab.com. [Fecha de revisión: 20 marzo 2012].
- MADRIGAL, A. 1989. Reconocimiento de insectos dañinos en plantaciones forestales de la Costa Atlántica Colombiana. Miscelánea Sociedad Colombiana de Entomología 12: 3-24.
- MADRIGAL, A. 2003. Insectos forestales de Colombia, biología, hábitos, ecología y manejo, Medellín. Ed. Marin Vieco Ltda. 593 p.
- NIETO, V.; GASCA, G. 2010. Experiencias y avances en el manejo de *Eucalyptus pellita* F. Muell en la Orinoquia Colombiana, Bogotá, CONIF- Ministerio de Agricultura - REFOCOSTA S.A.
- PÁEZ, A. R.; TORREGROZA, G.; ROBLEDO, L. M.; CUELLO, J.; BUELVAS, S. L.; CAICEDO, A.; LÓPEZ, O.; AVILA, R.; VENEGAS, N. 2004. Caracterización de los sistemas de producción de cítricos y papaya en la región Caribe colombiana. Boletín de Investigación No 9. CORPOICA-PRONATTA. 104 p.
- ROCHA, M. M.; CANCELLO, E. M. 2009. Revision of the Neotropical termite genus *Orthognathotermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae: Termitinae). Zootaxa 2280: 1-26.
- ROULAND, L. C. 2011. Termites as pest of agricultura. pp. 499-517. In: Bignell, D. E.; Roisin, Y.; Lo, N. (Eds.). Biology of termites: A modern synthesis Springer Science + Business Media B.V. 592 p.
- SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, C.; ANJOS, N.; ZANUNCIO, V. 1990. Danos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* pelo cupim-do-ceme *Coptotermes testaceus* Linneé, 1785 (Isoptera: Rhinotermitidae). Revista Arvore 14: 155-163.
- SCHEFFRAHN, R.; SU, N.; MYLES, T. G. 1999. *Amitermes amicki*, a new subterranean termite (Isoptera: Termitidae: Termitinae) from Aruba. Florida Entomologist 82: 7-14.
- SCHEFFRAHN, R. 2010. An extraordinary new termite (Isoptera: Termitidae: Syntermitinae: *Rhynchotermes*) from the pasturelands of northern Colombia. Zootaxa 2387: 63-68.
- STALEY, T.; ORIAN, H. 1992. Evolution of the biosphere. pp. 21-54. In: Buthcer, S. R.; Charlson, Y.; Orians, H.; Wolfe, G. (Eds.). Global biogeochemical cycles. Academic Press Ltd. London. 377 p.
- STERLING, A.; GOMEZ, C. A.; CAMPO, A. A. 2011. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota: Hyphomycetes) sobre *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) en *Hevea brasiliensis*. Revista Colombiana de Entomología 37 (1): 36-42.
- VARGAS-NIÑO, A.; SÁNCHEZ-MÚÑOZ, O. D.; SERNA-CARDONA, F. J. 2005. Lista de los géneros de Termitidae (Insecta: Isoptera) de Colombia. Biota Colombiana 6: 181-190.
- WOOD, G. 1978. Food and feeding habits of termites. pp. 55-80. In: Brian, M. (Ed.). Production ecology of ants and termites. Cambridge University Press. 401 p.
- WOOD, G.; SANDS, W. A. 1978. The role of termites in ecosystems. pp. 245-292. In: Brian, M. (Ed.). Production ecology of ants and termites. Cambridge University Press. 401 p.
- WOOD, G.; PEARCE, J. 1991. Termites in Africa: The environmental impact of control measures and damage to crops tress, rangeland and rural buildings. Sociobiology 13: 221-234.
- ZAR, J. H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd edition. New Jersey. Prentice Hall. 662 p.

Recibido: 20-nov-2012 • Aceptado 17-jun-2013

Especies de trips (Thysanoptera) en mango, fluctuación y abundancia

Thrips species (Thysanoptera) in mango, fluctuation and abundance

LUIS ALBERTO AGUIRRE U.¹, MARIO ALBERTO MIRANDA S.², MARIO ALFONSO URÍAS L.³, FERMÍN ORONA C.⁴, ISIDRO HUMBERTO ALMEYDA L.⁵, ROBERTO JOHANSEN N.⁶ y MARTIN TUCUCH C.⁷

Resumen: En Campeche, se desconocen las especies de trips presentes en mango y su fluctuación poblacional, lo que dificulta su combate y ocasiona pérdidas en producción y calidad de la fruta. Debido a esto, el objetivo del trabajo fue determinar las especies de trips asociadas al cultivo, la fluctuación de su población y el nivel de daño. El trabajo se efectuó entre 2009 y 2010 en Castamay, Campeche, México. Se realizaron muestreos de las poblaciones de adultos y ninfas cada 15 días en follaje e inflorescencias y se determinó el nivel de daño a la fruta. Las poblaciones se correlacionaron con variables de precipitación y temperatura mediante el coeficiente de Pearson y, a través de chi-cuadrada, se establecieron variaciones entre las poblaciones de trips y fechas de muestreo. En 2009, la población más baja fue de 0,00 y la más alta 0,13 por hoja tanto en ninfas como en adultos. En 2010, la población más baja fue de 0,00 individuos por hoja tanto para ninfas como para adultos y las más altas de 0,15 adultos por hoja y 0,35 ninfas por hoja. Los niveles de daño observados fueron bajos y no mostraron influencia significativa en la producción de fruta. Se registraron *Heliothrips haemorrhoidalis*, *Frankliniella invasor*, *Scirtothrips perseae* y *S. hectorgonzalazi* asociadas al cultivo, todas ellas fitófagas. La fluctuación de sus poblaciones no mostró correlación significativa con las variables climáticas.

Palabras clave: *Heliothrips haemorrhoidalis*. *Frankliniella invasor*. Fitófagos.

Abstract: In the Campeche state, México, thrips species in mango and their population fluctuations are unknown which difficult their control causing losses in production and fruit quality; thus, the objective of this study was to determine the thrips associated with the crop, their population fluctuation and the level of damage. Research was carried out during 2009 and 2010 in Castamay, Campeche, Mexico. Samples were taken of the adults and nymph's population every 15 days in foliage and inflorescences and the level of damage to the fruit was determined. Thrips population was correlated with precipitation and temperature variables using the Pearson coefficient and χ^2 tests were performed between thrips population and sampling dates. In 2009, the lowest population was 0.00 and 0.13, the highest per leave in both nymphs and adults. In 2010, the lowest populations were 0.00 individuals per leaf for both nymphs and adults and the highest of 0.15 adults per leaf and 0.35 nymphs per leaf. The observed damage levels were low and showed no significant influence on fruit production. Four thrips species associated with mango, all phytophagous were found *Heliothrips haemorrhoidalis*, *Frankliniella invasor*, *Scirtothrips perseae* and *S. hectorgonzalazi*. The population fluctuation was not significantly correlated with climatic variables.

Key words: *Heliothrips haemorrhoidalis*. *Frankliniella invasor*. Phytophagous.

Introducción

En México, el cultivo de mango ocupa una superficie de 185.000 ha. A nivel mundial es el primer país exportador con un volumen de 30% de fruta comercializada en el mercado externo (FAO 2009). La producción del país es de 1,5 millones de toneladas anuales y se estima que más de 30.000 familias dependen económicamente del cultivo. En Campeche, México están establecidas 2.000 ha (EMEX 2008). El cultivo en Campeche presenta diferentes problemas fitosanitarios, que afectan la calidad y el rendimiento. En el caso de las plagas, destacan por su importancia, el complejo moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.), y un complejo de trips aún no identificados (Miranda 2001; Hernández *et al.* 2010; Miranda *et al.* 2010). En el caso de los trips, existen evidencias de su importancia económica al afectar severamente la calidad de la fruta. Con su aparato bucal picador-chupador se alimentan de los frutos en desarrollo y producen manchado de la cáscara, coloraciones plateadas, frutos agrietados o partidos,

además de la caída de frutos pequeños (Sánchez 2001; Ávila *et al.* 2005), con disminución del volumen de fruta exportada y rendimientos. Además se generan problemas en el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos en el mercado internacional (Johansen y Mujica 1998, 1999; Frantz y Mellinger 2004). De acuerdo a Hoodle (1999, 2002), a nivel mundial, existe una serie de géneros de trips reportados como asociados al mango, sin embargo en México se tiene poca información sobre ellas. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar las especies de trips presentes en el mango en el Estado de Campeche, México, en la variedad "tommy atkins", su fluctuación poblacional y el nivel de daño causado.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en los años 2009 y 2010, en una huerta comercial de mango establecida con la variedad "tommy atkins", ubicada en la localidad de Castamay, municipio de

¹ Ph. D. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. luisaguirreu@yahoo.com.mx. Autor para correspondencia. ² Dr. Campo Experimental Valle de Apatzingán. INIFAP, km 17, Carr. Apatzingán-Cuatro Caminos, Miranda, México. marioalberto@inifap.gob.mx. ³ Ph. D. Campo experimental Santiago Ixcuintla. INIFAP, km 6,0 Entronque Carretera Internacional-Santiago. urias.marioalfonso@inifap.gob.mx. ⁴ Dr. Campo Experimental Edzná. INIFAP, km 15,5 carr. Campeche-Pocayaxum, México. orona_fermin@yahoo.com.mx. ⁵ Dr. Centro de Investigación Regional del Noreste, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, México. almeida.isidro@inifap.gob.mx. ⁶ Ph. D. UNAM Instituto de Biología. Cd. Universitaria Circuito exterior s/n Del. Coyoacán. México, D.F. C.P. 04510, naime@ibiologia.unam.mx. ⁷ Dr. Campo Experimental Edzná. INIFAP, km 15,5 carr. Campeche-Pocayaxum, México. m_tucuch@yahoo.com.mx.

Tabla 1. Relación de especies de trips presentes en el cultivo de mango en el estado de Campeche. Localidad Castamay. 2009-2010. INIFAP, México.

No.	Parte del árbol	Especie	Hábito
1	Inflorescencias	<i>Frankliniella invasor</i> Sakimura	Fitófago
2	Follaje	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> Bouché	Fitófago
3	Inflorescencias	<i>Scirtothrips perseae</i> Nakuhara	Fitófago
4	Inflorescencias	<i>Scirtothrips hectorgonzalazi</i> Johansen & Mujica	Fitófago

Campeche; 19°50'13,59"N 90°74'57,55"O, temperatura media anual de 27,5 °C, precipitación media de 900 mm y altitud de 31 msnm.

Muestreo y colecta de trips. En follaje, el muestreo de trips se realizó cada 15 días. Para cuantificar la presencia del insecto, en cada huerto se escogieron diez árboles al azar; en cada árbol se seleccionaron y se marcaron diez ramas terminales, orientadas hacia cada punto cardinal. En cada fecha de muestreo, se escogió al azar una hoja por cada rama (diez hojas por árbol), ubicadas en los últimos 20 cm de su extremo; de esta manera se aseguró muestrear hojas maduras y jóvenes. El muestreo de larvas y adultos de trips se realizó revisando en el envés de las hojas directamente en campo.

En inflorescencias, la presencia de trips se registró en cuatro ocasiones durante el periodo de floración en 2008-2009. Para su cuantificación, en cada huerto fueron seleccionados cuatro árboles al azar y se marcaron cuatro ramas por árbol. En cada rama se registró el número de trips alojados en sus respectivas inflorescencias. Cada una de las ramas se sacudió en tres ocasiones sobre una cartulina negra para contabilizar ninfas y adultos que cayeron sobre ella. Se registraron las lecturas diarias de temperatura y precipitación en una estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicada en las inmediaciones del huerto.

Identificación de especies de trips. Ésta se realizó en el Laboratorio de Zoología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México mediante claves taxonómicas de Moulton (1948); Stannard (1968); Johansen-Naime

(1983), Johansen-Naime (1987), Mound y Marullo (1996); Johansen y Mujica (1998); Johansen y Mujica (1999); Johansen (2002) y Soto-Rodríguez y Retana-Salazar (2003).

Daño en fruto. Se realizaron dos evaluaciones de daño en el ciclo 2009, se contabilizó el porcentaje de frutos dañados, en una muestra de 100 frutos; la severidad del daño al fruto, se determinó con la ayuda de una escala visual de 0-100% (Cabrera y Martínez 2001).

Análisis estadístico. Se realizó análisis de χ^2 para detectar diferencias entre las poblaciones de trips colectadas en el follaje y en inflorescencias para cada fecha de muestreo. Se hicieron correlaciones mediante el coeficiente de Pearson entre las variables precipitación y temperatura y poblaciones de trips.

Resultados y discusión

Especies de trips presentes. En la tabla 1 se presentan los datos de las muestras de trips del follaje e inflorescencias. Aunque escasas destaca que las cuatro especies identificadas son fitófagas, lo que nos indica el riesgo que existe de futuras infestaciones por trips de no tomar las medidas de manejo adecuadas. Los resultados difieren en cuanto a las especies importantes reportadas en el Valle de Apatzingán, en el estado de Michoacán, México, donde se ha registrado la presencia de *Gynaikothrips uzeli* (Zimmerman, 1900), *G. ficorum* (Marchal, 1908) *Brezmatothrips* sp. y *Leptothrips pristinus* Johansen, 1987 (Johansen y Mojica 1999; Johansen 2001; Miranda *et al.* 2010). La presencia de algunas de las especies registradas en este estudio coincide con aque-

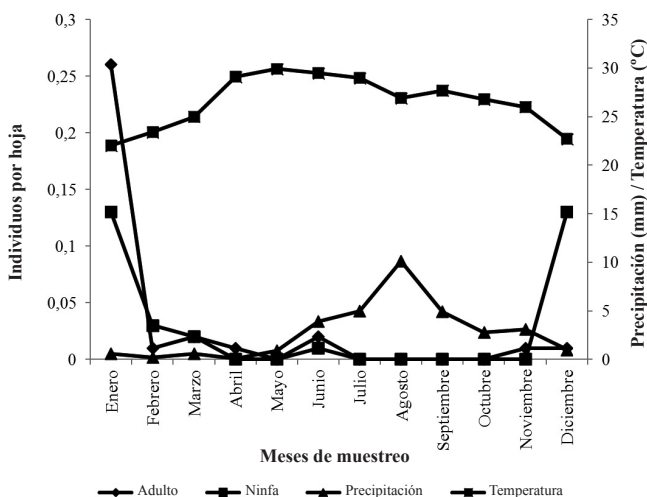
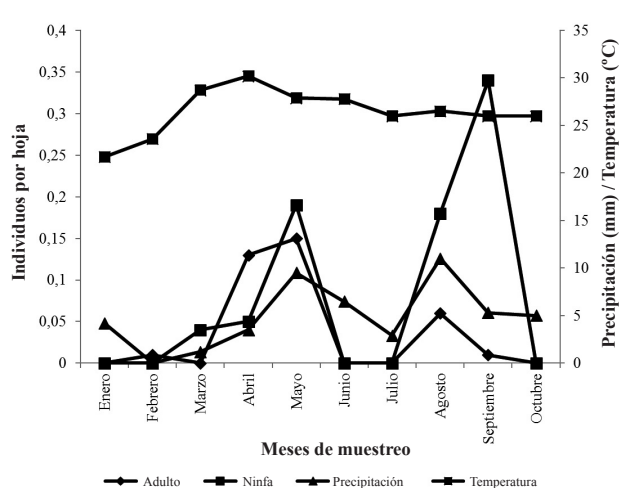
**Figura 1.** Fluctuación poblacional de trips en follaje de mango en 2009 en relación a temperatura y precipitación.**Figura 2.** Fluctuación poblacional de trips en follaje de mango en 2010 en relación con la temperatura y precipitación.

Tabla 2. Valores del coeficiente de Pearson (r) para las poblaciones de ninfas y adultos de trips y dos variables climáticas. Castamay, Campeche, México.

Variable	2009		2010	
	Ninfa	Adulto	Ninfa	Adulto
Precipitación	-0,40339680	-0,283912812	-0,409727223	0,26791911
Temperatura	-0,727678228	-0,53187654	0,521315248	0,46791224

llas presentes en el aguacate (Johansen *et al.* 2007; Cambe-ro-Campos *et al.* 2011), quizá porque las huertas de mango y aguacate en la región de estudio se encuentran ubicadas en áreas comunes.

Fluctuación poblacional del complejo de trips en el follaje. La figura 1 muestra la fluctuación de la población de trips en 2009. Es evidente que fue muy escasa la población de trips tanto de ninfas como de adultos con dos picos de incremento de los adultos en épocas donde existe floración, lo que indica que en este ciclo, de acuerdo a la observado en el presente trabajo, las poblaciones se asocian al alimento, más que a los factores climáticos, lo anterior se comprobó mediante la correlación del coeficiente de Pearson que fue negativa para las variables precipitación y temperatura tanto para ninfas como para adultos (Tabla 2).

En la figura 2 se presenta la fluctuación de la población de trips en 2010. En este ciclo se observó un incremento de la población de ninfas en mayo y septiembre, sin embargo al igual que en 2009 las poblaciones tanto de adultos como de ninfas fueron bajas. La correlación por el coeficiente de Pearson fue muy baja entre las poblaciones con las variables de precipitación y temperatura (Tabla 2), lo que indican nula influencia de las variables climáticas sobre la población del insecto.

En el presente trabajo la prueba de χ^2 no mostró diferencia significativa al 0,05 entre fechas de muestreo y la población de trips tanto en adultos como ninfas en follaje en ninguno de los años de muestreo (Tabla 3), lo que indica que las poblaciones pueden aparecer en cualquier época del año; posiblemente este resultado es consecuencia de las bajas poblaciones observadas, sin embargo es evidente que en los dos años de muestreo, el escaso incremento de las poblaciones se registró en los meses más calientes y secos del año y en la época fenológica de floración, lo que podría marcar cierta tendencia en la fluctuación de la población. Al respecto Miranda *et al.* (2010), mencionan que las bajas poblaciones de trips durante la mayor parte del año coincide con lo reportado por otros autores para otras áreas productoras de mango en México; otros investigadores afirman que las poblaciones de trips en hortalizas y frutales se encuentran en grandes cantidades en un periodo corto de tiempo y que los picos de población varían según la especie (Weeb *et al.* 1970; Salguero-Navas *et al.* 1991; Brodbeck *et al.* 2001).

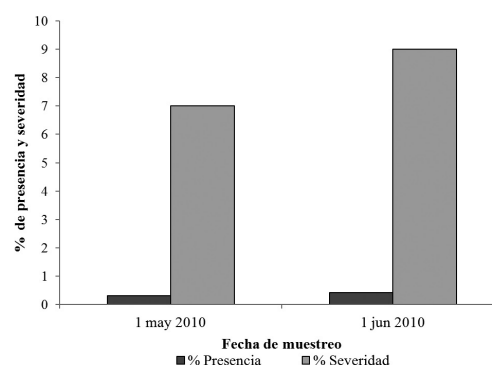
Población de trips en inflorescencias. En la tabla 4 se presenta la población de trips observada en las inflorescencias. La densidad tanto de ninfas como adultos fue estadísticamente diferente entre las fechas de muestreo. Los resultados indican una clara tendencia de predominio de inmaduros sobre los adultos, en las fechas iniciales del muestreo.

Un aspecto no considerado en la fluctuación de poblaciones tanto de ninfas como de adultos en follaje e inflorescencia fue la presencia de chinches del género *Orius* en las huertas de mango. Existen evidencias de que este depredador se encuentra asociado a las poblaciones de trips en una gran variedad de cultivos (Frantz y Mellinger 1990; Báez *et al.* 2004).

Daño por trips. Se observó bajo nivel tanto de presencia como de severidad en frutos de mango en la evaluación hecha en 2010 coincidiendo con las bajas poblaciones de trips observadas. El porcentaje de severidad máximo fue de 9% observado el 15 de junio, prácticamente al corte del fruto y la máxima presencia de daño, con menos de 1% en las dos fechas de muestreo (Fig. 3).

Conclusión

Se observó en bajas poblaciones la presencia de tres especies asociadas al trips en inflorescencia y una en follaje del mango, todas ellas de hábito fitófago, con ligeros incrementos sobre todo en función de la disponibilidad de alimento, y se registró escaso daño en la fruta.

**Figura 3.** Porcentaje de presencia y severidad del daño en frutos de mango por trips.**Tabla 3.** Valores de χ^2 para las poblaciones de trips en 2009 y 2010. Castamay, Campeche, México.

Año	Ninfas		Adultos	
	χ^2 0,05	χ^2 c, 23 g.l.	χ^2 0,05	χ^2 c, 23 g.l.
2009	13,8	0,91	13,8	0,73
2010	13,8	1,05	13,8	0,89

Tabla 4. Valores de las poblaciones de ninfas y adultos de trips en inflorescencias de mango. Análisis de χ^2 . Letras iguales indican que no existe diferencia significativa. Castamay, Campeche, México.

Fecha	Ninfa	Adulto
09/01/2009	129,3a	5,6 ^a
15/01/2009	112,8a	8,4 ^a
26/01/2009	6,2b	91b
09/02/2009	7b	111,8b
χ^2 c. 3 g.l.	207,35	168,47
χ^2 0,05 = 0.4; DMS = 0,05		

Agradecimientos

Al Fondo CONACYT-SAGARPA por el financiamiento otorgado para llevar a cabo el proyecto que dio origen al presente artículo.

Literatura citada

- ÁVILA, G.; TÉLIZ, D.; VAQUERA, H.; GONZÁLEZ, H.; JOHANSEN, R. 2005. Progreso temporal del daño por trips (Insecta: Thysanoptera) en aguacate (*Persea americana* Mill.). *Agronomía* 39 (4): 441-447.
- BAEZ, I.; REITZ, S. R.; FUNDERBURK, J. E. 2004. Predation by *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae) on life stages and species of *Frankliniella* flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in pepper flowers. *Environmental Entomology* 33 (1): 662-670.
- BRODBECK, B. V.; STAVISKY, J.; FUNDERBURK, J. E.; ANDERSEN, P. C.; OLSON, S. M. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomology Experimentalis et Applicata* 99 (2): 165-172.
- CABRERA, I.; MARTÍNEZ, S. 2001. Susceptibilidad a insectos en selecciones y variedades de *Annona muricata* L. y *Persea americana* M. en Puerto Rico. *Agronomía Mesoamericana* 12 (1): 99-104.
- CAMBERO-CAMPOS, J.; JOHANSEN-NAIME, R.; GARCÍA-MARTÍNEZ, O.; CERNA-CHÁVEZ, E.; ROBLES-BERMUDEZ, A.; RETANA-SALAZAR, A. 2011. Species of thrips (Thysanoptera) in avocado orchards in Nayarit, Mexico. *Florida Entomologist* 94 (4): 986.
- EMEX A. C. 2008. Exportación de mango en México. Disponible en: <http://www.mangoemex.org.agricultura>. [Fecha revisión: 10 noviembre 2012].
- FAO. 2009. Estadísticas agrícolas de la FAO. Food and Agricultural Organization. Disponible en: http://faostat.fao.org/faostat/collection_subset=agricultura. [Fecha revisión: 10 noviembre 2012]
- FRANTZ, G.; MELLINGER, H. C. 1990. Flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) collected from vegetables, ornamentals and associated weeds in South Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 103 (1): 134-137.
- FRANTZ, G.; MELLINGER, H. C. 2004. Shifts in western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), population abundance and crop damage. *Florida Entomologist* 92 (1): 20-34.
- HERNÁNDEZ, F. L. M.; URIAS, L. M. A.; LÓPEZ-ARROYO, J. I.; GÓMEZ, R. J. 2010. Atayente y suplementos alimenticios para el incremento de depredadores de escama blanca del mango *Aulocaspia tubercularis* Newstead (Hemiptera: Diaspididae). *Entomología Mexicana* 9 (1): 156-161.
- HOODLE, M. S. 1999. The biology and management of the avocado thrips, *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera: Thripidae). Disponible en www.biocontrol.ucr.edu.avocadorthrips.html. [Fecha revisión: 10 noviembre 2012].
- HOODLE, M. S. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. *Bulletin of Entomological Research* 92: 279-285.
- JOHANSEN-NAIME, R. M. 1983. Nuevos estudios acerca del mimetismo en el género *Frankliniella* Back (Insecta: Thysanoptera) en México. *Anales del Instituto de Biología UNAM. Serie Zoológica* 53: 133-156.
- JOHANSEN-NAIME, R. M. 1987. El género *Leptothrips* Hood, 1909 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en el continente americano. Su sistemática, filogenia, biogeografía, biología, conducta y ecología. *Monografías* 1: 279-285.
- JOHANSEN, R. M.; MUJICA, A. G. 1998. The genus *Scirtothrips* Shull, 1909 (Thysanoptera: Thripidae, Sericotripini) in Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 104 (1): 23-108.
- JOHANSEN, R. M.; MUJICA, A. G. 1999. Thysanoptera. pp. 27-42. En: Deloya, L.; Valenzuela, G. (Eds.). *Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas en México*. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicación Especial.
- JOHANSEN, R. M. 2001. Trips de importancia en la fruticultura en México. pp. 23-32. En: Memoria del XIV Curso Internacional de Actualización Frutícola. "Aspectos fitosanitarios en la fruticultura". Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX S. C. Toantico, México.
- JOHANSEN, R. M. 2002. The mexican *Frankliniella fusca* (Hinds), *F. pallida* (Uzel) and *F. schultzei* (Trybom) species assemblages, in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana* 85: 51-82.
- JOHANSEN, N. R. M.; MUJICA, G. A.; GONZÁLEZ, H. H.; VALLE DE LA PAZ, A. R.; CASTAÑEDA, G. E. L.; ÁVILA, Q. G.; SOSA, T. C. M. 2007. Trips asociados con el aguacate en México. pp. 134-153. En: Téliz, M.; Mora, A. (Eds.). *El aguacate y su manejo integrado*. Mundi Prensa México. México. 321 p.
- MIRANDA, S. M. A. 2001. Principales plagas del mango. XXVII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Uruapan, Mich. México. p. 35.
- MIRANDA, S. M. A.; BRAVO, E. M.; TUCUCH, F. M. 2010. Fluctuación poblacional de trips (Thysanoptera: Thripidae) asociados al mango en Michoacán, Oaxaca y Campeche. *Entomología Mexicana* 9: 363-366.
- MOULTON, D. 1948. The genus *Frankliniella* Karny, with keys for the determination of species (Thysanoptera). *Revista de Entomología* 19: 55-14.
- MOUND, L. A.; MARULLO, R. 1996. The thrips of Central and South America: an introduction (Insecta: Thysanoptera). *Memories on Entomology International* 6: 1-487.
- SALGUERO-NAVAS, V. E.; FUNDERBURK, J. E.; BESHEAR, R. J.; OLSON, S. M.; MACK, T. P. 1991. Seasonal patterns of *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) in tomato flowers. *Journal of Economic Entomology* 84 (1): 1818-1822.
- SÁNCHEZ, M. Y.; GONZÁLEZ, H.; JOHANSEN, R.; GUZMÁN, A.; ANAYA, S. 2001. Trips (Insecta: Thysanoptera) asociados a frutales de los estados de México y Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 40 (2): 169-186.
- STANNARD, L. J. 1968. The thrips, or Thysanoptera, of Illinois. *Bulletin of the Illinois Natural History Survey* 29: 213-552.
- SOTO-RODRÍGUEZ, G. A.; RETANA-SALAZAR, A. P. 2003. Clave ilustrada para los géneros de Thysanoptera y especies de *Frankliniella* presentes en cuatro zonas hortícolas en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27: 55-68.
- WEBB, R. E.; JACKLIN, S. W.; JOHNSON, G. V.; MACKLEY, J. W.; PAUGH, E. J. 1970. Seasonal variation in populations of flower thrips in Georgia, Maryland, and New York. *Journal of Economic Entomology* 63 (2): 1392-1395.

Áfidos y sus parasitoides en sistemas urbanos de producción de hortalizas en Cuba

Aphids and parasitoids in urban systems of vegetables production in Cuba

MARÍA DE LOS ÁNGELES MARTÍNEZ R.^{1,2}, MARGARITA CEBALLOS V.^{1,3}, MORAIMA SURIS C.^{1,3},
LETICIA DUARTE M.^{1,4} y HEYKER BAÑOS D.^{1,4}

Resumen: El conocimiento de la afidofauna local y los parasitoides asociados a estas especies, constituyen el elemento básico para la implementación del control biológico. Con este fin, se desarrollaron en sistemas urbanos, inspecciones quincenales en el periodo de noviembre a abril, de los años 2008, 2009 y 2010, en diferentes hortalizas y otras plantas acompañantes, de las provincias Mayabeque y La Habana. De cada cultivo se tomaron muestras con presencia de diferentes fases del desarrollo de áfidos, las que fueron revisadas diariamente hasta la emergencia de los parasitoides, éstos, al igual que los áfidos, fueron montados en portaobjetos e identificados, según las claves correspondientes. Los áfidos encontrados fueron: *Lipaphis erysimi*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. craccivora*, *A. spiraeicola*, *A. helianthi*, *A. fabae*, *A. nerii*, *Aphis* sp., *Rhopalosiphum maidis* y *Brevicoryne brassicae* en 13 hortalizas y 11 plantas acompañantes; los parasitoides asociados fueron: *Diaeretiella rapae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Aphelinus abdominalis* y los hiperparasitos *Pachyneuron* sp. y *Syrphophagus aphidivorus*. Se hallaron 16 relaciones tritróficas en hortalizas y seis en plantas acompañantes.

Palabras clave: Fitófagos. Relaciones tritróficas.

Abstract: Knowledge on the local aphid fauna and of their associated parasitoids is a key element for the implementation of biological control. With this objective, surveys in urban areas were carried out every two weeks on several vegetables and other associated plants from November to April, in Mayabeque and La Havana provinces from 2008 to 2010. Samples taken from each crop were observed daily until parasitoid emergency. Both aphids and parasitoids were slide-mounted for identification. Aphid species found were: *Lipaphis erysimi*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. craccivora*, *A. spiraeicola*, *A. helianthi*, *A. fabae*, *A. nerii*, *Aphis* sp., *Rhopalosiphum maidis* and *Brevicoryne brassicae*; and the parasitoids species were: *Diaeretiella rapae*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Aphelinus abdominalis*. The hyperparasitoids *Pachyneuron* sp. and *Syrphophagus aphidivorus* were found too. Sixteen tritrophic relations were found in vegetables and six in alternating hosts.

Key words: Phytophagous insects. Tritrophic relations.

Introducción

En Cuba la agricultura urbana es un fuerte movimiento de horticultores con diferentes escalas de producción y cuya prioridad es contribuir a la seguridad alimentaria (Vázquez *et al.* 1995). Estas pequeñas unidades de producción en las zonas urbanas, cuyas áreas no exceden las tres ha, tienen como objetivo, producir hortalizas frescas y condimentos de buena calidad para satisfacer las necesidades de la población, debido al papel que desempeñan en la dieta diaria familiar.

Las producciones provenientes de este sistema, donde se incluyen organopónicos y huertos intensivos, entre otras formas, deben estar libres de sustancias nocivas, no generar contaminantes que pudieran dañar la salud humana o de animales domésticos y, por otra parte, comercializarse directamente, para evitar los costos de transporte y deterioro de los productos (Companioni *et al.* 2001).

Los problemas fitosanitarios más comunes en este sistema, son los causados por insectos, siendo la percepción más generalizada y coincidente de los agricultores, la de que los áfidos (Hemiptera: Aphididae), constituyen, la plaga que más afecta a sus cultivos (Vázquez *et al.* 2005). La incidencia de áfidos en algunas hortalizas está entre 35 y 100% (Cuadra *et al.* 2002), lo que representa un peligro potencial para los rendimientos y la calidad de las cosechas.

Por otra parte, se ha informado que estos fitófagos, causan pérdidas significativas desde el 20 -100% del rendimiento, en cultivos de importancia económica como la papa, maíz, pimiento y hortalizas (Conti *et al.* 1996) y son vectores de virus (especialmente, potyvirus) que les ocasionan enfermedades. Al menos 25 especies de áfidos (Hemiptera: Aphididae) entre los que se encuentran *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) y *Aphis gossypii* (Glover, 1877), transmiten al virus de manera no persistente con gran impacto en la agricultura mundial (Rodríguez *et al.* 2005; Tribodet *et al.* 2005).

En Cuba, existen programas de manejo en los sistemas urbanos de producción agraria, que incluyen prácticas agronómicas como las asociaciones de cultivos, incluyen entre otras y la lucha biológica a través del uso de productos bioplaguicidas y en menor escala, el empleo de artrópodos benéficos (Vázquez *et al.* 1995; INIFAT 2011).

Entre los principales enemigos naturales de los áfidos se encuentran microhimenópteros (Hymenoptera: Braconidae) parasitoides de la subfamilia Aphidiinae, cuyas especies son endoparasitoides específicos y solitarios, con un gran impacto en el control de áfidos (Aslan *et al.* 2004).

En Cuba se ha notificado dentro de los principales entomófagos parasitoides que se manifiestan bajo las condiciones de la agricultura urbana en hortalizas de hoja y de frutos a los braconidos *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) sobre

¹ Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. (CENSA). Autopista Nacional y Carretera de Jamaica Apdo. 10. CP: 32 700. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba. ² Investigador Titular Dr. C. maria@censa.edu.cu. Autor para correspondencia. ³ Investigador auxiliar Dr. C. ⁴ Aspirante Investigador.

Aphis gossypii Glover, 1877 y *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) y *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855) sobre *B. brassicae* (Linnaeus, 1758) (Vázquez *et al.* 1995), siendo esta la única información donde se relaciona al parasitoide con su hospedero.

De ahí la necesidad de ampliar los estudios ecológicos de la fauna local, con el propósito de establecer las relaciones tritróficas, decisivas para implementar el manejo de estos enemigos naturales, en la regulación más eficiente de las poblaciones de áfidos plagas.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en las provincias Mayabeque y La Habana, en áreas pertenecientes al sistema de agricultura urbana, (organopónicos), entre noviembre-abril de los años 2008, 2009 y 2010, donde se desarrollaron inspecciones quincenales en trece cultivos hortícolas (Tabla 1) y plantas acompañantes (i.e. todas aquellas ubicadas dentro y en los alrededores del cultivo que no fueran hortalizas) que forman parte del sistema de cultivo (Tabla 2).

De cada cultivo seleccionado y de sus plantas acompañantes se tomaron hojas de 30 plantas por canteros, con presencia de colonias de áfidos. El número de hojas seleccionadas estuvo acorde al porte de la planta y al desarrollo fenológico de las mismas, y osciló entre 30 y 90 hojas por cada cultivo. En las crucíferas y en la acelga (quenopodiáceas), se tomaron hojas de la zona más externa y baja de la planta; en el pepino (cucurbitáceas) en dependencia del estado de desarrollo, entre una y tres hojas en la guía (basal, zona media y ápice) y en el resto de los cultivos una hoja por cada estrato (inferior, medio y superior) de la planta.

Las muestras se colocaron en bolsas de plásticas previamente identificadas y se trasladaron al laboratorio. Se procedió al conteo total de los áfidos presentes en cada muestra y de cada una, se tomaron cinco ejemplares adultos que se depositaron en viales en alcohol 70% para, posteriormente, proceder a su montaje e identificación, bajo

microscopio óptico Axioscop 40, con aumentos entre 10 y 40x.

Las hojas infestadas, fueron individualizadas, colocadas en pomos y revisadas diariamente hasta la emergencia de los parasitoides adultos, los que se conservaron en viales. Luego se hicieron preparaciones permanentes con bálsamo de Canadá, para su identificación bajo microscopio óptico. Para los áfidos se utilizaron las claves de Holman (1974); Blakman y Eastop (2000) y las de Stary (1981) para los parasitoides. El material estudiado se encuentra depositado en las colecciones del laboratorio de Entomología del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA).

Se calculó la frecuencia de aparición de las especies de áfidos, por la fórmula de Masson y Bryssnt (1974) y se determinó el porcentaje de parasitoidismo, a partir de los datos del conteo de la población de áfidos susceptible a ser parasitada, por muestra recolectada en campo y los individuos en la muestra con síntomas, orificios de emergencia y los emergidos al colocar la muestra en pomos para su observación diaria, hasta los diez días posteriores a su recolecta.

Resultados y discusión

Las especies de áfidos presentes fueron: *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843), *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *A. craccivora* Koch, 1854, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856), *A. fabae* Scopoli, 1763, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758), *A. spiraecola* (Patch, 1914), *A. helianthi* Monell, 1879, *A. nerii* Boyer, 1841 y *Aphis* sp. (Tablas 1 y 2).

En Cuba existen antecedentes del estudio de insectos y ácaros en plantas hortícolas, condimenticias y medicinales, sembradas en organopónicos, donde *A. gossypii* y *M. persicae* se señalan entre las plagas de mayor incidencia en los policultivos evaluados, se ofrecen intervalos de incidencia en el pepino entre 40 y 57%, en habichuela entre 50 y 75% y en rábano entre 35 y 52% para áfidos en general (Cuadra *et al.* 2002), sin embargo, no se especifica a que especies corresponden estos porcentajes notificados.

Tabla 1. Áfidos y parasitoides asociados a cultivos hortícolas de producción orgánica en Cuba.

Nombre científico. Planta hospedante	Nombre vulgar	Especie de áfido	Parasitoides/Hiperparasitos*
<i>Brassica oleraceae</i> L. var. <i>capitata</i>	Col	<i>Lipaphis erysimi</i> (Kalt)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh
<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>italica plenck</i>	Brócoli	<i>Brevicoryne brassicae</i> (L.)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	Coliflor	<i>Myzus persicae</i> (Sulz)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh
<i>Brassicae campestris</i> var. <i>pekinensis</i>	Col china	<i>Lipaphis erysimi</i> (Kalt)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh
<i>Raphanus sativus</i> L.	Rábano	<i>Aphis gossypii</i> Glover <i>Lipaphis erysimi</i> (Kaltenbach)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh, <i>Pachyneuron</i> sp.*
<i>Beta vulgaris</i> L.	Acelga	<i>Lipaphis erysimi</i> (Kaltenbach) <i>Myzus persicae</i> (Sulz)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh <i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman
<i>Solanum melongena</i> L.	Berenjena	<i>Aphis gossypii</i> Glover	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)
<i>Solanum lycopersicum</i> Mill.	Tomate	—	—
<i>Capsicum annuum</i> L.	Pimiento	<i>Aphis gossypii</i> Glover <i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh <i>Syrphophagus aphidivorus</i> (Maur)* <i>Pachyneuron</i> sp.
<i>Cucumis sativus</i> L.	Pepino	<i>Aphis gossypii</i> Glover	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)
<i>Hibiscus esculentus</i> L.	Quimbombó	<i>Aphis spiraecola</i> Patch <i>Aphis gossypii</i> Glover	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)
<i>Daucus carota</i> L.	Zanahoria	—	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh
<i>Vigna unguiculata</i> (L.)	Habichuela	<i>Aphis craccivora</i> Koch	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)

En el presente trabajo *A. gossypii* fue la especie mejor representada, al estar en la mayoría de hortalizas como en las plantas acompañantes, con una frecuencia promedio del 56%, lo que se corresponde con lo señalado por Cuadra *et al.* (2002), en relación con la incidencia. Esta especie fue seguida por *L. erysimi* (55%) con un alto grado de afinidad en crucíferas, *M. persicae* (39%), *A. craccivora* (10%), *B. brassicae* y *A. fabae* (5%) y *A. spiraecola* (2%). Es de destacar que *R. maidis* registró la mayor frecuencia con un 94% y solo se mantuvo en las especies acompañantes, todas Poaceae (*Zea mays* L., *Sorghum* spp. y *Sorghum halepensis* (L.)).

Se registran nuevas plantas hospederas para áfidos: dos para *L. erysimi* (*Brassica campestris* var. *pekinensis*, *Beta vulgaris* L.) y *A. gossypii* (*Capsicum annuum* L., *Brassica campestris* L.) y una para *M. persicae* (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), *A. craccivora* (*Vigna unguiculata* (L.)), *R. maidis* (*Shorgum* spp.), *A. fabae* (*Solanum nigrum* L.), *B. brassicae* (*Brassica oleracea* var. *italica* plenck) y *A. spiraecola* (*Hibiscus esculentus* L.), para un total de diez nuevos registros de plantas hospederas, en sistemas urbanos de producción de hortalizas. El resto de los registros del presente trabajo, coinciden con lo encontrado en Cuba por Holman (1974).

Dentro de los parasitoides de áfidos se halló a: *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880), *Diaeretiella rapae* McIntosh (Tablas 1 y 2), en concordancia con lo planteado por Vázquez *et al.* (2005) y Ceballos *et al.* (2009), quienes adjudican a los dos primeros, como los principales entomófagos en condiciones de agricultura urbana en Cuba y con Stary y Cermeli (1989) quienes señalan que en la franja tropical, es muy típica la interacción áfido-parasitoide, donde la mayoría de las especies de áfidos cuentan con un espectro de pocas especies de parasitoides, en su mayoría olífagos. También fue encontrado *Aphelinus abdominalis* Dalman por primera vez en estos sistemas.

El mayor porcentaje de parasitoidismo, en las hortalizas, lo alcanzó el rábano (*R. sativus*) con 60%, seguido en orden descendente por el pimiento, *C. annuum* (58,7%), la berenjena, *S. melongena* (56,8%), la col china, *B. campestris* var. *pekinensis* (47,2%), la acelga, *B. vulgaris* (40 %), coliflor,

B. oleracea var. *botrytis* (39%), la col, *B. oleracea* L. var. *capitata* (38%) y el pepino, *C. sativus* (17,5 %).

Dentro de las plantas acompañantes, el maíz (*Zea mays*) y el sorgo (*Sorghum* sp.), mostraron los valores más elevados de parasitoidismo por *L. testaceipes* con 60,4% y 38%, respectivamente.

Vázquez *et al.* (2005), informan a *D. rapae* con porcentajes de parasitoidismo del 28% sobre *B. brassicae* y del 56% para *L. testaceipes* sobre *A. gossypii* y 68% sobre *B. brassicae*. De acuerdo con nuestros resultados, hay coincidencia en relación con los porcentajes de parasitoidismo alcanzado por *L. testaceipes* en *A. gossypii*, ya que *B. brassicae* solo fue parasitado por *D. rapae*. Por otra parte, este parasitoide mostró porcentajes de parasitoidismo superiores a lo informado por estos autores, moviéndose en un intervalo entre el 38 y 60%, con preferencia hacia las crucíferas, lo que sugiere, debe tenerse en cuenta para el incremento de sus poblaciones en este grupo de cultivos.

Según Stary *et al.* (2007), la fauna afidoparasítica del continente americano y las regiones adyacentes está formada por un complejo de especies consistente en *Aphidius colemani* (Holiday), *D. rapae* y *L. testaceipes*, las cuales están asociadas con áfidos muy comunes en diferentes, vegetales, malezas, y plantas ornamentales, ya sea en campo abierto o en cultivos urbanos.

En Cuba, sin embargo, aunque existen informes de *Aphidius floridensis* Smith y otras cinco especies del género (Stary, 1981), ningún representante de este grupo fue encontrado en las áreas muestreadas. Al respecto Ceballos *et al.* (2009) recomiendan ejecutar muestreos en otras regiones y cultivos con el propósito de verificar su presencia.

Diaeretiella rapae se encontró asociado a cuatro especies de áfidos en ocho hortalizas, en su gran mayoría crucíferas, lo cual de forma general coincide con lo informado por Stary y Cermeli (1989), con excepción de *A. gossypii*. De igual forma Rodríguez y Bueno (2001), señalan a *A. gossypii* y *M. persicae*, entre los hospedantes más comunes de *D. rapae*.

Los resultados obtenidos por Blande *et al.* (2008), indican que *D. rapae* puede tener una tasa de ataque mayor so-

Tabla 2. Áfidos y parasitoides asociados a plantas acompañantes (barreras y arvenses colindantes) en cultivos hortícolas en Cuba.

Planta hospedante	Nombre vulgar	Especie de áfido	Parasitoides/Hiperparasitos*
<i>Zea mays</i> L. (barrera)	Maíz	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson) <i>Pachyneuron</i> sp.*
<i>Solanum nigrum</i> L. (arvense colindante)	Yerba mora	<i>Aphis fabae</i> Scopoli	—
<i>Boerhavia</i> sp (arvense colindante)	Maleza Tostón	<i>Aphis craccivora</i> Koch <i>Aphis gossypii</i> Glover	<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh <i>Pachyneuron</i> sp.*
<i>Brassica campestris</i> L. (barrera)	Mostaza	<i>A. gossypii</i> Glover <i>Brevicoryne brassicae</i> (L.)	—
<i>Helianthus annuus</i> L. (barrera)	Girasol	<i>Aphis helianthi</i> (Monell)	—
<i>Sorghum halepensis</i> (L.) (arvense colindante)	Don Carlos	<i>R. maidis</i> (Fitch)	<i>L. testaceipes</i> (Cresson)
<i>Tajete</i> sp. (barrera)	Marigol	<i>A. gossypii</i> Glover	—
<i>Mentha sativa</i> L. (colindante)	Yerba buena	<i>A. gossypii</i> Glover	—
<i>Shorgum</i> spp (barrera)	Sorgo	<i>R. maidis</i> (Fitch)	<i>L. testaceipes</i> (Cresson)
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) (colindante)	Piñón florido	<i>Aphis</i> sp.	—
<i>Nerium oleander</i> L. (colindante)	Adelfa	<i>Aphis nerii</i> Boyer de Fonscolombe	<i>L. testaceipes</i> (Cresson)

bre *L. erysimi*, áfido especialista, que sobre el generalista *M. persicae*, ya que produce una descendencia mayor sobre la primera especie, lo que hace que esta característica deba ser tenida en cuenta a la hora de la selección de la especie para el manejo.

La relación entre estos artrópodos herbívoros y sus parasitoides está fuertemente influida por la planta hospedante, de forma que la eficacia del control biológico depende en buena parte de estas relaciones tritróficas. Así mismo, es probable que la afinidad de estas especies de parasitoides hacia estas especies de áfidos, pueda estar dada por la emisión de sustancias volátiles, que emiten las plantas cuando los fitófagos ejercen presión sobre ellas y que, en ocasiones, actúan como señales de alerta o llamado para estos enemigos naturales, y que está acorde con los criterios de Tentelier y Fauvergue (2007).

Por otra parte, la distribución agregada que exhiben estos herbívoros en las plantas, unido a la posible emisión de compuestos volátiles, hacen que se refuerce la atracción química de estos parasitoides, incrementando el papel que desempeña esta asociación en el mecanismo de “defensa indirecta” de la planta, citado en más de 15 especies vegetales (fabáceas, brasicáceas, cucurbitáceas, rosáceas, malváceas y poáceas) (Dicke *et al.* 1990; Colazza *et al.* 2003).

En cuanto a *L. testaceipes* se asoció con *A. gossypii*, *A. spiraeicola* y *A. craccivora* en berenjena, pepino, quimbombó y habichuela, mientras que *A. abdominalis* solo fue hallado sobre *M. persicae* en acelga.

Por otra parte, en las plantas acompañantes, dentro del sistema de producción de hortalizas, se encontraron diferentes especies de áfidos y parasitoides asociados (Tabla 2). En el sistema urbano la especie que predominó fue *Boerhavia* sp., planta acompañante (maleza), donde se encontraron *A. gossypii* y *A. craccivora* parasitadas por *D. rapae* (Tabla 2). Aunque en las restantes plantas no se hallaron parasitoides, si estuvieron presentes especies de áfidos comunes que constituyen reservorios potenciales de estos enemigos naturales.

Se señala que el conocimiento de la vegetación adyacente a los cultivos, podría ser reservorio de insectos entomófagos que contribuyan al control de fitófagos (López *et al.* 2003; Bertolaccini *et al.* 2004) y puede resultar de vital importancia para el manejo efectivo de la afidofauna presente en un agroecosistema y contribuir a la conservación de la biodiversidad a través de la abundancia y riqueza de especies y organismos de los niveles tróficos más altos (Norris y Kogan 2000).

En Cuba se manejan reservorios de biorreguladores en sistemas de cultivos en organopónicos, huertos intensivos y fincas convencionales, por productores urbanos que han logrado buenos resultados con especies como *L. testaceipes* regulando áfidos en habichuela y quimbombó (Vázquez *et al.* 2007).

Se encontró un grupo de hiperparasitoides (Tablas 1 y 2) los cuales se identificaron como *Pachyneuron* sp. (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae) y *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr). (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae), siendo el de mayor frecuencia, aunque a densidades no elevadas en este estudio *Pachyneuron* sp., un género registrado en la literatura en asociaciones áfidos-parasitoides (Resende *et al.* 2006).

Los hiperparasitoides de áfidos informados para Cuba son *Gastrancistus* sp., *Psyllaephagus* sp. (Rivero *et al.* 1998),

Pachyneuron sp., *S. aphidivorus* y *Dendrocerus* sp. (Portuondo y Fernández 2004). La alta incidencia de hiperparasitoides en asociaciones plantas-áfidos-parasitoides es reconocida y actualmente es objeto de numerosos estudios, ya que tienen atributos biológicos específicos que les permiten explotar los recursos (Brodeur 2000), afectando el comportamiento de los organismos que interactúan a través de los tres niveles tróficos (Harvey *et al.* 2003), no obstante según Kavallieratos *et al.* (2004), no necesariamente influyen negativamente en el impacto de los parasitoides sobre la densidad de los fitófagos, si los mismos se encuentran a densidades no significativas.

El número de relaciones tritróficas encontradas para los cultivos hortícolas fue de 16, mientras que para el resto de las plantas acompañantes fue de seis (Tablas 1 y 2). Al respecto diversos autores han señalado que las relaciones tritróficas han sido objeto de estudio en numerosas regiones del mundo, sirviendo de gran utilidad para la toma de decisiones en el control (Tomanovic *et al.* 2003; Aslan *et al.* 2004; Kavallieratos *et al.* 2005; Andorno *et al.* 2007).

Los resultados alcanzados en el presente estudio, actualizan el conocimiento de la afidofauna y sus hospederos, en este sistema de producción de hortalizas, lo que facilitará el proceso de toma de decisiones en cuanto al uso de los enemigos naturales para regular las poblaciones de estos fitófagos.

Es importante destacar que el empleo de las plantas acompañantes dentro de los cultivos, como el maíz y el sorgo, fueron capaces de mantener poblaciones de parasitoides sobre áfidos que no son dañinos a los cultivos, por lo que deben ser consideradas como reservorios potenciales de estos insectos benéficos.

Conclusiones

Basados en los resultados del presente estudio es posible proponer un sistema tritrófico constituido por el sorgo como planta hospedera y *Rhopalosiphum maidis* como huésped alternativo del parasitoide *L. testaceipes*, enemigo natural del áfido plaga, *Aphis gossypii*, especie mejor representada en este sistema de cultivo.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a Mario Cermeli, investigador jubilado del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Maracay, Estado de Aragua, Venezuela, por la valiosa colaboración brindada en la identificación y ratificación de ejemplares de áfidos colectados en diferentes escenarios agrícolas dedicados a la producción de hortalizas en Cuba. También deseamos agradecer a los evaluadores que revisaron minuciosamente el presente trabajo.

Literatura citada

- ANDORNO, A. V.; LÓPEZ, S. N.; BOTTO, E. N. 2007. Asociaciones áfido-parasitoide (Hemiptera: Aphididae; Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) en cultivos hortícolas orgánicos en Los Cardales, Buenos Aires, Argentina. Revista Sociedad Entomológica de Argentina 66 (1-2): 171-175.
- ASLAN, M. M.; UYGUN N.; STARY, P. 2004. A survey of aphid parasitoids in Kahramanmaraş, Turkey (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae; and Hymenoptera: Aphelinidae). Revista Phytoparasitica 32 (3): 255-263.
- BERTOLACCINI, I.; NUÑEZ E.; PÉREZ, Y.; TIZADO, E. J. 2004. Plantas hospedadoras alternativas de áfidos plaga de cultivos de

- leguminosas, sus parasitoides e hiperparasitoides en la provincia de León (España). Boletín Asociación Española de Entomología 28 (3-4): 33-47.
- BLAKMAN, R. L.; EASTOP, B. F. 2000. Aphids on the world's crops and identification and information guide. Journal Wiley and Sons Ltd, editores. Chichester, Reino Unido. 466 p.
- BLANDE, J. D.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M. 2008. Host foraging for differentially adapted brassica-feeding aphids by the braconid parasitoid *Diaeretiella rapae*. Plant Signalling and Behaviour 3 (8): 580-582.
- BRODEUR, J. 2000. Host specificity and trophic relationships of hyperparasitoids. pp. 163-183. En: Hochberg, M. E.; Ives, A. R. (Eds.). Parasitoid population biology. Princeton University Press. 384 p.
- CEBALLOS, M.; MARTÍNEZ, M. A.; DUARTE, L.; LELLANI, H.; SÁNCHEZ, A. 2009. Asociación áfidos-parasitoides en cultivos hortícolas. Revista de Protección Vegetal 24 (3): 180-183.
- COLAZZA, S.; FUCARINO, A.; PERI, E.; SALERNO, G.; CONTI, E.; BIN, F. 2003. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. Journal of Experimental Biology 207: 47-53.
- COMPANIONI, N.; OJEDA, Y.; PÁEZ, E.; MURPHY, C. 2001. La agricultura urbana en Cuba. pp. 93-109. En: Funes, F.; García, L.; Bourque, M.; Pérez, N.; Rosset, P. (Eds.). Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. ACTAF. Ciudad de La Habana. Cuba. 286 p.
- CONTI, M.; GALLITELLI, D.; LISA, V.; LOUISOLO, O.; MARTELLI, G. P.; RAGOZZINO, A.; RANA, G. L.; VOVLAS, C. 1996. Principali virus delle piante ortive. Ediciones Bayer S.p.A. 141-145.
- CUADRA, R.; CRUZ, X.; ZAYAS, M. Á.; GONZÁLEZ, Y. N. 2002. Incidencia de plagas en policultivos de organopónicos. I. Insectos y ácaros. Revista de Protección Vegetal 17 (1): 1-5.
- DICKE, M.; BEEK, T. A.; POSTHUMUS, M. A.; BEN DOM, N.; BOKHOVEN, V. H.; GROOT, A. E. 1990. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions. Involvement of host plant in its production. Journal of Chemical Ecology 16: 381-396.
- HARVEY, J. A.; VAN DAM, N. M.; GOLS, R. 2003. Interactions over four trophic levels: food plant quality affects development of a hyperparasitoid as mediated through a herbivore and its primary parasitoid. Journal of Animal Ecology 72: 520-531.
- HOLMAN, J. 1974. Los áfidos de Cuba. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 296 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES EN AGRICULTURA TROPICAL (INIFAT). 2011. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Séptima Edición. Ediciones Caribe. Cuba. 205 p.
- KAVALLIERATOS, N. G.; STATHAS, G. J.; TOMANOVIĆ, F. 2004. Seasonal abundance of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) and predators (Coleoptera: Coccinellidae) of aphids infesting citrus in Greece. Biologia Bratislava 59 (2): 191-196.
- KAVALLIERATOS, N. G.; TOMANOVIĆ, Z.; ATHANASSIOU, C. G.; STARÝ, P.; ŽIKIĆ, V.; SARLIS, G. P.; FASSEAS, C. 2005. Aphid parasitoids infesting cotton, citrus, tobacco, and cereal crops in southeastern Europe: aphid-plant associations and keys. Canadian Entomology 137: 516-531.
- LÓPEZ, O.; SALTO, C.; LUISELLI, S. 2003. *Foeniculum vulgare* Miller como hospedera de pulgones y sus enemigos naturales en otoño. FAVE Ciencias Agrarias 2 (1): 19-29.
- MASSON, A.; BRYSSANT, S. 1974. The structure and diversity of the animal communities in a broad land reeds warp. Journal of Zoology 172: 289-302.
- NORRIS, R.; KOGAN, M. 2000. Interactions between weeds, arthropod pest and their natural enemies in managed ecosystems. Weed Science 48 (1): 94-158.
- PORTUONDO, F. E.; FERNÁNDEZ, T. J. L. 2004. Biodiversidad del orden Hymenoptera en los macizos montañosos de Cuba oriental. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 35: 121-136.
- RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. 2006. Primeiro registro de *Lipaphis pseudobrassiccae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e sua associação com insetos predadores, parasitoides e formigas em couve (Cruciferae) no Brasil. Neotropical Entomology 35: 551-555.
- RIVERO, A. A.; CABALLERO F. S.; GRILLO, H. R. 1998. *Gas-trancistrus* sp. y *Psylaeaphagus* sp. como parásitos secundarios del áfido *Lipaphis erysimi* Kalt, a través de *Diaeretiella rapae* McIntosh. Centro Agrícola 25 (1): 8-12.
- RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, VANDA H. P. 2001. Parasitism Rates of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Aphidiidae) on *Schizaphis graminum* (Rond.) and *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae). Neotropical Entomology 30 (4): 625-629.
- RODRÍGUEZ, Y.; DEPESTRE, T.; VÁZQUEZ, M. R. 2005. Los potyvirus en el pimiento. Revista Temas (México) pp. 55-71.
- ROSNER, A.; LACHMA, A.; PEARLSMAN, M.; MASLENIN, L.; ANTIGNUS, Y. 2000. Molecular characterisation and differential diagnosis of necrotic PVY isolate in tomato. Annals of Applied Biology 137: 253-257.
- STARÝ, P. 1981. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae) of Cuba. Acta Entomológica Bohemoslovaca 78: 33-42.
- STARÝ, P.; CERMELI, M. 1989. Parasitoides (Hymenoptera, Aphidiidae) de áfidos en plantas cultivadas de Venezuela. Boletín Entomología Venezolana 5 (10): 77-80.
- STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. 2007. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their association related to biological control in Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 5 (1): 107-118.
- TENTELIER, C.; FAUVERGUE, X. 2007. Herbivore-induced plant volatiles as cues for habitat assessment by a foraging parasitoid. Journal of Animal Ecology 76: 1-8.
- TOMANOVIĆ, Z.; KAVALLIERATOS, N. G.; STARÝ, P.; ATHANASSIOU, C. G.; ŽIKIĆ, V.; PETROVIC-OBRAĐOVIC, O.; SARLIS, G. P. 2003. *Aphidius* Nees aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key. Acta Entomológica Serbica 8 (1/2): 15-39.
- TRIBODET, M.; GLAIS, L.; KERLAN, C.; JACQUOT, E. 2005. Characterization of potato virus Y (PVY) molecular determinants involved in the vein necrosis symptom induced by PVY^N isolates in infected *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi. Journal Genetic Virology 86: 2101-2105.
- VÁZQUEZ, L.; BERNAL, B.; FERNÁNDEZ, E. 1995. El manejo integrado de plagas: Una alternativa de la agricultura urbana. Revista Agricultura Orgánica 1 (3): 17-19.
- VÁZQUEZ, L.; FERNÁNDEZ, E.; RICO, J. T.; GARCÍA, T. A.; SIMONETTI, J. R.; MARTÍNEZ, O. 2005. Manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana (MAPFAU). Resultados del proyecto: Diagnóstico de la problemática fitosanitaria y generación de programas de Manejo Agroecológico de Plagas en diferentes sistemas urbanos de producción agraria en Ciudad de la Habana. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal y la Delegación del Ministerio de la Agricultura en la provincia Ciudad de la Habana.
- VÁZQUEZ, L.; FERNÁNDEZ, E.; ALFONSO, J. 2007. Manejo de reservorios de entomófagos por agricultores urbanos en Ciudad de la Habana. Resumen. Taller Internacional "Producción y manejo agroecológico de artrópodos benéficos". MINAG. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, 15-18 Mayo.

Basal and induced thermotolerance to heat shocks in *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae)

Termotolerancia basal e inducida a choques térmicos en *Bemisia tabaci* biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)

VANESSA MUÑOZ-VALENCIA^{1,2*}, FERNANDO DÍAZ-GONZÁLEZ^{1,3*}, MARÍA DEL ROSARIO MANZANO-MARTÍNEZ^{1,4}, NELSON TORO-PEREA^{1,5} and HEIBER CÁRDENAS-HENAO^{1,6}

Abstract: The whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) is a key agricultural pest and virus vector in diverse crops throughout the world. It is distributed in warm environments with short periods of extreme temperatures, suggesting mechanisms to adapt and expand to new areas. The aim of this study was to determine how temperature affects fitness of *B. tabaci*, particularly during short periods of stressful high temperatures. Thermotolerance curves were constructed at different one-hour heat shocks (37, 39, 41, 43, 44, 45 °C and a control at 25 °C), measuring its effect on three life history traits involved in fitness: survival, fecundity and viability. Then, temperatures were selected to establish an induced thermotolerance or hardening treatment (40 °C/1h, 25 °C/1h and 45 °C/1h) to compare with the basal thermotolerance (45 °C/1h). The heat shocks significantly affected *B. tabaci* survival between 41 °C (82.5%) and 45 °C (2.7%). Fecundity was only affected significantly at 45 °C without oviposition. Viability diminished significantly at 44 °C (67%). Thermal hardening increased survival from 2.73% (45 °C/1h) to 10% in males and 33% in females; although it was significantly higher in females, only. These results show high thermotolerance of *B. tabaci* to heat shocks, evidencing plasticity of the species to survive a broad range of temperatures (≥ 25 °C), which contributes to explaining the expansion of biotype B distribution in areas and seasons with extreme high temperatures.

Key words: Heat shocks. *Bemisia tabaci* biotype B. Survival. Fecundity. Viability.

Resumen: La mosca blanca, *Bemisia tabaci* biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) es plaga agrícola clave y vector de virus en diversos cultivos alrededor del mundo. Se distribuye en ambientes cálidos con periodos cortos de temperaturas extremas, lo cual evidencia mecanismos para adaptarse y expandirse a nuevas zonas. El objetivo de este estudio fue determinar como la temperatura afecta el "fitness" de *B. tabaci*, particularmente en periodos cortos de temperaturas altas estresantes. Se construyó una curva de termotolerancia a diferentes choques térmicos de 1 hora (37, 39, 41, 43, 44, 45 °C y control a 25 °C), midiendo su efecto sobre tres características de historia de vida implicadas en el "fitness": supervivencia, fecundidad y viabilidad. Luego, se escogieron las temperaturas para establecer un tratamiento de termotolerancia inducida o acondicionamiento térmico (40 °C/1h, 25 °C/1h y 45 °C/1h), que fue comparado con la termotolerancia basal (45 °C/1h). Los choques térmicos afectaron significativamente la supervivencia de *B. tabaci* entre 41 °C (82,5%) y 45 °C (2,7%). La fecundidad solo fue afectada significativamente a 45 °C, sin oviposición. La viabilidad disminuyó significativamente a 44 °C (67%). El acondicionamiento térmico aumentó la supervivencia desde 2,73% (45 °C/1h) hasta 10% en machos y 33% en hembras, aunque este aumento solo fue significativo en las hembras. Estos resultados muestran una alta termotolerancia de *B. tabaci* a los choques térmicos, evidenciando la plasticidad de la especie para sobrevivir a un amplio rango de temperaturas (≥ 25 °C), lo cual contribuye a explicar la expansión de la distribución del biotipo B en áreas y estaciones con periodos de temperaturas altas extremas.

Palabras clave: Choques térmicos. *Bemisia tabaci* biotipo B. Supervivencia. Fecundidad. Viabilidad.

Introduction

To a great extent, temperature defines the abundance and geographic distribution of species, given that each is developed within a defined thermal spectrum where it is able to survive and leave offspring (Laayouni *et al.* 2007; Leather *et al.* 1993). For ectotherm organisms like insects the environmental temperature plays a vital role in survival and reproductive success (fitness), given that body temperature depends largely on the environmental temperature (Hoffmann *et al.* 2003). Thus, short or periodic exposure to extreme temperatures rapidly induces physiological and biochemical responses and behaviors with important evolutionary implications to maintain their populations (Hoffmann and Parsons 1991).

Thermal tolerance or thermotolerance has been defined as an organism's ability and of its cell structures to withstand (survive) destructive heat stress exceeding the range of optimal temperature for its development (Riabowol *et al.* 1988;

Solomon *et al.* 1991; Lee *et al.* 1993; Parsell and Lindquist 1993; Krebs 1999). Experimentally, it may be measured in two ways: basal thermotolerance and induced thermotolerance. Basal thermotolerance is defined in terms of the response of a trait related to fitness to direct exposure for a short period of time (measured in hours or minutes) at a high stressful temperature (Lee *et al.* 1993; Krebs 1999; Sorensen *et al.* 2001); while induced thermotolerance, is defined as the increase of thermotolerance after a pre-treatment at high, sub-lethal temperatures or heat hardening, *i.e.*, the organisms are conditioned exhibiting a transient capacity to survive the heat shock, which would kill most unconditioned cells or organisms (Boon-Niermeijer *et al.* 1986; Elliot *et al.* 1996; Krebs and Loeschcke 1996; Krebs and Feder 1997; Krebs 1999; Lansing *et al.* 2000).

The ability of insects to withstand heat is one of the fundamental mechanisms of their invasive trait, which could be the case of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype

¹ Universidad del Valle, Cali, Colombia. ² B. Sc., Masters student, vanem28@gmail.com. ³ B. Sc., Ph. D. candidate, ferdiazfer@gmail.com. Corresponding autor. ⁴ Ph. D., Professor, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Palmira, Colombia. mrmanzanom@unal.edu.co. ⁵ Ph. D., Professor. nelstoro@univalle.edu.co. ⁶ M. Sc., Professor. hecarden@yahoo.es. * Contributed equally.

B (Hemiptera: Aleyrodidae), which is highly thermotolerant. This species is one of the invasive pest insects and most important and destructive virus vectors affecting agriculture throughout the world. Besides the direct damage produced by nymphs and adults when feeding, indirect damages occur when they are Begomovirus vectors (Cock 1993; Naranjo *et al.* 2004) and upon excreting a molasses that aids in the development of sooty mold (Cuellar and Morales 2006). *B. tabaci* is highly polyphagous and feeds from over 600 plant species (Secker *et al.* 1998; Cuellar and Morales 2006); it has a high reproductive rate, great capacity to dispersion and resistance to various insecticides (Naranjo *et al.* 2004).

This pest survives and reproduces successfully in zones with extreme thermal characteristics (Oliveira *et al.* 2001). *B. tabaci* can increase its population size during the summer, when temperature frequently exceeds 42 °C and relative humidity is around 10%. Cui *et al.* (2008) found that thermotolerance in *B. tabaci* is much greater compared to other white flies like *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). These authors also found that the survival rate of females and males of *B. tabaci* biotype B can be affected at temperatures between 41 and 45 °C, with significantly higher survivals for females, while none of the extreme temperatures influenced fecundity (Cui *et al.* 2008).

In Colombia, the biotype B of *B. tabaci* was not an important pest and it was reported in 1997 restricted between 0 and 890 masl (Quintero *et al.* 2001). However, as a consequence of a prolonged dry period, between 1997 and 2003, this insect expanded its geographic distribution in altitude and latitude manner, colonizing new habitats and displacing the biotype A from its habitat in Valle del Cauca (Colombia); these populations of *B. tabaci* promoted more aggressive attacks on diverse hosts, physiological disorder on the maturity of tomato fruit, and virus transmission symptoms (Rodríguez *et al.* 2005; Cuellar and Morales 2006). This expansion may be due to transport of the whitefly by man (Byrne *et al.* 1990) or to its capacity to adapt to high temperatures (Blackman and Cahill 1998).

Contribution of new knowledge on thermotolerance in this insect is necessary to understand more about its behavior and high capacity to disseminate, permitting more adjusted predictions on the variation of its spatial distribution (Blackman and Cahill 1998), and possible areas of expansion of Begomovirus in vegetables in Colombian populations. For this reason, the aim of this study was to determine how temperature affects fitness of *B. tabaci*, particularly during short periods of high stressful temperatures or heat shocks, in one population of species with distribution in Colombia (Rozo-Valle del Cauca). For this, a thermotolerance curve was constructed using a gradient of extreme temperatures, and specifically recording the effects of the heat shocks on survival, fecundity, and viability in this species. In addition, two stress temperatures were selected from the thermotolerance curve to determine if fitness of this insect under induced thermotolerance is greater than in basal thermotolerance. This difference has been broadly proven in model insects like *Drosophila melanogaster* (Feder *et al.* 1996; Krebs and Feder 1997; Dahlgaard *et al.* 1998), given that it is assumed that under conditions of induced thermotolerance, individuals conditioned before the stress exhibit greater transient capacity to survive the heat shock, which would kill most of the unconditioned individuals (basal thermotolerance).

Materials and methods

Collection of insects. Fourth instar nymphs (red-eyed nymphs) of *B. tabaci* were gathered on string bean leaves and leaflets of *Phaseolus vulgaris* (Linneo), melon *Cucumis melo* (Linneo), eggplant *Solanum melongena* (Linneo), tomato *Solanum lycopersicum* (Linneo), and pumpkin *Cucurbita maxima* (Duchesne) in Rozo, Valle del Cauca-Colombia with a altitude between 950 and 1,050 masl (3°37'33.9"N 76°24'41.5"W, annual average temperature: 25°C and annual average RH: 70%).

Breeding of *B. tabaci* biotype B. With the individuals collected in the field, breeding of *B. tabaci* biotype B was established on bean plants *Phaseolus vulgaris* ICA-Pijao variety, under controlled conditions of temperature, humidity and photoperiod (25 °C, RH: 65% on average during the day and 12 hours of light/day). The ICA-Pijao variety was chosen because of its tolerance to laboratory conditions.

Molecular identification of *Bemisia tabaci* biotype B. The DNA extraction was performed from modifications to the method described by De Barro and Driver (1997). For this, individual whiteflies were homogenized in 20 µl of lysis buffer (50 mM KCl, 10 mM Tris pH 8.4, 0.45% Tween 20, 0.45% Triton X-100, 0.5 mg/ml Proteinase K). Thereafter, each sample was incubated at 65 °C for 20 minutes and then at 90 °C for 10 minutes. Lastly, 40 µl of ultra-pure water was added, completing a 60-µl final volume. The samples were conserved at -20 °C. Identification of *B. tabaci* individuals collected as biotype B was done by using RAPD molecular markers, OPA 04 primer according to Quintero *et al.* (1998). The RAPD obtained were compared to those of the *B. tabaci* biotype B and *T. vaporariorum* rearing in the International Center for Tropical Agriculture (CIAT, for the name in Spanish).

Thermotolerance curve. Heat shocks were conducted on adults between 1-24 hours after emerging, by following the method proposed by Cui *et al.* (2008). According this method, we use seven different temperatures (25, 37, 39, 41, 43, 44, and 45 °C) in a climatic chamber (Sanyo, MLR 351H), using 25 °C as control temperature and 65% constant relative humidity. The duration of the heat shocks was 1 hour, sufficient time to cause important changes on the life history traits related to fitness in *B. tabaci* evaluated in this study: survival, fecundity, and viability (Cui *et al.* 2008). For each of these variables a thermotolerance curve was constructed.

Survival. Experimental units of 10 adults per sex (10 females and 10 males) were employed individualized in 0.2-ml vials, permitting free passage of humidity before being subjected to each heat shock. Immediately after the heat shock, the individuals were placed at 25 °C for 3 hours to permit their recovery. Thereafter, the number of adults recovered was counted, considering as dead those individuals that did not move their appendages when stimulated by striking the test tubes (Cui *et al.* 2008). The number of experimental units varied between 6 and 12 according to the temperature treatment.

Fecundity of females. Fecundity was evaluated in the surviving individuals, three hours after having been subjected to

each heat shock. Couples of *B. tabaci* were placed in clamp cages (1 cm³) on the underside of bean leaves (*Ph. vulgaris* ICA- Pijao) at room temperature (25 °C). Five days later, the couples were removed and the number of eggs per leaflet was counted. Not all flies survived the five day period, and in that case time to death after heat shock (in days) was recorded. From 7 to 12 replicates were conducted per temperature treatment.

Egg-nymph viability of the offspring. This experiment determined the percentage of nymphs emerging from groups of 20 eggs oviposited by the all females during fecundity tests. The nymphs were counted 17 days after the oviposition and between 10 and 17 replicates were made per temperature treatment.

Comparison between basal and induced thermotolerance.

Induced thermotolerance measures the increase in the thermotolerance after a pre-treatment at high sub-lethal temperatures or heat hardening, prior to exposure of the organisms to a stressful high temperature for the species that would normally cause a very low survival rate (Krebs 1999). To measure this thermotolerance and permit its comparison to the *basal thermotolerance* after direct heat shocks on the thermotolerance curve, it was necessary to determine two types of temperatures; T₁: a sub-lethal temperature, that is, the highest temperature from which no significant effects on survival are noted; and T₂: a stressful temperature of very low survival, close to 0%. According to these criteria, the induced thermotolerance treatment was conducted with a pre-treatment of the individuals at T₁/1h, then at 25 °C/1h, which is known as the acclimation period (Parsell and Lindquist 1993), and – finally – these were exposed at T₂/1h (heat shock). The life history traits associated to fitness like survival, fecundity, and viability were measured in the same manner as for the thermotolerance curve. These results were compared to the basal thermotolerance corresponding to the direct heat shock in T₂ obtained in the thermotolerance curve.

Statistical analysis. Before performing the analyses of variance, the assumptions of homogeneity of variances and data normality were evaluated, and data corresponding to the comparison of survival in basal and induced thermotolerance were transformed via arcsine transformation to comply with the mentioned assumptions.

Survival after heat shocks was analyzed via two-way ANOVA, using survival as dependent variable and temperature and sex of the individuals as categorical variables. For

each of the fecundity and viability traits a one-way ANOVA was performed, employing fecundity or viability as dependent variable, and temperature as categorical variable. All the analyses were carried out by using the STATISTICA® 8.0 (StatSoft 2007) statistical package.

Results

Identification of *B. tabaci* biotype B. According to the polymorphism obtained through RAPD, using the OPA04 primer (Quintero *et al.*, 1998) it was possible to corroborate that the samples brought from the field and selected in the laboratory were *B. tabaci* species biotype B (data not shown).

Thermotolerance curve: Survival. The differences were significant among temperatures of heat shock (F = 82.11; df = 6; P < 0.001, Table 1), but not between sexes (F = 0.32; df = 1; P = 0.57, Table 1). No temperature*sex interaction effect was noted (F = 1.49; df = 6; P = 0.19, Table 1). Survival diminished with increased temperature, from 98.33% in the control at 25 °C to 2.73% at 45 °C (Fig. 1A). The highest survival percentage obtained for *B. tabaci* adults was at temperatures at 25, 37 and 39 °C, with a survival rate above 90% (Fig. 1A). As of 41 °C, the survival rate began to show significant differences regarding the control temperature (Fig. 1A), going from 70.83 to 2.73% for temperatures of 44 and 45 °C, respectively.

Fecundity of females. Fecundity was significantly different among temperatures of heat shock (F = 16.54; df = 6; P < 0.001, Table 1). It was found that these differences were mainly due to the 45 °C treatment, where fecundity was of zero eggs (Fig. 1B). Fecundity varied between 41.33 eggs per female at 25 °C, and 33.78 eggs per female at 44 °C, with a peak of 47.37 eggs per female at 41 °C (Fig. 1B); although this variation was not statistically significant.

Egg-nymph viability of the offspring. Viability was significantly different among temperatures of heat shock (F = 9.16; df = 5; P < 0.001, Table 1). It was found that these differences were mainly given by the treatment at 44 °C, where viability was 67% (Fig. 1C). Viability varied between 80% at 25 °C, and 86.25% at 43 °C, with a peak of 87.50% at 37 °C (Fig. 1C), although this variation was not statistically significant (Table 2). Because fecundity at 45 °C was zero (Fig. 1C), it was not possible to record viability data at this temperature.

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) for survival, fecundity, and viability traits of *B. tabaci* exposed to seven heat shock treatments (data transformed via arcsine transformation).

Source of variation	Survival			Fecundity			Viability		
	D.F.	M.S.	P	D.F.	M.S.	P	D.F.	M.S.	P
Temperature	6	4.40	<0.001***	6	2679.74	<0.001***	5	722.9	<0.001***
Sex	1	0.02	0.57	NA			NA		
Temp. * Sex	6	0.08	0.19	NA			NA		
Error	92	4.58		60	161.98		72	78.9	
Total	105			66			77		

* Significance: P < 0.050. ** Significance: P < 0.010. *** Significance: P < 0.001.

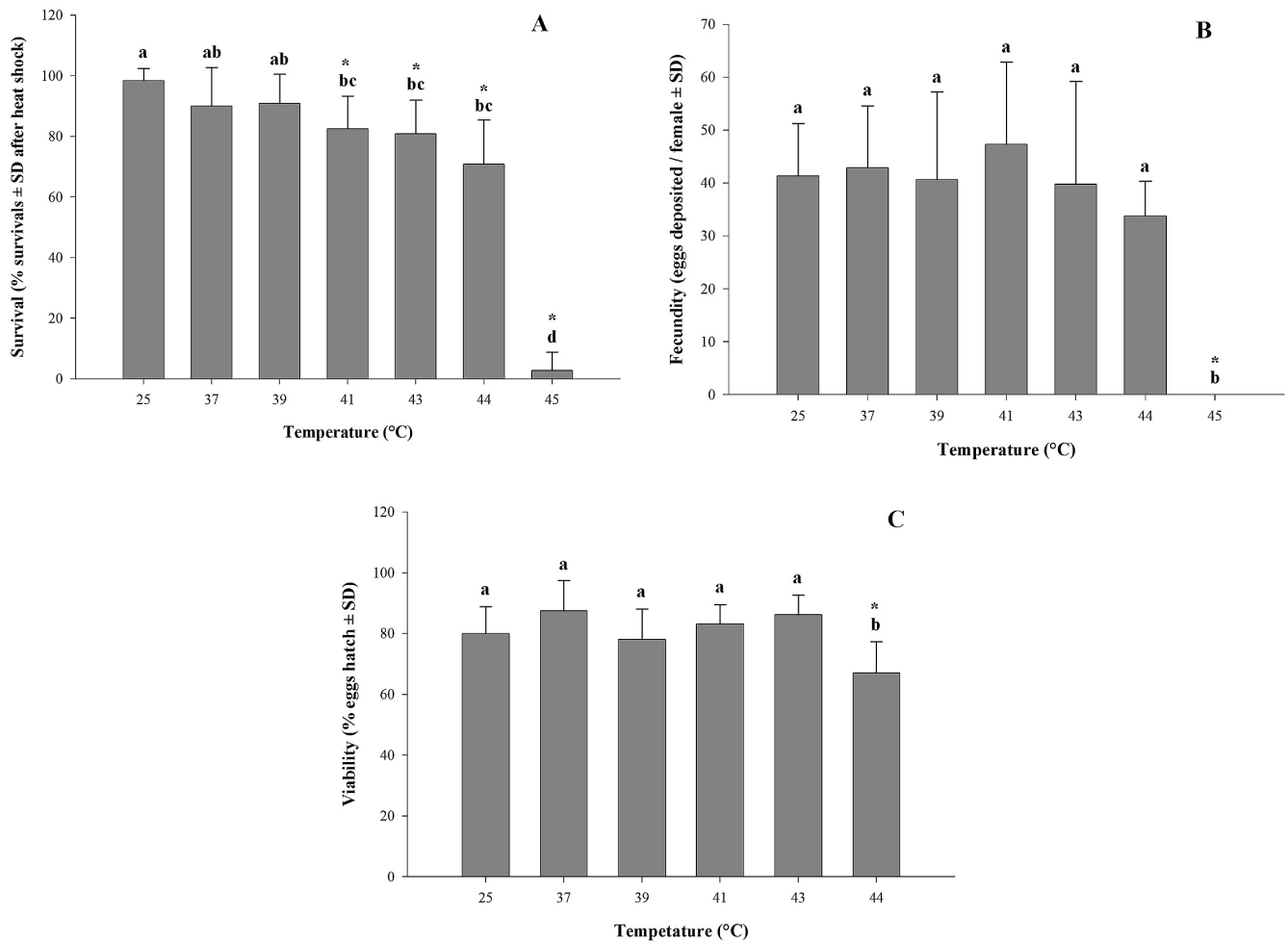


Figure 1. Thermotolerance curve for each of the life history traits related to fitness in *B. tabaci*. **A.** Survival: percentage of surviving *B. tabaci* adults after each heat shock. The bars represent the survival mean for the females-males set in each temperature treatment. **B.** Fecundity: number of eggs oviposited per *B. tabaci* female during the five days after having been subjected to heat shock. **C.** Viability: percentage of *B. tabaci* eggs that hatched 17 days after the heat shock. Different letters over the bars indicate significant differences among temperatures according to Tukey's post-ANOVA ($P < 0.05$). On the other hand, symbol * indicate differences between the each treatment and control, according to Dunnett post-ANOVA test ($P < 0.05$). Specific differences mentioned in text comparing different treatments and control, like those for select the heat hardening temperature were evaluated using the Dunnett test. General comparisons between treatments were done using the Tukey test.

Comparison between basal and induced thermotolerance.

These experiments were carried out by using data from the survival curve, from which 45 °C was chosen as the stressful high temperature to carry out basal and induced thermotolerance measurements, given that at this temperature the survival percentage was close to 0% (Fig. 1A). Survival was significantly affected as of 41 °C (Fig. 1A), which is why 40 °C was selected as the sub-lethal temperature for pre-treatment of thermal conditioning.

Differences between types of thermotolerance were significant ($F = 30.08$, $df = 1$; $P < 0.001$, Table 2); differences were also noted in this case between males and females ($F = 5.55$; $df = 1$; $P = 0.025$, Table 2), as well as temperature *sex interaction effect ($F = 8.36$; $df = 1$; $P = 0.007$, Table 2). The interaction effect indicated that the difference between both types of thermotolerance should be analyzed separately for each sex, and according to this analysis, It was determined by the greater survival of females under induced thermotolerance treatment, compared to males under the same treatment (Fig. 2), and the females and males of basal thermotolerance (Fig. 2), without

differences between sex in the basal treatment. Thermotolerance was 2.73% for both sexes in basal thermotolerance, and increased to 10% (without significance) in males and 33% in females receiving thermal conditioning at 40 °C (Fig. 2).

Surviving females in basal thermotolerance and induced thermotolerance did not oviposit, for which fecundity was zero in these treatments, and it was also not possible to record comparative data of viability.

Discussion

Adult insects can die immediately after a short exposure period to an extremely high temperature, or survive with after effects, which are manifested in the quantity or the development of the offspring (Denlinger and Yocum 1998). According to Somero (1995) and Denlinger and Yocum (1998), the immediate heat damage endured by the insects when subjected to high non-lethal temperatures is produced by dehydration and denaturalization of proteins and enzymes and, as a consequence, survival, fecundity, or viability of the offspring

Table 2. Analysis of variance (ANOVA) for the survival variable comparing basal and induced thermotolerance in *B. tabaci* adults (data transformed via arcsine transformation).

Source of variation	S.S.	D.F.	M.S.	F	P
Type of thermotolerance	1.00	1	1.00	30.08	<0.001***
Sex	0.18	1	0.18	5.55	0.025*
Type of thermotolerance x Sex	0.28	1	0.28	8.36	0.007**
Error	1.00	30	0.03		
Total	2.46	33			

* Significance: $P < 0.050$. ** Significance: $P < 0.010$. *** Significance: $P < 0.001$.

is reduced. At extreme temperatures, the effect produced by the heat shock can depend on the accumulated levels of stress, the physiological state of the cells, and the organism in general, as well as on the sex (Krebs and Loeschke 1994). The temperatures used during heat shocks significantly affected the three life history traits implied in fitness evaluated in *B. tabaci* (survival, fecundity, and viability), understood as the capacity to transmit descent to the following generation. These effects found followed a different pattern for each trait, so survival diminished with increased temperature. Fecundity of the females was only affected significantly at 45 °C (Fig. 1B), where the surviving individuals did not have reproductive potential, *i.e.*, they were incapable of rising, sustaining themselves, and walking on the test tube walls. Viability diminished significantly only at 44 °C (Fig. 1C) with respect to the rest of the temperatures evaluated.

These results indicate that between 41 and 43 °C, although there were direct effects of temperature on survival, the physiological damage produced by said shocks did not affect the development of the oocytes, which is why the posture of the females and the viability of the eggs oviposited occurs without significant effects of heat damage in comparison to the control treatment. Only at 45 °C was the direct effect of the heat shock so intense as to keep the surviving females from reproducing. At 44 °C this type of effect was not noted, but some heat damage seems to be present in the develop-

ment of the oocytes, given that only at this temperature their hatching percentage diminished.

It is clear that survival can be affected by heat shocks due to the direct heat damage on the protein and cell structures in any part of the body, with sufficiently important physiological effects to bring on the organism's death. On the other hand, fecundity and viability are probably affected by more localized effects of the heat damage on oocyte production and their development. If the heat damage affects the female's reproductive organs; hence, affecting the oocyte production process, fecundity is diminished (Scott and Hoffmann 1997; Rinehart *et al.* 2000), as it occurred at 45 °C. But if the damage injures the oocytes, although the number of eggs oviposited is not affected, their consequent development is reduced, manifesting significantly reduced viability with respect to the control treatment (Krebs and Loeschke 1994).

Also, the thermotolerance curve evidences that *B. tabaci* is a highly tolerant insect species in comparison to other cosmopolitan insects or other species of white flies. For example, some species from the *Drosophila* genus present significant survival reductions at 38 °C, reaching almost zero at 39 °C (Bettencourt *et al.* 1999). *T. vaporariorum*, another species of whitefly that can be distributed in zones along with *B. tabaci*, shows significantly decreased survival as of 39 °C (Cui *et al.* 2008), two degrees less than that registered for *B. tabaci* (Fig. 1A). Fecundity and viability in *T. vaporariorum* diminish as of 37 and 39 °C, respectively (Cui *et al.* 2008), while in the population from Rozo evaluated for *B. tabaci* the temperatures corresponding to said effects were 45 and 44 °C, respectively.

The thermotolerance pattern found for the population from Rozo in *B. tabaci* biotype B differs from those registered on species conducted in other populations. Survival to heat shocks, for example, follows a similar pattern to that reported by Cui *et al.* (2008) for *B. tabaci* populations in Beijing (China). However, unlike the results obtained for *B. tabaci* in Rozo, these authors also found significant differences for survival between sexes, with greater survival for females. Other studies carried out in *B. tabaci* populations in Colombia have revealed differences in survival between sexes at 45 °C (Muñoz-Valencia *et al.* 2011; Juvinao-Quintero *et al.* 2011), which is why this trait seems to also show a high population variation that additionally depends on the temperature evaluated. Cui *et al.* (2008) did not find significant differences for female posture between 37 and 45 °C; although they reported significant effects on viability as of 39 °C. That is, in the whitefly population in Beijing (China), the temperature affecting survival is the same affecting oocyte development, although production in the number of

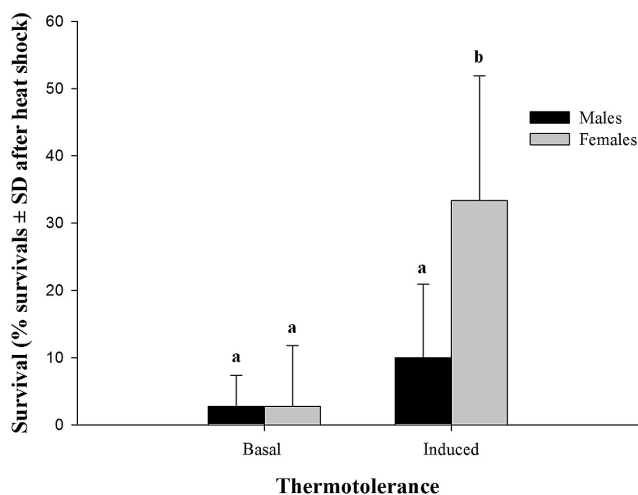


Figure 2. Survival of *B. tabaci* adults under basal and induced thermotolerance conditions. Different letters over the bars indicate significant differences among temperatures according to Tukey's post-ANOVA ($P < 0.05$).

eggs was not affected by any of the temperatures evaluated by these authors.

B. tabaci in the Rozo population was not very affected by temperatures between 37 and 43 °C in comparison to that reported by Cui *et al.* (2008) for the Beijing (China) population, and this difference is mainly located in viability, which remains unchanged for the Rozo population, but is diminished in Beijing (China). At 45 °C, this relation is inverted, given that the whitefly in Beijing (China) manages to survive approximately ten times more in proportion to what was registered for Rozo, and –additionally– the survivors manage to reproduce and have viable offspring. This contrast indicates the existence of population differences in tolerance to heat shocks within this species, due to effects of the geographical distance or environmental differences between the distribution zones, which could indicate adaptation to local environments. According to Cui *et al.* (2008) *B. tabaci* proliferates in Beijing (China) with different levels in different seasons with higher populations during the summer, when temperatures are at 30 °C and can increase during the day to 39 °C. Additionally, because it is at sea level (55 masl) this zone easily exceeds the relative humidity of 85%. The Rozo population, besides being in a different continent, is found approximately at 1000 masl in Colombian tropics, for which the temperature and humidity conditions are also different and more constant among months in the year, with average temperature and relative humidity during the month at 25 °C and 70%, respectively. The population in Beijing (China) seems to respond better to extreme temperatures (45 °C), in detriment of fitness at intermediate temperatures compared to the population distributed in Rozo, where extreme temperatures would be less frequent and with low variation in the year.

Comparison between basal and induced thermotolerance. Survival was greater under conditions of induced thermotolerance in contrast to basal thermotolerance, which evidences that organisms conditioned exhibit a transient capacity to survive the heat shock, which would kill most unconditioned organisms (Parsell and Lindquist 1993). This agrees with that obtained by Dahlgaard *et al.* (1998), who reported that *Drosophila* adults are benefited by an extended period of increased thermotolerance when they are pre-exposed to high, non-lethal temperatures or heat hardening as acclimation period. Heat hardening can increase fitness of individuals exposed to heat stress, in contrast to individuals exposed to direct heat shock (Levins 1969), and also promotes acclimation of the organism to withstand heat stress, while during basal thermotolerance the organism must face and endure stress without prior preparation.

This study found that the optimal temperature for pre-treatment in induced thermotolerance is 40 °C. It has been observed that at this temperature *B. tabaci* increase synthesis of two polypeptides, corresponding to the Hsp90 and Hsp70 heat shock proteins (Salvucci *et al.* 2000), as well as synthesis of substances with reported functions of heat protection like sorbitol (Wolfe *et al.* 1998; Salvucci 2000), which suggests the existence of a relation between the induction of thermotolerance and increased levels of heat shock protein expression and heat protection substances in this insect. These proteins, as in sorbitol, play an important role in tolerance to heat stress in insects, by protecting the native structure of the thermal denaturing of proteins (Back *et al.* 1979; Henle *et al.* 1982; Salvucci *et al.* 2000). However, according

to Salvucci (2000), sorbitol only functions in the presence of food during the time of the heat shock. In this study, tests were conducted individualizing the flies in vials, applying heat shocks without the presence of food, so the increase of survival in induced treatment could be attributed to the expression of Hsp70 proteins instead of other mechanisms like the synthesis of polyhydric alcohols.

Increased survival in induced thermotolerance was only statistically significant for *B. tabaci* females. According to Lu and Wan (2008), resistance under conditions of heat shock is associated to differential gene expression between *B. tabaci* males and females, specifically genes related to metabolism that can be involved in some aspects of heat resistance. This could be explained by the genetic load, given that females are diploids and males are haploids (Price 1996), so expression of important genes for thermotolerance, like Hsp70, can happen faster and in greater numbers in females than in males. Additionally, males are smaller than females, showing a lower surface-to-volume proportion that powers a faster increase of the internal temperature, which makes them more likely to die by desiccation (Dahlgaard *et al.* 1998).

Thermal conditioning does not always lead to increased fitness (survival, fecundity, or viability). Conditioning implies large energy investment, for example, in heat shock protein synthesis, which could cause a “trade-off” where greater survival would occur, but fecundity and viability would be reduced (Parsell and Lindquist 1993; Hoffmann 1995; Yu and Wan 2009). This possibly occurred in the Rozo population, as expected, under conditions of induced thermotolerance survival increased, but fecundity and viability were seriously affected, given that none of the surviving individuals had reproductive potential. This suggest that this possible *trade off* in the Rozo population is not a general characteristic of the species but of the population evaluated because it has been found that *B. tabaci* can survive and reproduce even at 45 °C under basal thermotolerance conditions (Cui *et al.* 2008; Saldaña *et al.* 2011) and induced thermotolerance conditions (Muñoz-Valencia *et al.* 2011) in other populations of the current distribution of *B. tabaci*, like Beijing (China), Retiro de los Indios, and Candelaria (Colombia), respectively.

Conclusion

Finally, it may be stated that the *B. tabaci* biotype B population studied exhibits great heat tolerance within a broad range of temperatures, above those reported in literature for other cosmopolitan species like *Drosophila*, as well as other species of white flies. In addition, increased survival of adults is noted when they are pre-treated at sub-lethal temperatures, which could indicate the presence of important heat protection mechanisms (Dahlgaard and Loeschke 1997). This could benefit organisms like *B. tabaci* with a prolonged period of acquired thermotolerance, which would protect them against immediate heat stress, as well as against stress experienced some days later (Dahlgaard *et al.* 1998). However, it is important to clarify that thermal conditioning can present a *trade off* in which survival increases as in the Rozo population, but fitness as a whole, understood as the capacity to transmit viable offspring to the following generation, can be affected (Parsell and Lindquist 1993). Ecological implications of the induced thermotolerance depend of the population of the species, which is why the ecological implications of induced thermotolerance depend on the relation between increased survival and the after effect

on the reproduction (fecundity and viability) of the surviving individuals. Thus, only when the surviving individuals show reproductive potential, is fitness increased as a whole, making the individuals most suited to colonize environments that are unexplored and inadequate for them. Although the population evaluated in this study could not have reproduction after thermal treatments, the presence of important heat protection mechanisms confirmed by the increase in survival with strong lab conditions (induced thermotolerance) indicate reproductive potential in natural conditions, where stress temperatures are lower and other interactive natural factors are important. Thereby, these results could contribute to explaining the patterns of population dynamics in this species. In Colombia, for example, biotype B has recently expanded both in latitudinal and altitudinal manner, and said expansion coincided with and was possibly facilitated by a dry period (Rodríguez *et al.* 2005). Currently, biotype B has displaced biotype A, proliferating in Colombian tropics.

Acknowledgements

We thank the individuals and entities who made this study possible; particularly, the Vice Rector of Research at Universidad del Valle for funding the investigation (CI 7828), The Bean Entomology Lab from CIAT in Cali (Colombia) for providing *Ph. vulgaris* (ICA-Pijao) seeds and for the advice on whitefly breeding, and the farmers in the area of Roza (Valle del Cauca, Colombia) for allowing our sampling of whitefly in their crops.

Literature cited

- BACK, J. F.; OAKENFULL, D.; SMITH, M. B. 1979. Increased thermal stability of proteins in the presence of sugars and polyols. *Biochemistry* 18: 5191-5196.
- BETTENCOURT, B. R.; FEDER, M. E.; CAVICCHI, S. 1999. Experimental evolution of HSP70 expression and thermotolerance in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 53 (2): 484-492.
- BLACKMAN, R. L.; CAHILL, M. 1998. The karyotype of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research* 88: 213-215.
- BOON-NIERMEIJER, E. K.; TUIJL, M. J. M.; VAN DE SCHEUR, M. 1986. Evidence for two states of thermotolerance. *International Journal of Hyperthermia* 2: 93-105.
- BYRNE, D. N.; BELLOW, T. S.; PARRELLA, M. P. 1990. Whiteflies in agricultural systems. pp. 227-261. In: Gerling, D. (Ed.). *White flies: Their bionomics, pest status and management*. Intercept Ltd., Andover, Hants.
- COCK, M. J. W. 1993. *Bemisia tabaci* an update 1986-1992 on the cotton whitefly with an annotated bibliography. C.A.B. International Institute of Biological Control, Silwood Park, Ascot, Berks. 78 p.
- CUELLAR, M. E.; MORALES, F. J. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Colombiana de Entomología* 32 (1): 1-9. (Artículo de revisión).
- CUI, X. H.; WAN, F. H.; XIE, M.; LIU, T. X. 2008. Effects of heat shock on survival and reproduction of two whitefly species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Insect Science* 8: 24.
- DAHLGAARD, J.; LOESCHCKE, V. 1997. Effects of inbreeding in three life stages of *Drosophila buzzatii* after embryos were exposed to a high temperature stress. *Heredity* 78: 410-416.
- DAHLGAARD, J.; LOESCHCKE, V.; MICHALAK, P.; JUSTENSEN, J. 1998. Induced thermotolerance and associated expression of the heat-shock protein Hsp70 in adult *Drosophila melanogaster*. *Functional Ecology* 12 (5): 786-793.
- DE BARRO P. J.; DRIVER, F. 1997. Use of RAPD-PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Australian Journal of Entomology* 36: 149-152.
- DENLINGER, D. L.; YOCUM, G. D. 1998. Physiology of heat sensitivity. pp. 7-53. In: Hallman, G. J.; Denlinger, D. L. (Eds.). *Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management*. Westview Press, Boulder, CO.
- ELLIOTT, B.; HALTIWANGER, R. S.; FUTCHER, B. 1996. Synergy between trehalose and Hsp104 for thermotolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics* 144: 923-933.
- FEDER, M. E.; CARTAFIO, N. V.; MILOS, L.; KREBS, R. A.; LINDQUIST, S. L. 1996. Effect of engineering Hsp70 copy number on Hsp70 expression and tolerance of ecologically relevant heat shock in larvae and pupae of *Drosophila melanogaster*. *Journal of Experimental Biology* 199: 1837-1844.
- HENLE, K. J.; NAGLE, W. A.; MOSS, A. J.; HERMAN, T. S. 1982. Polyhydroxy compounds and thermotolerance: a proposed concatenation. *Radiation Research* 92: 445-451.
- HOFFMANN, A. A. 1995. Acclimation: increasing survival at a cost. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 1-2.
- HOFFMANN, A. A.; PARSONS, P. A. 1991. *Evolutionary genetics and environmental stress*. Oxford Science Publications, Oxford.
- HOFFMANN, A. A.; SÖRENSEN, J. G.; LOESCHCKE, V. 2003. Adaptation of *Drosophila* to temperature extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. *Journal of Thermal Biology* 28: 175-216.
- JUVINAO-QUINTERO, D. L.; DIAZ-GONZÁLEZ, F.; TORO-PÉREA, N.; CÁRDENAS-HENAO, H.; MANZANO-MARTÍNEZ, M. R.; GONZÁLEZ-OBANDO, R. 2011. Análisis de la termotolerancia basal e inducida de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B a partir de rasgos implicados en el "fitness". En: *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. XLVI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas*, 11 al 15 de octubre de 2011. Medellín, Universidad de Antioquia, Edificio de Extensión, pág. 126.
- KREBS, R. A.; LOESCHCKE, V. 1994. Effects of exposure to short-term heat stress on fitness components in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Evolutionary Biology* 7: 39-49.
- KREBS, R. A.; LOESCHCKE, V. 1996. Acclimation and selection for increased resistance to thermal stress in *Drosophila buzzatii*. *Genetics* 142: 471-479.
- KREBS, R. A.; FEDER, M. 1997. Deleterious Consequences of Hsp70 Over-expression in *Drosophila melanogaster* Larvae. *Cell Stress & Chaperones* 2 (1): 60-71.
- KREBS, R. A. 1999. A comparison of Hsp70 expression and thermotolerance in adults and larvae of three *Drosophila* species. *Cell Stress and Chaperones* 4 (4): 243-249.
- LAAYOUNI, H.; GARCÍA-FRANCO, F.; CHÁVEZ-SANDOVAL, B. E.; TROTTA, V.; BELTRAN, S.; COROMINAS, M.; SANTOS, M. 2007. Thermal evolution of gene expression profiles in *Drosophila subobscura*. *Evolutionary Biology* 7: 42-57.
- LANSING, E.; JUSTENSEN, J.; LOESCHCKE, V. 2000. Variation in the expression of Hsp70, the major heat-shock protein, and thermotolerance in larval and adult selection lines of *Drosophila melanogaster*. *Journal of Thermal Biology* 25: 443-450.
- LEATHER, S.; WALTERS, K.; BALE, J. 1993. *The Ecology of Insect Overwintering*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 75-143.
- LEE Y. J.; KIM, D.; HOU, Z. Z.; CURETTY, L.; BORRELI, M. J.; CORRY, P. M. 1993. Alteration of heat sensitivity by introduction of hsp70 or anti-hsp70 in CHO cells. *Journal of Thermal Biology* 18: 229-236.
- LEVINS, R. 1969. Thermal acclimation and heat resistance in *Drosophila* species. *The American Naturalist* 103: 483-499.
- LÜ, Z. C.; WAN, F. H. 2008. Differential gene expression in whitefly (*Bemisia tabaci*) B-biotype females and males under heat-

- shock condition. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D* 3: 257-262.
- MUÑOZ-VALENCIA, V.; DIAZ-GONZÁLEZ, F.; MANZANO-MARTÍNEZ, M. R.; TORO-PÉREA, N.; CÁRDENAS-HENAO, H. 2011. Variación genética y ambiental de la termotolerancia basal e inducida en dos poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* biotipo B separadas altitudinalmente. pp. 108-109. En: 38° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Cambio Climático: Retos y Oportunidades para la Entomología. 27, 28 y 29 de julio de 2011. Manizales, Centro Cultural y de Convenciones Teatro Los Fundadores.
- NARANJO, S. E.; CAÑAS, L. A.; ELLSWORTH, P. C. 2004. Mortalidad de *Bemisia tabaci* en un sistema de cultivos múltiples. *Horticultura Internacional: Fauna Auxiliar*. pp. 14-21.
- OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20: 709-723.
- PARSELL, D. A.; LINDQUIST, S. L. 1993. The function of heat-shock proteins in stress tolerance: Degradation and reactivation of damaged proteins. *Annual Review of Genetics* 27: 437-96.
- PRICE, P. W. 1996. *Biological Evolution*. New York, Saunders College.
- QUINTERO, C.; CARDONA, C.; RAMÍREZ, D.; JIMÉNEZ, N. 1998. Primer registro Del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 24 (1-2): 23-28.
- QUINTERO, C.; RENDÓN, F.; GARCÍA, J.; CARDONA, C.; LÓPEZ-ÁVILA, A.; HERNÁNDEZ, P. 2001. Especies y biotipos de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en cultivos semestrales de Colombia y Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología* 27 (1-2): 27-31.
- RIABOWOL K. T.; MIZZEN, L. A.; WELCH, W. J. 1988. Heat shock is lethal to fibroblasts microinjected with antibodies against hsp70. *Science* 242: 433-436.
- RINEHART, J. P.; YOCUM, G. D.; DENLINGER, D. L. 2000. Thermotolerance and rapid cold hardening ameliorate the negative effects of brief exposures to high or low temperatures on fecundity in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*. *Physiological Entomology* 25: 330-336.
- RODRÍGUEZ, I.; MORALES, H.; BUENO, J. M.; CARDONA, C. 2005. El biotipo B de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adquiere mayor importancia en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 31 (1): 21-28.
- SALDAÑA, C. L.; DÍAZ-GONZÁLEZ, F.; TORO-PÉREA, N.; CÁRDENAS-HENAO, H.; MANZANO-MARTÍNEZ, M. R.; GONZÁLEZ-OBANDO, R. 2011. Efecto de choques térmicos sobre la sobrevivencia y fecundidad de dos poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B separadas altitudinalmente. p. 106. In: *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. XLVI Congreso Nacional De Ciencias Biológicas*, 11 al 15 de octubre de 2011. Medellín, Universidad de Antioquia.
- SALVUCCI, M. E. 2000. Sorbitol accumulation in white flies: evidence for a role in protecting proteins during heat stress. *Journal of Thermal Biology* 25: 353-361.
- SALVUCCI, M. E.; STECHER, D. S.; HENNEBERRY, T. J. 2000. Heat shock proteins in whiteflies, an insect that accumulates sorbitol in response to heat stress. *Journal of Thermal Biology* 25: 363-371.
- SCOTT, B. D.; HOFFMANN, A. A. 1997. Costs and benefits of acclimation to elevated temperature in *Trichogramma carverae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85: 211-219.
- SECKER, A. E.; BEDFORD, I. D.; MARKHAM, P. G.; COURCY-WILLIAMS, M. E. de. 1998. Squash, a reliable field indicator for the presence of the B biotype tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. *British Crop Protection Council Brighton Conference* 3: 837- 842.
- SOLOMON, J. M.; ROSSI, J. M.; GOLIC, K.; MCGARRY, T.; LINDQUIST, S. 1991. Changes in Hsp70 alter thermotolerance and heat-shock regulation in *Drosophila*. *New Biologist* 3: 1106-1120.
- SOMERO, G. N. 1995. Proteins and temperature. *Annual Review of Physiology* 57: 43-68.
- SORENSEN, J. G.; DAHLGAARD, J.; LOESCHCKE, V. 2001. Genetic variation in thermal tolerance among natural populations of *Drosophila buzzatii*: Down regulation of Hsp70 expression and variation in heat stress resistance traits. *Functional Ecology* 15 (3): 289-296.
- STATSOFT, INC. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. <http://www.statsoft.com>.
- WOLFE, G. R.; HENDRIX, D. L.; SALVUCCI, M. E. 1998. A thermoprotective role for sorbitol in the silverleaf whitefly. *Journal of Insect Physiology* 44: 597-603.
- YU, H.; WAN, F. H. 2009. Cloning and expression of heat shock protein genes in two whitefly species in response to thermal stress. *Journal of Applied Entomology* 133: 602-614.

Received: 20-Nov-2012 • Accepted: 23-May-2013

Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae)

Selection of strains of *Metarhizium anisopliae* to control *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae)

JOHANNA ANDREA OBANDO B.¹, ALEX ENRIQUE BUSTILLO P.²,

ULISES CASTRO V.³ y NORA CRISTINA MESA C.⁴

Resumen: El salivazo de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), es plaga de importancia económica en el valle del río Cauca, Colombia, desde 2007. Aislamientos nativos de *M. anisopliae* mantenidos en el Centro de Investigación de la Caña de azúcar de Colombia (Cenicaña), y otros obtenidos a partir de larvas de *Galleria mellonella*, usadas como cebos en muestras de suelo, y aislados de salivazos con signos de infección, se caracterizaron en relación con su virulencia, producción de conidias, crecimiento radial, germinación y aspectos de la colonia. Con el fin de evaluar y comparar la virulencia de estas cepas, se llevaron a cabo bioensayos sobre adultos y ninfas de *A. varia*. La eficacia sobre adultos se evaluó en laboratorio infestando plantas de braquiaria con adultos teneales (< 24 horas), asperjando 15 ml de una suspensión de conidias de los hongos a una concentración de 1×10^7 conidias/ml. La evaluación de la virulencia sobre ninfas se realizó en un invernadero, asperjando 4 ml de suspensión de conidias de las cepas de los hongos, a una concentración de 1×10^9 conidias/ml sobre la rizosfera de la planta. Las cepas nativas CCMa0906, CCMa1005 y CCMa1008 produjeron mortalidades entre 76,0% y 90,7% sobre el estado adulto. Para el control de ninfas la mayor eficacia se presentó en las cepas CCMa0906, CCMa1001, CCMa1005 y CCMa1008, con mortalidades de 75,7%, 58,2%, 58,8% y 59,6%, respectivamente. Solo el producto comercial CCMa01 se seleccionó por su capacidad de control y calidad de la formulación.

Palabras clave: Hongos entomopatógenos. Control microbial. Salivazo de la caña de azúcar. Colombia.

Abstract: The sugarcane spittlebug, *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) is an important economic pest in the Cauca valley, Colombia since 2007. Native strains of *M. anisopliae* maintained at the Sugarcane Research Center of Colombia (Cenicaña), and others isolated from larvae of *Galleria mellonella*, used as a trap in soil samples, and spittlebugs with signs of infection, were characterized in relation to virulence, spore production, radial growth, germination and characteristics of the colony. To evaluate the virulence of native strains, a bioassay was designed, including reference strains and commercial formulations. Braquiaria plants in laboratory were infested with teneral adults (< 24 hours), then were sprayed with 15 ml of fungi at a concentration of 1×10^7 spores/ml. Virulence on nymphs was evaluated under greenhouse conditions, spraying at the plant rhizosphere, 4 ml of fungi preparations with a concentration of 1×10^9 spores/ml. The native strains CCMa0906, CCMa1005 and CCMa1008, showed the best physiological characteristics and adult virulence (76.0-90.7% of dead individuals). Four native strains of *M. anisopliae* (CCMa0906, CCMa1001, CCMa1005 and CCMa1008) showed higher virulence against nymphs of *A. varia*, causing mortalities of 75.7%, 58.2%, 58.8% and 59.6%, respectively. Only one commercial product coded CCMa01, was selected due to mortality on *A. varia* and quality control of its formulation.

Key words: Entomopathogenic fungi. Microbial control. Sugarcane spittlebug. Colombia.

Introducción

Las especies del género *Aeneolamia* (Hemiptera: Cercopidae) presentan una amplia distribución, se registran desde México hasta Argentina (Sotelo y Cardona 2001). Sin embargo, *Aeneolamia varia* (Fabricius, 1787) solo se ha registrado en Trinidad y Tobago y Venezuela (Linares y Pérez 1985). La presencia de *A. varia* en Colombia data de hace más de 40 años, cuando se encontró en cultivos de pastos en los Llanos Orientales (Posada 1989; Peck 2001, 2002). En el 2007, se detectó en cañaverales del valle del río Cauca, infestando cerca de 20.000 ha, en una zona comprendida entre Yotoco y Tuluá, que causó una gran alarma entre los cultivadores de caña de azúcar (Gómez 2007). En labores de reconocimiento de esta plaga se pudo demostrar que *A. varia* está muy distribuida en aéreas no cultivadas con caña, en la zona de la cordillera occidental en cultivos de pastos para ganadería. Este

salivazo ha continuado su dispersión en cultivos de caña y en 2011, se encontró en predios de Bugalagrande. Es posible que en poco tiempo, colonice gran parte de la zona productora de caña de azúcar del Valle del Cauca.

El daño de *A. varia* se produce cuando el adulto se alimenta de las hojas y causa una reacción caracterizada por bandas rojizas necróticas longitudinales (Gómez 2007). Las ninfas succionan la savia del xilema de las raíces superficiales y causa el marchitamiento de la planta. La presencia de ninfas en el suelo se reconoce porque alrededor de las plantas de caña y en algunos casos en la base del tallo, éstas secretan y se recubren de un líquido baboso y espumoso de diferentes tamaños. Los lotes de caña con altas infestaciones, muestran una coloración amarillosa al observarlas de lejos, y las plantas presentan una sintomatología similar a la quemazón causada por herbicidas (Bustillo y Castro 2011).

¹ Ing. Agr., M. Sc. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña - Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Estudiante de Maestría, jaobandob@gmail.com. ² Ing. Agr., Ph. D., Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña, Florida, Valle del Cauca. alexe.bustillo@gmail.com. ³ Ing. Agr., M. Sc. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña, Florida, Valle del Cauca. ucastro@cenicana.org. Autor para correspondencia. ⁴ Biol., Ph. D. Profesora Asociada, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Valle del Cauca, nemesac@palmira.unal.edu.co.

Varias especies de salivazos se presentan en diferentes países causando pérdidas económicas al cultivo de la caña de azúcar. En México, una especie de *Aeneolamia*, causa reducciones entre 3 y 6 t/ha (Flores 1996) y en Guatemala las pérdidas se estiman en 11 t/ha y 12,76 kg de azúcar/t (Carrillo 1993). En Venezuela se estima que un daño severo de *A. varia* en cañas de 6 a 9 meses de edad, puede reducir en 25% los rendimientos de azúcar (Salazar y Proaño 1989). En Colombia aún no se conoce el impacto real de *A. varia* en los rendimientos de la caña de azúcar.

En países como Brasil, Costa Rica, Guatemala, Panamá y Venezuela, varias especies de salivazos se combaten con aplicaciones periódicas de productos comerciales basados en el hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch., 1879) Sorokin 1883 (Alves 1986; Allard *et al.* 1990; Salazar y Badilla 1997; Almeida *et al.* 2003; Batista *et al.* 2003; Torres de la Cruz *et al.* 2006). En Colombia, se han realizado estudios de eficacia de *M. anisopliae* para el control de los salivazos asociados con el pasto braquiaria, encontrando cepas de *M. anisopliae* capaces de producir mortalidades entre 62,0 y 95,1% (Moraless *et al.* 2001).

Los salivazos infectados por el hongo *M. anisopliae* muestran crecimiento micelial sobre el cuerpo, el cual se torna más tarde de color verde. El proceso de infección en el insecto se da cuando las ninfas o los adultos entran en contacto con las conidias del hongo, las cuales son capaces de germinar en condiciones de alta humedad y penetrar el cuerpo del salivazo en un periodo de pocas horas. Luego, invaden la cavidad hemocélica y producen toxinas que matan el salivazo. Al cabo de 3 a 4 días, se observan los primeros signos del hongo en forma de un micelio de color blanco sobre el cuerpo, que más tarde lo cubre y al producirse las conidias le dan la coloración verdosa al cadáver del salivazo, característico de este hongo (Bustillo *et al.* 2011).

El propósito de este estudio, fue evaluar y comparar la eficacia de cepas nativas y de colección de *M. anisopliae* en el control de *A. varia*.

Materiales y métodos

Área de estudio. Esta investigación se realizó en un laboratorio de Entomología ubicado en el Sena de Buga, Valle del Cauca, Colombia, que presenta una temperatura media de $24,5 \pm 0,5$ °C y humedad relativa en el laboratorio de $78,8 \pm 1,7\%$.

Aislamientos de *M. anisopliae*. Se evaluaron cepas de *M. anisopliae* aisladas de muestras de suelo provenientes de los departamentos de Santander (Oiba) y Valle del Cauca (Buga y Tuluá) utilizando larvas de *G. mellonella* como cebo en muestras de suelo (Bedding y Akurst 1975; Chandler *et al.* 1997) y también de insectos con signos de infección (Almeida *et al.* 1997). Además, se incluyeron cinco cepas (CCMa0801, CCMa0802, CCMa0803, CCMa0906, CCMa0907) de la Colección del Laboratorio de Entomología de Cenicaña, con actividad al salivazo *Zulia carbonaria* (García *et al.* 2012); dos cepas, una donada por CIAT (CIAT054) y otra por Cenicafe (CeMa9236); cinco formulaciones comerciales y una cepa no formulada, proveniente de una casa comercial (MaSMT).

Reactivación de las cepas y mantenimiento del cultivo. Se infectaron adultos y ninfas de *A. varia* con las cepas a evaluar, para posteriormente tomar inóculo del hongo del cuer-

po del insecto y obtener un crecimiento en medio de cultivo enriquecido con integumento del salivazo, y así producir el inóculo necesario en los diferentes experimentos. Se siguió metodología estandarizada para *Z. carbonaria* por García *et al.* (2012) y para otros insectos (Bernal *et al.* 1994; Bustillo *et al.* 1997; González *et al.* 1993, 2001; Marín y Bustillo 2002).

Caracterización macroscópica. Los hongos se sembraron en cajas Petri con medio SDA. Se incubaron a 26 °C por 15 días, durante los cuales se observó el color de las colonias, aspecto, superficie y crecimiento para su identificación (Barnett y Hunter 1998). Se utilizó la tabla Munsell para describir el color y se determinó el tipo de crecimiento (Carmichael 1980; Padilla *et al.* 2000; Arenas 2009). El ensayo se realizó bajo un diseño completamente aleatorio, con seis repeticiones por cepa.

Tasa de crecimiento. Para determinar esta tasa, se tomó una muestra de 10 µl de cada una de las cepas de los hongos que contenían 1×10^6 conidias/ml. Esta muestra se sembró en un disco de papel filtro de 0,5 cm de diámetro, ubicándola en el centro de una caja Petri con medio SDA y se incubó a 26 °C. El desarrollo de las cepas de los hongos, se estimó midiendo el diámetro a los 5, 10, 15 y 20 días, después de la inoculación (Parker *et al.* 2003). Para cada cepa se utilizaron cinco repeticiones bajo un diseño experimental completamente aleatorio.

Producción de conidias. De cada una de las cajas Petri de 20 días de desarrollo obtenidas para la evaluación de la tasa de crecimiento, se extrajo cuatro discos de 0,5 cm de diámetro y se mezclaron en 10 ml de Tween 80 al 0,01% estéril. Se contabilizó en cámara de Neubauer el número de conidias (Vélez *et al.* 1997; Marín y Bustillo 2002; Parker 2003) y se prepararon suspensiones seriadas hasta 10^{-3} . Para estimar la concentración de esporas se contaron cinco cuadros del cuadrante central de la cámara (Vélez *et al.* 1997). El experimento se organizó bajo un diseño experimental completamente aleatorio con cinco repeticiones por cepa. La variable de respuesta fue el número de conidias/ml.

Germinación de conidias. La germinación se evaluó utilizando cajas Petri, en las cuales se marcaron en la superficie interna inferior cinco puntos. Luego se vertieron 10 ml de agar - agua al 1,5%. En cada punto se sembró 5 µl de la dilución 10^{-2} de la cepa a evaluar. Las cajas se incubaron a 26 °C durante 24 h y se agregó una gota de azul de lactofenol a cada sitio sembrado con el hongo, para detener su desarrollo. Posteriormente, se cortó esta muestra y se observó al microscopio. Se contó mínimo 100 conidias por punto de crecimiento, considerando como conidia germinada aquella cuyo tubo germinativo sobrepasó el doble del diámetro mayor de la conidia (Marín y Bustillo 2002). Se registró el número de conidias germinadas y no germinadas. Se utilizaron de cinco alícuotas por caja por cinco submuestras, bajo un diseño estadístico completamente aleatorio.

Preselección de cepas de *M. anisopliae* por virulencia a adultos de *A. varia*. Doce cepas nativas se evaluaron por virulencia a adultos de *A. varia*, en tres bioensayos independientes bajo condiciones de laboratorio. Cada bioensayo se organizó con cuatro cepas de hongos, ocho repeticiones por tratamiento y un control, utilizando la metodología del ci-

lindro de acetato de Aleán (2003), modificada por García *et al.* (2012). En el interior del cilindro se colocó una planta de braquiaria, infestada con tres adultos tenerales (< 24 horas de edad) de *A. varia*. Luego, se asperjaron con 15 ml de una suspensión de 1×10^7 conidias/ml de cada uno de los hongos a evaluar, usando un atomizador manual previamente calibrado. El experimento se organizó bajo un diseño completamente aleatorio, en donde los tratamientos fueron las cepas de los hongos, con ocho repeticiones por tratamiento y un control absoluto sin aplicación. La variable de respuesta fue la mortalidad de los adultos por los hongos, la cual se evaluó hasta seis días después de aplicado los tratamientos.

Evaluación de formulaciones comerciales de *M. anisopliae* en adultos de *A. varia*. Se evaluaron cinco formulaciones comerciales y la cepa CeMa9236 como testigo. Las unidades experimentales y la dosis, fueron las mismas usadas en el experimento anterior. Se registró la mortalidad durante seis días bajo un diseño completamente aleatorio con ocho repeticiones por tratamiento. El control de calidad de estas formulaciones se llevó a cabo por el Laboratorio “Control de Bioinsumos” localizado en Cenicafé (Marín y Bustillo 2002).

Selección de cepas de *M. anisopliae* sobre adultos de *A. varia*. Basados en los ensayos de preselección, se escogieron las cepas nativas y la formulación comercial de mayor eficacia sobre adultos de *A. varia*. La unidad experimental y la dosis aplicada fue la misma descrita en la etapa de preselección. Se registró la mortalidad durante seis días bajo un diseño completamente aleatorio con seis repeticiones por tratamiento, incluyendo un control. El experimento se replicó tres veces en el tiempo bajo las mismas condiciones.

Selección de cepas de *M. anisopliae* sobre ninfas de *A. varia*. Se sembraron plantas de caña variedad CC 85-92 en tubos de poli vinil cloruro o PVC de 7 cm de diámetro y 7 cm de largo, con tapa del mismo material de 4 cm de alto y 6 cm de diámetro, y se infestaron con 12 huevos de *A. va-*

ria S4 (cercanos a la eclosión) cuando tuvieron un volumen considerable de raicillas secundarias (Cuarán *et al.* 2012). A ocho días después de la eclosión, se realizó una aplicación a la rizósfera de 4 ml de una mezcla de la suspensión 1×10^9 conidias/ml del hongo y 2 µl de Carrier® utilizando un atomizador manual calibrado. Las evaluaciones se realizaron cada dos días después de la aplicación y se registró el número de ninfas vivas, muertas y adultos emergidos. Las evaluaciones finalizaron cuando las ninfas sobrevivientes alcanzaron el estado adulto. El diseño experimental fue completamente aleatorio con seis repeticiones y un control. Las condiciones en el invernadero fueron de $26,6 \pm 0,85$ °C y $74,7 \pm 0,47\%$ de HR.

Los datos de todos los experimentos se analizaron mediante un análisis de varianza y las diferencias entre tratamientos con la ayuda de la prueba de Tukey ($P = 0,05$).

Resultados y discusión

Aislamientos de *M. anisopliae*. El método del insecto trampa usando larvas de *G. mellonella* en muestras de suelos de caña panelera resultó ser muy útil para obtener aislamientos de *M. anisopliae*, se lograron obtener 12 de los 14 aislamientos. Los dos restantes se obtuvieron a partir de insectos con micosis.

Reactivación del hongo. Se reactivaron 22 cepas de *M. anisopliae* (14 obtenidas en este estudio, 5 aisladas previamente y 3 cepas de referencia) todas patógenas a *A. varia*, pero solo 13 de ellas esporularon en el 60% a 80% de la población tratada con el hongo. Debido a esto se incluyeron en las pruebas de preselección por virulencia a adultos de *A. varia*. Este grupo se denominó Grupo de Prueba de Virulencia” (Tabla 1).

Caracterización macroscópica. Los colores de las cepas variaron desde amarillo pasando por verde olivo, hasta verde grisáceo oscuro, en concordancia con las descripciones de Arenas (2009) para varias cepas de *M. anisopliae*. En el en-

Tabla 1. Identificación y origen de las cepas de *Metarhizium anisopliae* evaluadas en ensayos de preselección “Grupo de prueba de virulencia” en condiciones de laboratorio.

Código	Origen	Hospedero	Registro de aislamiento
Cepas nativas			
CCMa0801	Florida, Valle del Cauca	<i>Zulia carbonaria</i>	García <i>et al.</i> (2012)
CCMa0802	Oiba, Santander	Suelo caña panelera	García <i>et al.</i> (2012)
CCMa0803	Oiba, Santander	Suelo caña panelera	García <i>et al.</i> (2012)
CCMa0906	Palmira, Valle del Cauca	<i>A. varia</i> - caña azúcar	García <i>et al.</i> (2012)
CCMa0907	Florida, Valle del Cauca	<i>Z. carbonaria</i>	García <i>et al.</i> (2012)
CCMa1001	Oiba, Santander	Suelo caña panelera	En este estudio
CCMa1005	Florida, Valle del Cauca	<i>Z. carbonaria</i>	En este estudio
CCMa1008	Riofrío, Valle del Cauca	Suelo pasturas	En este estudio
CCMa1013	Riofrío, Valle del Cauca	Suelo pasturas	En este estudio
CCMa1009	Riofrío, Valle del Cauca	Suelo pasturas	En este estudio
Cepas de referencia			
CIAT054	Palmira - Valle del Cauca	<i>A. varia</i>	Morales <i>et al.</i> (2001)
CeMa9236	No registra		Padilla <i>et al.</i> (2000)
MaSMT	No registra		No registra

Tabla 2. Caracterización fisiológica de las cepas de *Metarhizium anisopliae* a 26 °C bajo condiciones de laboratorio.

Cepas	Tasa de crecimiento en días				Producción de conidias a los 20 días	Germinación (%) 24 h después de la siembra
	5 (mm)	10 (mm)	15 (mm)	20 (mm)		
CCMa0802	11,0 a*	34,0 ab*	70 b*	119,1 b*	12,0 x 10 ⁷ abc*	99,8 a*
CCMa1005	11,4 a	32,4 ab	64,8 b	109,1 bc	3,1 x 10 ⁷ ef	91,6 c
CCMa1008	11,9 a	30,8 b	60,3 b	99,8 c	5,7 x 10 ⁷ defg	93,6 bc
CCMa0803	12,4 a	38,9 a	84,3 a	144,0 a	7,4 x 10 ⁷ cdef	99,8 a
CCMa0907	10,5 a	31,7 ab	64,8 b	106,7 bc	1,2 x 10 ⁷ fg	92,6 c
CCMa0801	10,8 a	31,0 b	62,2 b	103,2 bc	3,1 x 10 ⁷ efg	95,2 abc
MaSMT	11,4 a	30,0 b	59,5 b	98,9 c	16,0 x 10 ⁷ a	100,0 a
CCMa1001	12,3 a	32,9 ab	64,2 b	105,5 bc	8,7 x 10 ⁷ bcde	98,7 ab
CCMa0906	11,6 a	32,0 ab	65b b	108,8 bc	1,6 x 10 ⁷ fg	99,0 ab
CCMa1013	12,5 a	34,6 ab	63,1 b	96,7 c	1,0 x 10 ⁷ g	91,7 c
CIAT054	11,9 a	32,9 ab	66,9 b	111,8 bc	13,0 x 10 ⁷ ab	96,2 abc
CCMa1009	6,5 b	17,5 c	34,5 c	57,5 d	9,0 x 10 ⁷ bcd	99,6 a
CeMa9236	10,2 a	29,5 b	58,0 b	95,6 c	8,3 x 10 ⁷ bcde	98,8 ab

* Datos en la misma columna seguidos de la misma letra, no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey (P = 0,05).

vés de la colonia del hongo, se observaron coloraciones amarillas, anaranjadas, rosadas y rojo carmesí, de acuerdo con lo observado por Guerrero *et al.* (1999).

Tasa de crecimiento. La cepa CCMa1009 presentó el menor desarrollo y fue diferente significativamente (P < 0,001)

del resto del grupo. La cepa CCMa0803 tuvo un mayor crecimiento (Tabla 2), sin embargo al observar su crecimiento y virulencia, se encontró que solo causó una mortalidad de 29,2% sobre *A. varia* (Tabla 3). En este estudio no se pudo establecer ninguna concordancia entre el desarrollo *in vitro* del hongo y su virulencia, algo que también ha sido encontrado

Tabla 3. Mortalidad causada por cepas nativas *Metarhizium anisopliae* (“grupo de prueba de virulencia”) sobre adultos de *Aeneolamia varia* en tres bioensayos. Información asociada a los registros de germinación, producción de conidias y tasa de crecimiento, para la selección de las cepas.

Cepa	Mortalidad (%)	% Germinación	Producción de conidias (conidias/ml)	Crecimiento diametral -20 días (mm)
Bioensayo 1				
CIAT 054*	87,5 a**	98,8 a**	8,3 x 10 ⁷ a**	111,8 a**
CCMa0906*	87,5 a	99,8 a	7,4 x 10 ⁷ a	108,8 a
CCMa0907	83,3 a	92,6 b	1,2 x 10 ⁷ b	106,7 a
CCMa1008*	83,3 a	98,7 a	8,7 x 10 ⁷ a	99,8 a
Control	0 b			
Bioensayo 2				
CCMa1001*	58,3 a	95,2 bc	3,1 x 10 ⁷ b	105,5 b
CCMa1005*	58,3 a	100 a	16,0 x 10 ⁷ a	109,1 b
CCMa1009	50,0 a	99,0 ab	1,6 x 10 ⁷ b	57,5 c
CCMa0803	29,2 ab	93,6 c	5,7 x 10 ⁷ b	144,0 a
Control	0 b			
Bioensayo 3				
MaSMT*	62,5 a	96,2 ab	13,0 x 10 ⁷ a	98,9 b
CCMa1013	37,5 ab	91,7 b	1,0 x 10 ⁷ b	96,7 b
CCMa0802	37,5 ab	91,7 b	3,1 x 10 ⁷ b	119,1 a
CCMa0801	16,7 bc	99,8 a	1,2 x 10 ⁸ a	103,2 b
Control	0 c			

* Cepas preseleccionadas de *M. anisopliae* para el ensayo final de selección de para el control de *A. varia*.

** Datos en la misma columna seguidos de la misma letra, no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey (P = 0,05).

Tabla 4. Control de calidad y mortalidad causada por cinco formulaciones comerciales y una cepa de referencia de *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de *Aeneolamia varia* en condiciones de laboratorio.

Producto	Conidias/g	Viabilidad	Pureza		pH	Humedad %	Mortalidad (%)	Mortalidad corregida (%)**
			%	(UFC/g)				
CoMa01	$1,1 \times 10^9 \pm 0,4 \times 10^9$	$71,2 \pm 3,1$	100	—	—	5,5	6,7	70,8 a
CoMa02	$1,1 \times 10^8 \pm 0,2 \times 10^8$	$9,9 \pm 1,4$	0,1	5×10^7	<i>Penicillium</i> sp. ($1,5 \times 10^9$) <i>B. bassiana</i> ($4,5 \times 10^{10}$)	5,2	5,2	58,3 ab
CoMa03	$1,4 \times 10^8 \pm 0$	$0,8 \pm 1,2$	—	0×10^1	—	4,5	12,7	29,2 bc
CoMa04	$1,9 \times 10^8 \pm 0,6 \times 10^8$	0	0	0×10	<i>Aspergillus</i> sp. (2×10^9)	5,5	1,3	12,5 c
CoMa05	$21,0 \times 10^8 \pm 1,0 \times 10^8$	*	0	0×10^1	Levaduras (5×10^{10})	5,8	25,2	12,5 c
CeMa9236 (Testigo referencia no formulado)	—	—	—	—	—	—	—	79,2 a***
Control	—	—	—	—	—	—	—	6,25 c

* Dato no registrado.

** De acuerdo con la fórmula de Schneider - Orelli.

*** Datos en la misma columna seguidos de la misma letra, no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0,05$).

— No se aplicó la prueba.

por Padilla *et al.* (2000), y Chan-Cupul *et al.* (2010), aunque está en contraposición con otros estudios (Heale *et al.* 1989; Montesinos 2008).

Producción de conidias. Las cepas CCMa1005, MaSMT (de referencia) y la CCMa0801, produjeron más conidias $16,0$; $13,0$ y $12,0 \times 10^7$ conidias/ml, respectivamente, presentando diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,0001$) con el resto del grupo (Tabla 2). No se encontró ninguna correlación entre estos valores y la tasa de crecimiento (Tabla 2), lo cual está acorde con los resultados de Padilla *et al.* (2000).

Germinación de conidias. Todas la cepas mostraron una germinación mayor al 90% (Tabla 2); característica deseable, debido a que las conidias de los hongos entomopatógenos deben presentar un rápido desarrollo del tubo germinativo, para acelerar el proceso infectivo y disminuir el tiempo de exposición a factores adversos como la radiación UV y humedad cuando son aplicadas en campo (Hajek y St. Leger 1994; Goettel e Inglis 1997).

Preselección de cepas de *M. anisopliae* por virulencia a adultos de *A. varia*. Se registraron valores diferentes para cada uno de los bioensayos. En el primero, todas las cepas causaron mortalidades superiores al 80% de la población tratada; en el segundo, se registraron mortalidades menores al 60%; y en el tercer bioensayo, las cepas exhibieron mucho menos virulencia, tres de las cuatro cepas causaron mortalidades por debajo 40%, y solo la cepa MaSMT alcanzó una mortalidad del 62,5% (Tabla 3). Cuando se comparó la producción de esporas con la virulencia de las cepas CCMa0801, CCMa1005 y MaSMT, no se estableció una correlación clara. Narváez (1996) y Padilla *et al.* (2000) afirman que la alta producción de esporas no está asociada a mayor virulencia. Las características fisiológicas de los hongos entomopatógenos no son determinantes para establecer su virulencia (Tabla 2). Factores como producción de proteasas, esterases, quitinasas, lipasas y toxinas, son los que determinan la patogenicidad de un hongo entomopatógeno (Kershaw *et al.* 1999; St. Leger *et al.* 1986a, 1986b; Pal *et al.* 2007; Schrank y Vainstein 2010).

La información lograda sobre patogenicidad y características fisiológicas, permitieron seleccionar las cepas de *M. anisopliae*: CCMa0906, CCMa1001, CCMa1005, CCMa1008 y las de referencia CIAT054, CeMa9236 y MaSMT, para los ensayos de selección final.

Evaluación de formulaciones comerciales de *M. anisopliae* sobre adultos de *A. varia*. La eficacia de las formulaciones comerciales de *M. anisopliae* sobre adultos de *A. varia* (Tabla 4), fue variable y la mortalidad fluctuó entre el 12,5 y 79,2%. El análisis estadístico detectó diferencias altamente significativas entre los productos evaluados ($< 0,0001$). La cepa de referencia CeMa9236, causó la mayor mortalidad sobre los adultos de *A. varia* (78,3%) y las formulaciones CoMa01 y CoMa02 alcanzaron mortalidades del 68,2% y del 54,6%, respectivamente (Tabla 4). CoMa01 presentó las mejores características microbiológicas (pureza, viabilidad y

Tabla 5. Mortalidad promedio de adultos de *Aeneolamia varia* causada por cepas de *Metarhizium anisopliae* previamente preseleccionadas, bajo condiciones de laboratorio.

Cepa/Producto comercial	Mortalidad (%)	Mortalidad corregida (%)*
CCMa0906	89,0 ab**	88,3 ab**
CCMa1001	72,2 c	70,6 c
CCMa1005	76,0 abc	74,6 abc
CCMa1008	89,0 ab	88,2 ab
CIAT 054	90,7 a	90,1 a
CeMa9236	81,5 abc	80,4 abc
MaSMT	72,2 c	70,6 c
CoMa01	74,1 bc	72,6 bc
Control	5,6 d	

* De acuerdo con la fórmula de Schneider - Orelli.

** Datos en la misma columna seguidos de la misma letra, no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0,05$).

concentración de conidias). CoMa02 registró una mezcla de *M. anisopliae* y *B. bassiana* (Tabla 4), por la tanto su eficacia se le atribuye al sinergismo de los dos hongos; ya que *B. bassiana*, puede infectar hemipteros (Peñaranda *et al.* 1999; Ibarra-Aparicio *et al.* 2005; Marti *et al.* 2005). CoMa04 causó 26,1% de mortalidad, asociada a la presencia de contaminantes del género *Aspergillus*, que a pesar de ser saprófito se registra patogenicidad sobre *Saccharicoccus sacchari* Cockerell y *Culex* sp. (Toscano y Reeves 1973; Drummond *et al.* 1991). CoMa03 causó 4,5% de mortalidad atribuida a la no viabilidad de las conidias (0,08%). CoMa05 fue igual al testigo.

Selección de cepas de *M. anisopliae* sobre adultos de *A. varia*. En las pruebas de preselección se seleccionaron las cepas de referencia CIAT 054, CeMa9236 y MaSMT, las cepas nativas CCMa0906, CCMa1008, CCMa1005 y CCMa1001 y la formulación comercial CoMa01. El análisis estadístico no estableció diferencias significativas entre las tres réplicas ($P = 0,57$). CCMa0906, CCMa1005, CCMa1008 no presentaron diferencias significativas con las cepas de referencia CeMa9236 y CIAT054 (Tabla 5). Estas cepas son candidatas para pruebas posteriores en condiciones de campo con el fin de desarrollar una formulación dirigida a controlar poblaciones de *A. varia* presentes en caña de azúcar.

Selección de cepas de *M. anisopliae* sobre ninfas de *A. varia*. La virulencia del “Grupo de prueba de virulencia” sobre ninfas de *A. varia* en condiciones de invernadero, varió entre 27,1% y 75,7% de mortalidad (Tabla 6). Las cepas CCMa0906, CCMa1001, CCMa1005, CCMa1008 y la formulación comercial CoMa01, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,0001$) con CIAT054 y CeMa9236. En la dosis aplicada se logró controlar entre 30%

y 70%, esta mortalidad se considera alta, si se compara con otros estudios (Arango *et al.* 1994; Camó 1999). Aunque en este estudio se registraron mortalidades hasta del 70%, algunas investigaciones señalan que la saliva de las ninfas del salivazo puede ser una barrera para estos organismos. Las espumas de estos insectos están constituidas por proteínas surfactantes especializadas, que en sinergia con otras proteínas (glucopéptidos y proteoglicanos), dan estabilidad estructural y protección contra la actividad microbiana y ataques de parásitos (Mello *et al.* 1987; Cooper y Kennedy 2010). Para sobreponerse a esta barrera, es importante utilizar dosis adecuadas de conidias del hongo a utilizar con coadyuvantes que faciliten su penetración a través de la saliva y así facilitar el proceso infectivo.

Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten contar con una colección de nuevas cepas de *M. anisopliae*, caracterizadas macroscópica, fisiológica y patogénicamente, de las cuales CCMa0906, CCMa1005, CCMa1008 causaron las mayores mortalidades a los estados de ninfas y adultos de *A. varia*. La cepa CCMa1001, mostró bastante especificidad hacia el estado ninfal. Entre las formulaciones comerciales, CoMa01 fue la más eficaz en el control de *A. varia*. Este grupo de cepas seleccionadas se pueden evaluar para estudios de control de *A. varia* bajo condiciones de campo.

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, por la cofinanciación a través del Convenio 141-2008P4896-4070. Al Dr. Carlos Moreno por su asesoría estadística, al Ing. Agr. Gerson Ramírez, por proporcionar los insectos utilizados en el estudio y al Práctico Agrícola Álvaro Tulio Urresti, por su ayuda en la logística de la investigación.

Literatura citada

- ALEÁN, I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus sociales* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, Colombia. 107 p.
- ALLARD, G. B.; CHASE, C. A.; HEALE, J. B.; ISAAC, J. E.; PIOR, C. 1990. Field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a mycoinsecticide for control of sugarcane froghopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Hemiptera: Cercopidae). Journal of Invertebrate Pathology 55 (1): 41-46.
- ALMEIDA, J. E. ALVES, M. S.; PEREIRA, R. M. 1997. Selection of *Beauveria* spp. isolates for control of the termite *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858). Journal of Applied Entomology 121 (9-10): 539-543.
- ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A.; SANTOS, A. S. 2003. Avaliação do controle biológico de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) com o fungo *Metarhizium anisopliae* em variedades de cana-de-açúcar e diferentes épocas de corte. Arquivos do Instituto Biológico (Sao Paulo) / Secretaria de Agricultura e Abastecimento 70 (1): 101-103.
- ALVES, S. B. 1986. Fungos entomopatógenicos. pp. 73-126. En: Alves, S.B. (Ed.). Controle microbiano de insetos. Editora Manole, São Paulo.

Tabla 6. Mortalidad promedio de ninfas de *Aeneolamia varia* causada por cepas de *Metarhizium anisopliae* (“grupo de prueba de virulencia”) bajo condiciones de invernadero.

Cepa/Producto comercial	Mortalidad (%)	Mortalidad corregida* (%)
CCMa0906	78,0 a**	75,7 a**
CeMa9236	73,2 ab	70,4 ab
CIAT 054	68,0 ab	64,6 ab
CCMa1008	63,5 abc	59,6 abc
CoMa01	64,5 abc	60,7 abc
CCMa1005	62,8 abc	58,8 abc
CCMa1001	62,2 abc	58,2 abc
MaSMT	61,4 bc	57,3 bc
CCMa0801	59,3 bc	55,0 bc
CCMa0803	50,2 dc	44,9 dc
CCMa0802	49,8 cd	44,5 cd
CCMa1009	42,4 ed	36,3 ed
CCMa1013	39,4 ed	33,0 ed
CCMa0907	34,1 e	27,1 e
Control	9,6 f	0,0

* De acuerdo con la fórmula de Schneider - Orelli.

** Datos en la misma columna seguidos de la misma letra, no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0,05$).

- ARANGO, G. L.; TORRES, C.; LAPOINTE, S. 1994. Patogenicidad de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* sobre huevos y ninfas de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Homoptera: Cercopidae). Revista Colombiana de Entomología 20 (1): 43-46.
- ARENAS, Y. 2009. Manejo del salivazo *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) de la caña de azúcar a través de métodos biológicos de control: Utilización de hongos entomopatógenos para el control del salivazo *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias, Biología, 33 p.
- BARNETT, H.; HUNTER, B. B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4th edition. APS Press. St. Minnesota, 218 p.
- BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; SANTOS, A. S.; MACHADO, L. A.; ALVES, S. B. 2003. Eficiência de isolados de *Metarhizium anisopliae* no controle de cigarrinha-da-raiz-da-cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Hom.: Cercopidae). Arquivos do Instituto Biológico (São Paulo) 70 (3): 309-314.
- BEDDING, R. A.; AKURST, R. J. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. Nematologica 21: 109-116.
- BERNAL, M. G.; BUSTILLO, A. E.; POSADA, F. J. 1994. Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficacia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Revista Colombiana de Entomología 20 (4): 225-228.
- BUSTILLO, A. E.; CASTRO, U. 2011. El salivazo de la caña de azúcar *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Hábitos, biología y manejo de poblaciones. Cali, Cenicaña. 16 p. (Serie Divulgativa No. 11).
- BUSTILLO, A. E.; LÓPEZ, J. C.; DEVIA, H. 1997. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* en la langosta migratoria, *Rhammatocerus schistocercoides* Rehn, en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 23 (1-2): 39-43.
- BUSTILLO, A. E.; OBANDO, J. A.; MATABANCHOY, J. A.; CASTRO, U. 2011. Control biológico del salivazo *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Uso del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. Cali, Cenicaña. 12 p. (Serie Divulgativa No. 12).
- CAMÓ, T. R. 1999. Evaluación de cuatro aislamientos de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sokorin 1883, para el control microbiano del chinche salivosa bajo condiciones controladas. Tesis de grado. Universidad San Carlos de Guatemala. Agrónomo en sistemas de producción agrícola, 76 p.
- CARMICHAEL, J. W.; KENDRICK, W. B.; CONNERS, I. L.; SIGHTLER, L. 1980. Genera of Hyphomycetes. University of Alberta Press, Edmonton, AB. 386 p.
- CARRILLO, E. 1993. Estudio preliminar sobre pérdidas de tonelaje y rendimiento de azúcar, causadas por el daño de la chinche salivosa *Aeneolamia* sp. en Guatemala. Cengicaña. 11 p.
- CHANDLER, D.; HAY, D.; REID, A. P. 1997. Sampling and occurrence of entomopathogenic fungi and nematodes in UK soils. Applied Soil Ecology 5: 133-141.
- CHAN-CUPUL, W.; RUIZ, E.; CRISTIBAL, J.; PEREZ, A.; MUNGUÍA, R.; LARA, R. 2010. Desarrollo in vitro de cuatro cepas nativas de *Paecilomyces fumosoroseus* y su patogenicidad en estados inmaduros de mosquita blanca. Agrociencia 44 (5): 587-597.
- COOPER, A.; KENNEDY, M. 2010. Biofoams and natural protein surfactants. Biophysical Chemistry 151 (3): 96-104.
- CUARÁN, V. L.; CASTRO, U.; BUSTILLO, A. E.; MESA, N. C.; RAMÍREZ, G. D.; MORENO, C. A.; GÓMEZ, L. A. 2012. Método para evaluar el daño de los salivazos (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar, *Saccharum* spp. Revista Colombiana de Entomología 38 (2): 171-176.
- DRUMMOND, J.; DE BARRO, P.; PINNOCK, D. 1991. Field and laboratory studies on the fungus *Aspergillus parasiticus*, a pathogen of the pink sugar cane mealybug *Saccharicoccus sacchari*. Biological Control 1 (4): 288-292.
- FLORES, C. S. 1996. Mosca pinta o salivazo en caña de azúcar y pastos. En: Encuentro Regional Fitosanitario (Xalapa, Veracruz, México). Memoria Colegio de Ingenieros Agrónomos, p. 24-31.
- GARCÍA D., A.; ARENAS B., Y.; BUSTILLO P., A. E.; CASTRO V., U. 2012. Selección de hongos entomopatógenos para controlar salivazos de la caña de azúcar en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 38 (2): 252-259.
- GOETTEL, M. S.; INGLIS G. D. 1997. Fungi: Hyphomycetes. pp. 213-248. En: L. Lacey (Ed.). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, San Diego, 320 p.
- GÓMEZ, L. 2007. Manejo del salivazo *Aeneolamia varia* en cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Carta trimestral 2 y 3 de 2007. Cenicaña, Colombia. p. 10-17.
- GONZÁLEZ, M. T.; POSADA, F. J.; BUSTILLO, A. E. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Revista Cenicafe (Colombia) 44 (3): 93-102.
- GONZÁLEZ, M. T.; VALENCIA, A. J.; BUSTILLO, A. E. 2001. Incremento de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*, utilizando integumento del insecto en el medio de cultivo. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 60: 31-35.
- GUERRERO C., J.; CARRILLO LL., R.; AGUILERA P., A. 1999. Caracterización morfológica y germinación de cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* asociado a larvas de escarabaideos y curculionidos. Agrosur (Chile) 37 (2): 23-34.
- HAJEK, A. E.; ST LEGER, R. J. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. Annual Review of Entomology 39: 293-322.
- HEALE, J. B.; ISAAC, J. E.; CHANDLER, D. 1989. Prospect for strain improvement in entomopathogenic fungi. Pesticide Science 26: 79-92.
- IBARRA-APARICIO, G.; MOYA-RAIGOSA, G.; BERLANGA, G.; BERLANGA-PADILLA. 2005. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*) (Delong y Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cixellidae). Folia Entomologica Mexicana 44 (1): 1-6.
- KERSHAW, M. J.; MOORHOUSE, E. R.; BATEMAN, R.; REYNOLDS, S. E.; CHARNLEY, A. K. 1999. The role of destruxins in the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for three species of insect. Journal of Invertebrate Pathology 74: 213-223.
- LINARES, B. A.; PÉREZ, G. 1985. Gramíneas hospedadoras de *Aeneolamia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en la región centro occidental de Venezuela. Caña de Azúcar 3 (1): 34-42.
- MARÍN, P.; BUSTILLO, A. E. 2002. Pruebas microbiológicas y fisicoquímicas para el control de calidad de los hongos entomopatógenos. pp. 72-89. En: Memorias Curso Internacional Teórico-Práctico sobre entomopatógenos, parasitoides y otros enemigos naturales de la broca del café. Chinchiná, Colombia.
- MARTI, G. A.; SCORSETTI, A. C.; SIRI, A.; LÓPEZ LASTRA, C. C. 2005. Isolation of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) from the chagas disease vector *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) in Argentina. Mycopathologia 159: 389-391.
- MELLO, M. L.; PIMENTEL, S. E. R. A.; YAMADA, A. T. 1987. Composition and structure of the froth of the spittlebug, *Deois* sp. Insect Biochemistry 17: 493-502.
- MONTESINOS, R. 2008. Relación entre variables de crecimiento y virulencia en aislados de *Beauveria bassiana*. Tesis de grado. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la salud. Maestría en Biotecnología. Iztapalapa D.F., México. 82 p.
- MORALES, A.; TOBÓN, R.; RODRÍGUEZ, J.; CASTRO, U.; YELA, O.; PECK, D. 2001. Variation in the virulence of fungal entomopathogens among spittlebug species. pp. 38-39. En: Annual Report CIAT.
- NARVÁEZ, M.; GONZÁLEZ, M. T.; BUSTILLO, A. E.; CHAVES, B.; MONTOYA, E. C. 1997. Producción de esporas de aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*

- en diferentes sustratos. *Revista Colombiana de Entomología* 23 (3-4): 125-132.
- PADILLA, G. M.; BERNAL, M. G.; VÉLEZ, P. E.; MONTAYA, E. C. 2000. Caracterización patogénica y morfológica de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* obtenidos de diferentes ordenes insectiles. *Cenicafé* (Colombia) 51 (1): 28-40.
- PAL, S.; ST LEGER, R. J.; WU, L. P. 2007. Fungal peptide destruxin A plays a specific role in suppressing the innate immune response in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Biological Chemistry* 282: 8969-8977.
- PARKER, B.; SKINNER, M.; COSTA, S.; GOULI, S.; REID, W.; BOUHSSINI, M. 2003. Entomopathogenic fungi of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae): collection and characterization for development. *Biological Control* 27: 260-272.
- PEÑARANDA, V. H.; HIGUERA, O. L.; BASTIDAS, H.; HERNÁNDEZ, P.; REYES, L. A. 1999. Manejo integrado de sogata (*Tagosodes orizicalus*) en el cultivo de arroz en los Llanos Orientales. Disponible en: <http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/845>. [Fecha revisión: 14 abril 2012].
- PECK, D. C. 2001. Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera: Cercopidae) asociado con gramíneas en Colombia y Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología* 27 (3-4): 129-136.
- PECK, D. 2002. Distribución y reconocimiento del salivazo de los pastos (Homoptera: Cercopidae) en la costa Caribe de Colombia. *Pasturas Tropicales* (Colombia) 24: 4-16.
- POSADA O., L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. ICA, 4ª ed. Bogotá, Boletín Técnico No. 43, 662 p.
- SALAZAR, J. D.; BADILLA, F. 1997. Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control del salivazo (*Aeneolamia postica*) (Hom: Cercopidae) en caña de azúcar en la región de San Carlos. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 43: 9-18.
- SALAZAR, J.; PROAÑO, L. 1989. Pérdidas ocasionadas por la candelilla de la caña de azúcar (*Aeneolamia varia*) en el área de influencia del central río Turbio: estudio comparativo de las zafras 84/85 y 85/86. *Caña de Azúcar* (Venezuela) 7 (2): 49-54.
- SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. *Toxicon* 56: 1267-1274.
- SOTELO, G.; CARDONA, C. 2001. Manejo integrado del salivazo de los pastos con énfasis en resistencia varietal. pp. 117-125. En: Manejo y evaluación de pasturas tropicales. Herrero, M.; Ramírez, A.; Joaquín, N. (Eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Bolivia).
- ST. LEGER, R. J.; COOPER, R. M.; CHARNLEY, A. K. 1986a. Cuticle-degrading enzymes of entomopathogenic fungi: cuticle degradation in vitro by enzymes from entomopathogens. *Journal of Invertebrate Pathology* 47: 167-177.
- ST. LEGER, R. J.; CHARNLEY, A. K.; COOPER, R. M. 1986b. Cuticle-degrading enzymes of entomopathogenic fungi: synthesis in culture on cuticle. *Journal of Invertebrate Pathology* 48: 85-95.
- TORRES DE LA CRUZ, M.; MADRIGAL, H.; ORTIZ, C. F.; LAGUNAS, L.; DÍAZ, G. 2006. Selección de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de *Aeneolamia postica* en caña de azúcar de tabasco, México. *Memorias Congreso Internacional de Control Biológico*. Palmira, Colombia, p. 22.
- TOSCANO, N. C.; REEVES, E. L. 1973. Effect of *Aspergillus flavus* mycotoxin on *Culex* mosquito larvae. *Journal of Invertebrate Pathology* 22 (1): 55-59.
- VÉLEZ, P.; POSADA, F. J.; MARIN, P.; GONZÁLEZ, M. T.; OSORIO, E.; BUSTILLO, A. E. 1997. Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. *Boletín Técnico*, No 17, Cenicafé, Colombia, 37 p.

Recibido: 26-abr-2012 • Aceptado: 22-abr-2013

Selectivity of seven insecticides against pupae and adults of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae)

Selectividad de insecticidas a pupas y adultos de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae)

ANDREA DE FÁTIMA T.^{1,2}, GERALDO ANDRADE C.^{1,3}, LENIRA VIANA COSTA S.⁴ and VALÉRIA FONSECA M.^{1,5}

Abstract: The aim of this study was to evaluate the toxicity of seven insecticides (g a.i./L): chlorpyrifos (2.25), cartap hydrochloride (1.66), pyriproxyfen (0.33), profenofos/lufenuron (1.33/0.13), fenpropathrin (0.40), deltamethrin/triazophos (0.02/0.70), and zeta-cypermethrin (0.05). These insecticides are commonly used on coffee crop in Brazil and they were sprayed, by using a Potter tower, on pupae and adults of the insect predator *Chrysoperla externa*. The time of development of the treated pupae were not affected during the testing period and ranged from 9.2 to 9.5 days, although their survival was lower when chlorpyrifos and deltamethrin/triazophos were used, at approximately 62.5 and 75%, respectively. The other compounds did not aid in reducing this specific biological trait, with averages ranging from 90% to 95%. Chlorpyrifos and fenpropathrin were highly toxic to adults of *C. externa*, causing 100% mortality. Adult insects treated with deltamethrin/triazophos and zeta-cypermethrin showed survival rates of 15% and 22.5%, respectively. The other products did not affect the mortality of directly treated adult insects. Deltamethrin/triazophos and chlorpyrifos were classified as slightly harmful (class 2), whereas the other were considered harmless to *C. externa* pupae. The insecticides cartap hydrochloride and pyriproxyfen were considered harmless to adults; profenofos/lufenuron was slightly harmful; and chlorpyrifos, fenpropathrin, deltamethrin/triazophos, and zeta-cypermethrin were considered harmful.

Key words: *Coffea arabica*. Green lacewing. Pesticides. Toxicity.

Resumen: El objetivo de este estudio fue evaluar la toxicidad de siete insecticidas formulados (g de ingrediente activo/L) clorpirifos (2,25), clorhidrato de cartap (1,66), piriproxifeno (0,33), profenofos/lufenuron (1,33/0,13), fenpropatrina (0,40), deltametrina/triazofos (0,02/0,70) y zeta-cipermetrina (0,05), empleados en el cultivo del café en Brasil, sobre pupas y adultos de *Chrysoperla externa*, aplicados por pulverización mediante torre de Potter. El tiempo de pupación no fue afectado por las aplicaciones de los productos probados, oscilando entre 9,2 y 9,5 días, mientras que la supervivencia fue menor en los tratamientos con clorpirifos y deltametrina/triazofos, siendo de 62,5% y 75%, respectivamente. Los otros compuestos no redujeron este parámetro biológico, con promedios que oscilaron entre 90% y 95%. Clorpirifos y fenpropatrina resultaron muy tóxicos para adultos de *C. externa*, al causar mortalidad del 100%. Los adultos tratados con deltametrina/triazofos y zeta-cipermetrina también fueron afectados, con una supervivencia de tan sólo 15% y 22,5%, respectivamente. El resto de productos no afectaron a la mortalidad de los adultos del depredador. En cuanto a la clasificación toxicológica de los productos analizados, deltametrina/triazofos y clorpirifos fueron clasificados como ligeramente tóxicos (clase 2), y los otros se consideraron inofensivos para pupas de *C. externa*. En referencia a los adultos tratados con los insecticidas clorhidrato de cartap y piriproxifeno, ambos resultaron ser inofensivos; profenofos/lufenuron resultó ser ligeramente tóxico, y clorpirifos, fenpropatrina, deltametrina/triazofos y zeta-cipermetrina fueron tóxicos.

Palabras clave: *Coffea arabica*. Chrysopidae. Plaguicidas. Toxicidad.

Introduction

The state of Minas Gerais is one of the major producers of coffee in Brazil, occupying an area of approximately 1 million hectares, accounting for 52.8% of the national coffee production. It is estimated that Brazilian coffee production in 2012 will reach approximately 50 million 60-kg bags of processed coffee (Conab 2012).

The coffee agroecosystem hosts a great diversity of arthropod pests such as the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), cicada *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae), red coffee mite *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1919) (Acari: Tetranychidae), broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Bankx, 1904) (Acari: Tarsonemidae), false spider mite *Brevipalpus phoenicis*

(Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae), among other species (Silva *et al.* 2010).

Amid sporadic outbreaks, other important pests causing damage to coffee plants, both in the roots and the shoots, are the mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae), including *Dysmicoccus texensis* (Tinsley, 1900), *Planococcus citri* (Risso, 1813), *Planococcus minor* (Maskell), and *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti, 1867) (Souza *et al.* 2008; Santa-Cecília *et al.* 2009).

Those pests are usually controlled through the application of highly toxic, broad-spectrum pesticides containing organophosphates, pyrethroids, and neonicotinoids (Okumura *et al.* 2003; Souza *et al.* 2007; Silva *et al.* 2010). These compounds can be used up to three sprays consecutively per target pest (Agrofit 2009). However, for greater sustainability, it is necessary to associate chemical and biological methods of control (Ripper *et al.* 1951; Rigitano and Carvalho 2001; De grande *et al.* 2002; Foerster 2002).

¹ Department of Entomology, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. ² M. Sc., Ph. D. Student, andreaforres@ig.com.br. Corresponding author. ³ Professor, Supervisor, D. Sc. gacarval@ufla.br. ⁴ Researcher, D. Sc., EPAMIG/EcoCentro, Lavras, MG, Brasil. scecilia@epamig.ufla.br. ⁵ valfmoscardini@gmail.com.

The family Chrysopidae consists of a large number of species that stand out among predators because of its prevalence in coffee crops, with *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) being the most common (Carvalho and Souza 2000). Its larvae exhibit predatory behavior throughout the developmental phase, which consists of three instars (Fonseca *et al.* 2000). The green lacewings are generalists and can feed on eggs and small caterpillars of moths, aphids, mealybugs, whiteflies, and psyllids thriving in various crop species (Fonseca *et al.* 2000; Gonçalves-Gervásio and Santa-Cecília 2001; Silva *et al.* 2002; Barbosa *et al.* 2003; Auad *et al.* 2007).

On the basis of the significance of this natural enemy to coffee crops, the aim of this study was to evaluate the impact of insecticides on pupae and adults of the predator *C. externa* under laboratory conditions to generate information that could be employed in the improvement of integrated pest management programs in coffee crops.

Material and methods

The experiments were performed in the laboratory at $25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH $70 \pm 10\%$, and photoperiod of 12 h. The products used in the study are shown in Table 1. The control treatment consisted only of distilled water.

Effects of insecticides on *C. externa* pupae. After approximately 24 h of pupal formation, in which a small black disk develops during the last instar exuvia, forty pupae were collected from laboratory cultures and distributed to 15 cm diameter Petri dishes. The insecticides were sprayed directly on the pupae using a Potter tower, with an application of $1.5 \pm 0.5 \text{ mg/cm}^2$ and pressure of 15 lb/pol², and after spraying the pupae were individualized in glass tubes. The experimental study was a completely randomized design with 8 treatments and 10 replicates, with each plot consisting of four pupae. The length of the pupal stage and survival of treated pupae were then evaluated.

Effects of insecticides on adults of *C. externa*. One to two days old adults were obtained from rearing maintenance, separated by sex, anesthetized using CO₂ for 30 s, and then placed in Petri dishes lined with filter paper. The insects were then sprayed with insecticides similarly to the methodology used on the pupae assay. After spraying, two insects were then transferred to a cylindrical PVC cage (diameter,

10 cm; height, 10 cm) covered with filter paper, which served as the substrate for oviposition, and placed on a Petri dish lined with the same type of paper and sealed at the top with voile fabric. The adult insects were fed with brewer yeast and honey, and distilled water, supplied through a moistened cotton wool placed over the voile fabric that overlaid the cages, was provided every two days intervals. Assessments of mortality of adult insects were initiated approximately 24 h after spraying.

Effects of insecticides on the reproductive parameters of predators treated during pupal and adult phases -

Six couples per treatment, obtained from treated pupae and adults, were kept in cylindrical PVC cages (diameter, 10 cm; height, 10 cm) and coated with white filter paper, which served as the substrate for oviposition. The top of each cage was sealed with voile fabric and the bottom laid on a Petri dish lined with filter paper. The insects were fed with brewer yeast and honey, using a ratio of 1 g of commercial product to 1 mL of honey, and adding distilled water to the mixture. This diet was coated on Parafilm® strips that were hung inside the cages. Distilled water was supplied by means of a moistened cotton wool placed on the voile fabric that shrouded the cages.

The number of treatments varied because the formation of couples depended on the toxicity of the applied insecticides. Egg viability was assessed every 3 days intervals up to 28 days after the pre-oviposition. At each evaluation, 96 eggs were collected at random, which were individually placed in ELISA microwell plates. One egg was placed in each chamber; the plates were sealed with laminated PVC film, and were kept in an acclimatized room similar to the previous experiments until larvae hatching.

Data analysis. Pupal survival, length of pupal phase, survival of treated adults, number of eggs laid, and egg viability were analyzed using ANOVA and the means were compared using the Scott and Knott test, at 5% significance (Scott and Knott 1974).

Classification of insecticides based on standards established by the International Organization for Biological Control (IOBC).

The total mortality of insects (from the stage tested to adult emergence) was corrected by using Abbott's formula (1925). The tested insecticides were classified according to its toxicity (Table 2) based on the reduction of

Table 1. Trade name, active ingredient, chemical group, doses of insecticides and concentrations of the active ingredients of the compounds registered for the control of *Leucoptera coffeella* in coffee crop, tested on pupae and adults of *Chrysoperla externa*, under laboratory conditions (Agrofit 2009).

Trade name	Active ingredient	Chemical group	Doses ¹	Concentrations ²
Astro	Chlorpyrifos	Organophosphate	1.5	2.25
Cartap BR 500	Cartap hydrochloride	Thiocarbamate	1.0	1.66
Cordial 100	Pyriproxyfen	Ether piridiloxipropilico	1.0	0.33
Curyon 550	Profenofos/lufenuron	Organophosphate/benzoylureas	0.8	1.33/0.13
Danimen 300	Fenprothrin	Pyrethroid	0.4	0.40
Deltaphos	Deltamethrin/triazophos	Pyrethroid/organophosphate	0.6	0.02/0.70
Fury 400	Zeta-cypermethrin	Pyrethroid	0.04	0.05

¹ Maximum dose of the commercial product (c. p.) (L or kg / ha.).

² Concentration of the active ingredient (g or mL / L of water).

Table 2. Toxicity classes of pesticides to *Chrysoperla externa*, according to the total effect (E), in laboratory tests.

Class*	Toxicity	E (%)
1	harmless	< 30
2	slightly harmful	30 a 79
3	moderately harmful	80 a 99
4	harmful	> 99

* Toxicity classes (Hassan and Degrande 1996).

biological characteristics of the insects using Vogt's formula (1992) as follows:

$$E = 100\% - (100\% - \% Mc) \times R_1 \times R_2,$$

where:

E = total effect (%); Mc % = mortality corrected for control treatment (Abbott, 1925); R_1 = ratio of the average daily eggs laid per treated and untreated females; and R_2 = ratio of the average fertile eggs laid by treated and untreated females.

Results and discussion

Effects of insecticides on pupae of *C. externa*. Low survival rates were observed among pupae treated with chlorpyrifos and deltamethrin/triazophos, which were calculated as 62.5% and 75%, respectively (Table 3). These results are assigned to the fact that the products may have penetrated into the small holes present in the silk cocoon constructed by the insect. The cocoons of the pupae of *C. externa* features holes on its surface, with a diameter of about 6 μ m that pass through the cocoon allowing the insect to breathe during the pupal stage (Cosme *et al.* 2009). Another important fact is that the chemical group of organophosphates has greater residual effect, which may have favored the death of adult in time of emergency, when contacted cocoons contaminated (Table 4). Silva *et al.* (2006) have also found that chlorpyrifos treatment (1.2 g a.i./L water) caused a 77.5% reduction in the pupal survival.

Table 3. Length (days) and survival (%) (\pm SE) of pupae of *Chrysoperla externa* treated with seven insecticides. Temperature of 25 ± 2 °C, RH $70 \pm 10\%$ and photoperiod of 12 hours.

Treatment	Pupae	
	Duration**	Survival*
Chlorpyrifos	9.3 \pm 0.14	62.5 \pm 2.16 b
Cartap hydrochloride	9.3 \pm 0.15	90.0 \pm 6.12 a
Pyriproxyfen	9.2 \pm 0.16	92.5 \pm 4.14 a
Profenofos/lufenuron	9.5 \pm 0.16	95.0 \pm 2.50 a
Fenpropathrin	9.2 \pm 0.17	95.0 \pm 4.33 a
Deltamethrin/triazophos	9.5 \pm 0.15	75.0 \pm 5.59 b
Zeta-cypermethrin	9.2 \pm 0.17	92.5 \pm 4.14 a
Control	9.4 \pm 0.18	95.0 \pm 2.50 a
CV (%)	4.69	5.87

* Means followed by the same letter in the column are not statistically different according to the Scott-Knott test ($P < 0.05$).

** There was not statistically difference between treatments for duration of *Chrysoperla externa* ($P > 0.05$).

No differences in pupal survival were observed for the other insecticides, which allowed survival rates ranging from 90% to 95%, suggesting that the morphology of the cocoon may have served as a barrier to the penetration of these compounds, thus protecting the developing insects (Table 3). These results are similar to those of Grafton-Cardwell and Hoy (1985) that showed green lacewings eggs and pupae to be more tolerant to pesticides. Godoy *et al.* (2004) also confirmed these results by showing that the insecticides (g a.i./L water) thiacloprid (0.036), deltamethrin (0.0125), lufenuron (0.0375), tebufenozide (0.12), fenbutatin oxide (0.4), and abamectin (0.0054) caused no negative effects on pupal survival. Although the compounds (g a.i./L water) endosulfan (1.050), esfenvalerate (0.075), fenpropathrin (0.090), tri-chlorfon (0.090), and triflumuron (0.0375) tested by Ulhôa *et al.* (2002) reduced the survival of *C. externa* pupae, their toxicities were classified as class 1, indicating that these reagents were safe, with average survival rates ranging from 70% to 86.7%.

Table 4. Number of couples, mortality (%), corrected mortality (%), average daily oviposition, egg viability (%), total effect (E%) and toxicity classes based on criteria established by the IOBC on pupae of *Chrysoperla externa* treated with the insecticides. Temperature of 25 ± 2 °C, RH $70 \pm 10\%$ and photoperiod of 12 hours.

Treatment	Number of couples	M% ¹	Mc% ²	R_1 ³	R_2 ⁴	E(%) ⁵	Class ⁶
Chlorpyrifos	-	37.5	34.2	17.3	87.7	49.6	2
Cartap hydrochloride	5	10.0	5.3	19.5	88.7	17.3	1
Pyriproxyfen	6	7.5	2.6	19.9	92.7	9.3	1
Profenofos/lufenuron	6	5.0	0.0	20.9	88.3	6.9	1
Fenpropathrin	5	5.0	0.0	18.6	89.7	15.8	1
Deltamethrin/triazophos	-	25.0	21.0	15.9	95.3	39.6	2
Zeta-cypermethrin	4	7.5	2.6	22.5	91.2	0.85	1
Control	6	5.0	-	20.1	98.6	-	-

¹ Accumulated mortality (%) obtained during the development of the predator. ² Corrected mortality (%) based in the control (Abbott 1925). ³ Number of eggs/day/female during the first 28 days after the pre-oviposition. ⁴ Viability (%) of eggs collected in the period of four consecutive weeks. ⁵ Total effect (%) of the products on the predator. $E = 100\% - (100\% - M\%) \times R_1 \times R_2$. ⁶ Toxicity classes proposed by Hassan and Degrande (1996), as follows: 1 = harmless ($E < 30\%$), 2 = slightly harmful ($30 \leq E \leq 79\%$), 3 = moderately harmful ($80 \leq E \leq 99\%$) and 4 = harmful ($E > 99\%$).

Table 5. Number of couples, mortality (%), corrected mortality (%), average daily oviposition, egg viability (%), total effect (E%) and toxicity classes based on criteria established by the IOBC on females of *Chrysoperla externa* treated with pesticides. Temperature of 25 ± 2 °C, RH $70 \pm 10\%$ and photoperiod of 12 hours.

Treatment	Number of couples	M% ¹	Mc% ²	R ₁ ³	R ₂ % ⁴	E(%) ⁵	Class ⁶
Chlorpyrifos	-	100.0	100.0	-	-	100.0	4
Cartap hydrochloride	6	15.0	10.5	17.1	87.4	13.9	1
Pyriproxyfen	6	10.0	5.3	16.9	91.6	5.7	1
Profenofos/lufenuron	6	15.0	10.5	17.1	66.8	34.2	2
Fenpropathrin	-	100.0	100.0	-	-	100.0	4
Deltamethrin/triazophos	-	85.0	84.2	-	-	100.0	4
Zeta-cypermethrin	-	77.5	76.3	-	-	100.0	4
Control	6	5.0	-	17.5	88.8	-	-

¹ Accumulated mortality (%) obtained during the development of the predator. ² Corrected mortality (%) based in the control (Abbott 1925).

³ Number of eggs/day/female during the first 28 days after the pre-oviposition. ⁴ Viability (%) of eggs collected in the period of four consecutive weeks.

⁵ Total effect (%) of the products on the predator. $E = 100\% - (100\% - M\%) \times R_1 \times R_2$. ⁶ Toxicity classes proposed by Hassan and Degrande (1996), as follows: 1 = harmless ($E < 30\%$), 2 = slightly harmful ($30 \leq E \leq 79\%$), 3 = moderately harmful ($80 \leq E \leq 99\%$) and 4 = harmful ($E > 99\%$).

The pesticides were also shown to impart no effects on the length of the pupal stage, which varied from 9.2 to 9.5 days (Table 3). The observed length of this stage was similar to that of previous reports on green lacewings fed with different types of chemically uncontaminated prey (Figueira *et al.* 2000; Costa *et al.* 2002; Maia *et al.* 2004; Macedo *et al.* 2010).

Chlorpyrifos and deltamethrin/triazophos were classified as class 2, where they are considered slightly harmful to pupae ($30 \leq E \leq 79\%$ mortality). The other insecticides were considered harmless; therefore, they were selective to pupae of *C. externa*. Hence, treatment during the pupal phase resulted in negligible negative effects (Table 4). Rocha (2008) examined the effects of insecticides (g a.i./L water), namely, thiamethoxam (0.50), imidacloprid (0.70), endosulfan (2.63), and dimethoate (0.48) and rated these as harmless to pupae of *C. externa*.

Effects of the insecticides on directly treated *C. externa* adults. Chlorpyrifos and fenpropathrin were shown to be highly toxic to adult *C. externa*, causing 100% mortality. The insects treated with deltamethrin/triazophos and zeta-cypermethrin were also affected, resulting in average mortality rates of 85% and 77.5%, respectively, indicating that the adults are more sensitive to certain compounds and insecticides, such as those classified as organophosphates and pyrethroids (Table 5).

The sensitivity of adult insects was also examined by Godoy *et al.* (2010), who reported a high toxicity for thiamethoxam (0.05 g a.i./L water), resulting in low survival rates in *C. externa* and *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), at 22.7% and 0%, respectively, approximately 4 days after application. Moura *et al.* (2010) showed that the application of the compounds (g a.i./L water) carbaryl (1.73), fenitrothion (0.75), and methidathion (0.4) resulted in 100% mortality of adult *C. externa* populations from two different localities (Bento Gonçalves and Vacaria - RS), thus classifying these pesticides as harmful (class 4). Bueno and Freitas (2001) classified imidacloprid as harmful to adult insects at doses of 14.0, 17.5, and 21.0 g p.c./100 L of water, whereas Castilhos *et al.* (2011) reported that the insecticides (g or mL of p.c./100 L water), malathion (300),

phosmet (200), dimethoate (250), and fenitrothion (150) were harmful to adult insects. Rezaei *et al.* (2007) evaluated the impact of insecticides (L or kg of p.c./ha) imidacloprid (0.25), propargite (1.5), and pymetrozine (1.0), reporting mortality rates of 36.8%, 35.8%, and 37.1%, respectively, in *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae) adults. Studies conducted by Preetha *et al.* (2009) using the compounds (g or mL p.c./L) imidacloprid (0.56), methyl demeton (1.0), diafenthiuron (3.2), and monocrotophos (2.0) reported a mean mortality of 36.7%, 63.3%, 53.3%, and 60%, respectively, approximately 48 hours after application.

Pyriproxyfen was observed as a safe insecticide, at the concentration used and this may be attributable to the increased activity of growth regulators during the last larval or nymph instars (Faria 2009), or the ability of insect may have to rapidly excrete this compound from its body. Medina *et al.* (2002) showed that the topical application of 37.5×10^{-9} g a.i. pyriproxyfen per female of *C. carnea* resulted in 88% of the insects showing signs of penetration through the cuticle approximately one day after treatment; however, 90% of the insects showed a capacity for excretion approximately two days after treatment. Velloso *et al.* (1999) observed no changes on the survival of *C. externa* females treated with pyriproxyfen (0.100 g a.i./L of water), confirming the results obtained in the present study.

On the basis of the high mortality rates associated with the application of chlorpyrifos, fenpropathrin, deltamethrin/triazophos, and zeta-cypermethrin, these compounds were considered harmful (class 4) to *C. externa* adults. Although profenofos/lufenuron did not reduce the survival of treated adults, this insecticide affected the reproductive capacity of the insect, reducing the viability of eggs laid by treated females, thus allowing us to classify this product as slightly harmful (class 2). Cartap hydrochloride and pyriproxyfen were classified as class 1, indicating that these are harmless to adult insects and can be recommended for integration into pest management programs in coffee crops, as well as for the preservation of this green lacewing species (Table 5).

Other studies have demonstrated the toxicity of organophosphates and pyrethroids to adult lacewings, as work by Vilela *et al.* (2009) who classified as harmful insecticide fenpropathrin (0.3 g a.i./L) for adults of the same species of

predator, as Carvalho *et al.* (2011) classified the insecticides triazophos (0.6 g a.i./L water) as harmful (class 4) to adult of *C. cubana*.

Conclusions

The examined pesticides showed no significant negative effects on *C. externa* pupae, as compared to the adult insects. Cartap hydrochloride and pyriproxyfen were classified as harmless. Profenofos/lufenuron was slightly harmful, whereas chlorpyrifos, fenpropathrin, deltamethrin/triazophos, and zeta-cypermethrin were categorized as harmful to *C. externa* adults. Further studies using field conditions should be done to confirm the toxicity levels of these compounds on this predator.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the Study funded by the Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBP&D/Cafê, Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel-CAPEs, and Foundation for Research Support of Minas Gerais, for their financial support for the implementation of the project and for providing the scholarships.

Literature cited

- ABBOTT, W. S. A. 1925. Method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- AGROFIT - Sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2009. Available at: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. [Accessed: 10 June 2009].
- AUAD, A. M.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SIMÕES, A. D.; OLIVEIRA, S. A.; BRAGA, A. L. F.; FERREIRA, R. B. 2007. Potencial de *Chrysoperla externa* (Hagen) no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em tomateiro. *Acta Scientiarum Agronomy* 29 (1): 29-32.
- BARBOSA, F. R.; FERREIRA, R. G.; KIILL, L. H. P.; SOUZA, E. A.; MOREIRA, W. A.; ALENCAR, J. A.; HAJI, F. N. P. 2003. Nível de dano, plantas invasoras hospedeiras, inimigos naturais e controle do psilídeo da goiabeira (*Trioza* sp.) no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25 (3): 425-428.
- BUENO, A. F.; FREITAS, S. 2001. Efeito do hexythiazox e imidacloprid sobre ovos, larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Revista Ecosistema* 26 (1): 74-76.
- CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. 2000. Métodos de criação e produção de crisopídeos. pp. 91-109. In: Bueno, V.H.P. (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. UFLA. Lavras. Brazil. 196 p.
- CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; FERREIRA, M. N. 2011. Toxicidade de acaricidas a ovos e adultos de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciência e Agrotecnologia* 35 (1): 165-171.
- CASTILHOS, R. V.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E.; ZOTTI, M. J.; SIQUEIRA, P. R. B. 2011. Seletividade de agrotóxicos utilizados em pomares de pêssego a adultos do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Revista Brasileira de Fruticultura* 33 (1): 73-80.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. 2012. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - café - safra 2012 (segunda estimativa). Available at: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_56_04_boletim_cafe_-_maio_2012.pdf. [Review date: 10 May 2012].
- COSME, L. V.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; PARREIRA, D. S. 2009. Toxicidade de óleo de nim para pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Arquivos do Instituto Biológico* 76 (2): 233-238.
- COSTA, R. I. F.; ECOLE, C. C.; SOARES, J. J.; MACEDO, L. P. M. 2002. Duração e viabilidades das fases pré-imaginais de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentadas com *Aphis gossypii* Glover e *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Acta Scientiarum Agronomy* 24 (2): 353-357.
- DEGRANDE, P. E.; REIS, P. R.; CARVALHO, G. A.; BELARMINO, L. C. 2002. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. pp. 71-93. In: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. M.; Corrêa-Ferreira, B. S.; Bento, J. M. S. *Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. Manole. São Paulo. Brazil. 626 p.
- FARIA, A. B. C. 2009. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. *Ambiência* 5 (2): 345-358.
- FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. 2000. Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ciência e Agrotecnologia* 24 (2): 319-326.
- FOERSTER, L. A. 2002. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. pp. 95-114. In: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. M.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Bento, J.M.S. *Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. Manole. São Paulo. Brazil. 626 p.
- FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. 2000. Resposta Funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29 (2): 309-317.
- GODOY, M. S.; CARVALHO, G. A.; MORAES, J. C.; COSME, L. V.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, C. F.; MORAIS, A. A. 2004. Seletividade de seis inseticidas utilizados em citros a pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology* 33 (3): 359-364.
- GODOY, M. S.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, B. F.; LASMAR, O. 2010. Seletividade fisiológica de inseticidas em duas espécies de crisopídeos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45 (11): 1253-1258.
- GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. G.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. 2001. Consumo alimentar de *Chrysoperla externa* sobre as diferentes fases de desenvolvimento de *Dysmicoccus brevipes*, em laboratório. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (2): 387-391.
- GRAFTON-CARDWELL, E. E.; HOY, M. A. 1985. Short-term effects of permethrin and fenvalerate on oviposition by *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology* 78 (4): 955-959.
- HASSAN, S. A.; DEGRANDE, P. E. 1996. Methods to test the side effects of pesticides on *Trichogramma*. pp. 63-74. In: Parra, J. R. P.; Zucchi, R. (Eds.). *Curso de controle biológico com Trichogramma*. FEALQ. Piracicaba. Brazil. 324 p.
- MACEDO, L. P. M.; PESSOA, L.G.A.; SOUZA, B.; LOUREIRO, E. S. 2010. Aspectos biológicos e comportamentais de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) em algodoeiro. *Semina Ciências Agrárias* 31 (supl. 1): 1219-1228.
- MAIA, W. J. M. S.; CARVALHO, C. F.; CRUZ, I.; MAIA, T. J. A. F.; SOUZA, B. 2004. Capacidade predatória e aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). *Ciência e Agrotecnologia* 28 (6): 1259-1268.
- MEDINA, P.; SMAGGHE, G.; BUDIA, F.; DEL ESTAL, P.; TIRRY, L.; VIÑUELA, E. 2002. Significance of penetration, excretion, and transovarial uptake to toxicity of three insect growth regulators in predatory lacewing adults. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 51: 91-101.

- MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; MOSCARDINI, V. F.; LASMAR, O.; REZENDE, D. T.; MARQUES, M. C. 2010. Selectivity of pesticides used in integrated apple production to the lacewing, *Chrysoperla externa*. *Journal of Insect Science* 10 (121): 1-20.
- OKUMURA, A. S. K.; NEVES, P. M. O. J.; POSSANGNOLO, A. F.; CHOCOROSQUI, V. R.; SANTORO, P. H. 2003. Controle da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* Ferrari em terreiros de secagem de café. *Semina Ciências Agrárias* 24 (2): 277-282.
- OMOTO, C. 2000. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. pp. 31-49. In: Guedes, J. C.; Costa, I. D.; Castiglioni, E. (Org.). *Bases e técnicas do manejo de insetos*. Pallotti. Santa Maria. Brazil. 248 p.
- PREETHA, G.; STANLEY, J.; MANOHARAN, T.; CHANDRASEKARAN, S.; KUTTALAN, S. 2009. Toxicity of imidacloprid and diafenthiuron to *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in the laboratory conditions. *Journal of Plant Protection Research* 49 (3): 290-296.
- REZAEI, M.; TALEBI, K.; NAVEH, V. H.; KAVOUSI, A. 2007. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *BioControl* 52: 385-398.
- RIGITANO, R. L. O.; CARVALHO, G. A. 2001. Toxicologia e seletividade de inseticidas. UFLA/FAEPE. Lavras. Brazil. 72 p.
- RIPPER, W. E.; GREENSLADE, R. M.; HARTLEY, G. S. 1951. Selective insecticides and biological control. *Journal of Economic Entomology* 44 (4): 448-458.
- ROCHA, L. C. D. 2008. Seletividade fisiológica de inseticidas utilizados em cultura cafeeira sobre os predadores *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, 1853 (Coleoptera: Coccinellidae). Tese de doutorado em Entomologia, Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, Brasil. 133 p.
- SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; CORREA, L. R. B.; SOUZA, B.; PRADO, E.; ALCANTRA, E. 2009. Desenvolvimento de *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em cafeeiros. *Acta Scientiarum Agronomy* 31 (1): 13-15.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512.
- SILVA, G. A.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. 2002. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ciência e Agrotecnologia* 26 (4): 682-698.
- SILVA, R. A.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; REIS, P. R.; SOUZA, B.; PEREIRA, A. M. A. R. 2006. Ação de produtos fitossanitários utilizados em cafeeiros sobre pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciência Rural* 36 (1): 8-14.
- SILVA, R. A.; SOUZA, J. C.; REIS, P. R.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. 2010. Sintomas de injúrias causadas pelo ataque de pragas em cafeeiro. pp. 107-142. In: Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Baliza, D. P. *Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas*. 1th ed. Editora UFLA. Lavras. Brazil. 215 p.
- SOUZA, B.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; PRADO, E.; SOUZA, J. C. 2008. Cochonilhas-farinhas (Hemiptera: Pseudococcidae) em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em Minas Gerais. *Coffee Science* 3 (2): 104-107.
- SOUZA, J. C.; REIS, P. R.; RIBEIRO, J. A.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SILVA, R. A. 2007. Controle químico da cochonilha-daraiz, *Dysmicoccus texensis* (Tinsley, 1900) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science* 2 (1): 29-37.
- ULHÔA, J. L. R.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. 2002. Ação de inseticidas recomendados para o controle do curuquerê-do-algodoeiro para pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciência e Agrotecnologia edição especial*: 1365-1372.
- VELLOSO, A. H. P.; RIGITANO, R. L. O.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F. 1999. Efeitos de compostos reguladores de crescimento de insetos sobre larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciência e Agrotecnologia* 23 (1): 96-101.
- VOGT, H. 1992. Untersuchungen zu nebenwirkungen von insektiziden und akariziden auf *Chrysoperla carnea* Sthep. (Neuroptera: Chrysopidae). *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige* 57 (2b): 559-567.

Received: 26-Dec-2012 • Accepted: 30-May-2013

Caracterización de aislamientos nativos de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad hacia *Aeneolamia postica*, en Tabasco, México

Characterization of native isolates of *Metarhizium anisopliae* and its pathogenicity to *Aeneolamia postica* in Tabasco, Mexico

MAGDIEL TORRES DE LA C.^{1,2}, HIPÓLITO CORTEZ M.³, CARLOS F. ORTIZ G.⁴,
SILVIA CAPPELLO G.^{1,5} y ARACELY DE LA CRUZ P.^{1,6}

Resumen: Con la finalidad de contar en Tabasco, México, con aislamientos nativos de *Metarhizium anisopliae* con potencial de control del salivazo de la caña de azúcar (*Aeneolamia postica*), cuatro aislamientos poliespóricos, 12 monospóricos y una cepa comercial se caracterizaron según variables fisiológicas y patogénicas. El desarrollo micelial, la velocidad de germinación y la producción conidial fueron las variables fisiológicas consideradas; las dos primeras se evaluaron a: 25, 30 y 35 °C. La temperatura favorable para el desarrollo micelial de las cepas nativas fue de 25-30 °C. El tiempo requerido para la germinación del 50% de los conidios (TG₅₀) varió desde 6,3 h hasta 13,2 h donde los menores y mayores TG₅₀ se registraron a 30 y 35 °C, respectivamente. Los aislamientos nativos fueron menos sensibles a las temperaturas evaluadas que la cepa comercial. Respecto a producción conidial, los aislamientos poliespóricos superaron a los aislamientos monospóricos. La efectividad patogénica de *M. anisopliae* sobre *A. postica* varió de 31,9 a 53,6%. Las características fisiológicas y patogénicas con fines de selección de micoinsecticidas fueron superiores en los cultivos monospóricos. Los aislamientos con mayor potencial de biocontrol sobre *A. postica* fueron los monospóricos MaA3(1), MaA3(2), MaA2(7), MaA2(1), y la cepa poliespórica MaA4.

Palabras clave: Control biológico. Hongos entomopatógenos. Caña de azúcar.

Abstract: In order to obtain native isolates of *Metarhizium anisopliae* with potential to control *Aeneolamia postica*, four polysporic strains, 12 monosporic and a commercial strain were characterized according to physiological and pathogenic variables. The mycelial development, germination rate and conidia production were considered physiological variables; the first two were evaluated at three temperatures: 25, 30 and 35 °C. The best temperature for mycelial growth of native strains ranged between 25 and 30 °C. The time required to 50% of conidial germination (TG₅₀) ranged from 6.3 to 13.2 h, where the lowest and highest TG₅₀ were 30 °C and 35 °C, respectively. Native strains were less sensitive than the commercial strain at all temperatures tested. Regarding to conidial production, polysporic strains outperformed to the monosporic isolates. The pathogenic effectiveness of *M. anisopliae* to *A. postica* ranged from 31.9 to 53.6%. The physiological and pathogenic characteristics to select the best biocontrol strains were higher in monosporic strains. The strains with greatest potential for biocontrol of *A. postica*, were the monosporic MaA3 (1), MaA3 (2), MaA2 (7), MaA2 (1), and the polysporic MaA4 strain.

Key words: Biological control. Entomopathogenic fungi. Sugar cane.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L., 1753) es uno de los principales recursos agrícolas en Tabasco, México. Se cultiva en 29,460 ha que contribuyen con el 4% de la producción nacional de azúcar y ocupa el sexto lugar en superficie cultivada (UNC 2010). Al igual que otros cultivos, es afectada por varias especies de insectos plaga, entre las que destaca el “salivazo” o “mosca pinta” (*Aeneolamia postica* Walk. 1858) que se alimenta de las láminas foliares y provoca una fitotoxemia llamada “quema de las hojas” con la consecuente disminución de la capacidad fotosintética (Fewkes 1969; Badilla 2002) y pérdidas de hasta 6 ton de caña por ha. Los primeros registros de *A. postica* en las regiones cañeras del sureste de México datan de 1949 (Flores 1994) y, actualmente, la plaga constituye uno de los factores limitantes de la productividad cañera.

Como una estrategia de manejo integrado de la mosca pinta en Tabasco, se ha incrementado el uso del hongo ento-

mopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879; Sorokin 1883), debido al bajo impacto que produce sobre el ambiente y la fauna benéfica (Burgess y Hussey 1971). Las características patogénicas de *M. anisopliae* contra *A. postica*, su factibilidad de reproducción de manera artificial, así como la rentabilidad de su uso, hacen de él una alternativa viable de control del salivazo en Tabasco; sin embargo, las cepas utilizadas son exóticas y, consecuentemente, pueden tener diferente comportamiento en esta región de México.

De acuerdo con De Bach (1968), una de las estrategias básicas en control biológico es la exploración inicial de los enemigos naturales nativos a nivel regional antes de introducir cepas exóticas. En este caso, el clima cálido-húmedo de Tabasco y su diversidad de ecosistemas, sugiere la existencia de una amplia diversidad de organismos nativos con potencial de control biológico (Cortez *et al.* 2003a); sin embargo, aislamientos nativos de *M. anisopliae* no han sido estudiados en la entidad. La variabilidad intraespecífica que ocurre en los hongos entomopatógenos en cuanto a rango de hos-

¹ División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5. C.P. 86039. ² Profesor Investigador. Ph. D. magtorre@colpos.mx. Autor para correspondencia. ³ Profesor Investigador. Ph. D. Instituto Politécnico Nacional. Justo Sierra No. 28, Jiquilpan, Michoacán, México. C.P. 59510. hcortezm@ipn.mx. ⁴ Profesor Investigador. Ph. D. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km. 3.5 Carretera Cárdenas-Huimanguillo, H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500. cfortizg@gmail.com. ⁵ cappellogs@hotmail.com. ⁶ arace_lycp@hotmail.com.

pederos, velocidad de germinación, producción de conidios, crecimiento micelial, respuesta a diferentes temperaturas y virulencia (Drumond y Heale 1988; Ayala *et al.* 2005) hace necesario caracterizar y seleccionar las mejores cepas para el desarrollo de bioinsecticidas (Díaz *et al.* 2009) donde los cultivos monospóricos representan una alternativa que permite seleccionar las mejores características de los aislamientos silvestres (Soper y Ward 1980; Cortez *et al.* 2003a, 2003b). En el presente estudio se caracterizaron aislamientos nativos, poliespóricos y monospóricos, del hongo *M. anisopliae*, con el objetivo de seleccionar los de mejores características fisiológicas y patogénicas para el desarrollo de micoinsecticidas para el manejo de *A. postica*.

Materiales y métodos

Obtención de aislamientos. Para aislar hongos hifomicetos a partir de muestras de suelo, se utilizaron larvas de *Galleria mellonella* Linnaeus, 1756, como insectos trampa de acuerdo con Goettel e Inglis (1997). Las muestras de suelo fueron obtenidas de áreas cultivadas con caña de azúcar del Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (17°59'33"N 93°35'33"O). Cada muestra se tamizó en malla de 2 mm de abertura y 300 g de ese suelo humedecido, fue colocado dentro vasos de plástico de 1.000 ml, junto con cinco larvas de *G. mellonella*. El vaso con suelo y larvas se tapó e invirtió, de modo que las larvas estuviesen en contacto con el suelo (Doberski y Tribe 1980) y las muestras se incubaron por siete días a 25 ± 1 °C. Las larvas se recuperaron del suelo, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1%, durante tres minutos), e incubaron en cámara húmeda a 25 ± 1 °C durante siete días para favorecer el desarrollo del hongo (Hatting *et al.* 1999).

Los hongos que se desarrollaron sobre la superficie de las larvas se aislaron e identificaron con base a las estructuras reproductivas, según Humber (1997) y Samson (1981). La confirmación de la especie fue hecha por el Dr. Richard A. Humber, y los aislamientos se depositaron en la colección de hongos entomopatógenos del Agricultural Research Service (ARSEF) del USDA, EE. UU., Ithaca, N.Y con las claves que se presentan en el Tabla 1. Duplicados se depositaron en la colección de hongos del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México.

Aislamientos evaluados. Se utilizaron cuatro aislamientos poliespóricos nativos, 12 monospóricos y una cepa comercial de *M. anisopliae* (Tabla 2). Los aislamientos poliespóricos y monospóricos se obtuvieron de acuerdo con Almeida *et al.* (1997) y Estrada *et al.* (1997), respectivamente. Tres aislamientos monospóricos se obtuvieron previamente de cada cultivo poliespórico (cepas "madre") y seleccionados por su patogenicidad hacia *G. mellonella*. En total se evaluaron 17 aislamientos, y todos se multiplicaron en medio de cultivo agar-dextrosa de sabouraud + 0,1% de extracto de levadura (ADS + EL) (Feng *et al.* 1990).

Caracterización fisiológica. Desarrollo micelial. A partir de cultivos *in vitro* de *M. anisopliae* de cuatro días de edad, se transfirió un círculo de 5 mm de diámetro del borde de la colonia en crecimiento y se colocó en el centro de una caja Petri con medio de cultivo ADS + EL y se incubó en oscuridad a 25, 30 y 35 ± 1 °C. El desarrollo micelial se evaluó de acuerdo con Dimbi *et al.* (2004), registrándolo

cada dos días hasta el día 16 después de la transferencia; los datos del último día se consideraron para el análisis estadístico. Cinco repeticiones por aislamiento y temperatura fueron utilizados. El porcentaje de inhibición e incremento a 30 y 35 °C se obtuvieron con las fórmulas: % Inhibición/incremento = (desarrollo a 30 °C x 100/ desarrollo a 25 °C)-100, y % inhibición/incremento = (desarrollo a 35 °C x 100/ desarrollo a 25 °C)-100.

Producción conidial. A partir de cultivos de 15 días de edad se sembraron 20,000 conidios en cajas Petri con medio ADS + EL y se incubaron a 25 ± 1 °C en oscuridad durante 15 días. Se establecieron tres repeticiones. Los conidios se cosecharon de la superficie del cultivo bajo condiciones asépticas inundando la caja de Petri con agua destilada estéril (ADE) + inext® (0,1%) y raspando la colonia con un bisturí. La suspensión fue filtrada con gasa clínica para separar el micelio. Los conidios se agitaron durante 10 min en un agitador magnético (Thermolyne®, Artur H. Thomas Co., Philadelphia, PA, EUA). El conteo de conidios se realizó en cámara de Neubauer y la concentración ml^{-1} se estimó mediante la fórmula de Lipa y Slizynski (1973): $C = (Cc) (4 \times 10^6) (Fd/80)$, donde:

C = Número de conidios ml^{-1} ; Cc = Número promedio de conidios contados en la cámara de Neubauer y, Fd = Factor de dilución.

Velocidad de germinación. A partir de cultivos de 15 días de edad se obtuvo una suspensión de 5×10^6 conidios ml^{-1} , de donde 30 μl se sembraron en cajas Petri con medio de cultivo ADS + EL y se incubaron a 25, 30 y 35 ± 1 °C. La germinación se evaluó a las 4, 5, 6, 7, 8, 9, y 10 h con lecturas de 100 conidios, hasta que alguno de los aislamientos logró $\geq 90\%$ de germinación. Se consideraron conidios germinados cuando el tubo germinativo alcanzó la longitud de la mitad del conidio (Jackson *et al.* 1985).

Caracterización patogénica. En macetas de plástico de 10 x 10 cm con suelo pasteurizado se sembró caña de azúcar de la variedad Mex-69-290, la que se utilizó para alimentar los insectos empleados en las pruebas de patogenicidad; para esto, se utilizaron plántulas de 30 días de edad. Cuarenta adultos de *A. postica* se colectaron en cultivos de caña de azúcar y se colocaron en cada maceta. Las plantas con los insectos se introdujeron en cámaras cilíndricas de plástico transparente de 25 x 15 cm, con dos ventanas laterales opuestas de 12 x 5 cm revestidas de tela organza blanca. Los insectos se asperjaron con una suspensión de 1×10^8 conidios ml^{-1} mediante un pulverizador manual. El tratamiento control fue asperjado con agua destilada estéril + inext® (0,1%). El ensayo se mantuvo a 25 ± 1 °C con fotoperíodo 12:12; la humedad relativa (HR) fue de $80 \pm 10\%$. La mortalidad se registró diariamente y los "cadáveres" se colocaron en cámara húmeda con el fin de ob-

Tabla 1. Cepas nativas poliespóricas de *Metarhizium anisopliae* y claves de acceso ARSEF*.

Aislamiento	Origen	Clave
MaA1	Tabasco, México	ARSEF 7612
MaA2	Tabasco, México	ARSEF 7613
MaA3	Tabasco, México	ARSEF 7614
MaA4	Tabasco, México	ARSEF 7615

*ARSEF = Agricultural Research Service, Entomopathogenic Fungal Colección. USDA. Ithaca, New York.

Tabla 2. Aislamientos del hongo *Metarhizium anisopliae* evaluados contra salivazo de la caña *Aeneolamia postica* en Cárdenas, Tabasco, México.

Tipo de aislamiento		
Poliespórico	Monospórico	Origen
MaA1		Tabasco
	MaA1(4)	Tabasco
	MaA1(5)	Tabasco
	MaA1(6)	Tabasco
MaA2		Tabasco
	MaA2(1)	Tabasco
	MaA2(5)	Tabasco
	MaA2(7)	Tabasco
MaA3		Tabasco
	MaA3(1)	Tabasco
	MaA3(2)	Tabasco
	MaA3(7)	Tabasco
MaA4		Tabasco
	MaA4(3)	Tabasco
	MaA4(4)	Tabasco
	MaA4(5)	Tabasco
MaMp1 ^z		Incierito

^z Cepa comercial recomendada para el control de mosca pinta (*Aeneolamia postica*).

tener esporulación. La variable respuesta fue el porcentaje de insectos muertos inducido por *M. anisopliae*. Se establecieron cinco repeticiones por aislamiento fueron establecidos. A partir de los datos de mortalidad final, se obtuvo la efectividad de Abbott (1925) para cada aislamiento. La mortalidad en el testigo forma parte de la fórmula de Abbott.

Análisis estadístico. Los datos del desarrollo micelial (DM), producción conidial (PC) y efectividad de Abbott se analizaron bajo un diseño completamente al azar con 17 tratamientos (cada uno de los aislamientos evaluados) (Tabla 1). Previo al análisis, los datos de DM y PC se transformaron a logaritmo de (x+1), y los porcentajes de efectividad de Abbott se transformaron al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción. Los datos fueron sometidos a un ANOVA y prueba de separación de medias (Tukey, 0.05) mediante SAS® (1998).

Para la velocidad de germinación, se establecieron tres réplicas por aislamiento y temperatura. Mediante regresión logística y el paquete estadístico SAS® (1998), se estimó el tiempo en que ocurrió el 50% de la germinación de los conidios (TG₅₀) (Samuels 1989). Con los datos del TG₅₀ obtenidos por cepa y temperatura, se efectuó un análisis de conglomerado (STATISTICA, versión 5.1) para generar un dendograma y determinar la mayor diferencia y similitud entre cepas.

Resultados y discusión

Identificación de aislamientos. Los aislamientos mostraron colonias inicialmente blancas que al madurar se tornaron color verde olivo, conidióforos simples o agregados con fíalides en forma de botella. Conidios alargados, ovoides a cilíndricos de 5-9 µm dispuestos en cadenas compactas paralelas, que en masa presentaron color verde olivo. Las características de los

cuatro aislamientos poliespóricos coinciden con lo descrito por Humber (1997) y Samson (1981) para *M. anisopliae*.

Caracterización fisiológica. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo micelial. A 25 °C se registraron diferencias significativas ($F = 12.66$, $gl = 16$, $P < 0.0001$) en el desarrollo micelial (DM) entre aislamientos (Tabla 3). Los aislamientos monospóricos tuvieron mayor DM que los aislamientos madre. Resultados similares fueron obtenidos por Cortez *et al.* (2003a) donde cepas monospóricas de *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams registraron mayor DM que las cepas poliespóricas cuando se expusieron 25 °C. La cepa con el mayor DM fue MaA3(7) con $2,6 \pm 0,2$ cm. mientras que el aislamiento con el menor DM fue la comercial MaMp1 con $1,8 \pm 0,3$ cm.

A 30 °C, el análisis manifestó diferencias significativas ($F = 10.11$, $gl = 16$, $P < 0.0001$) (Tabla 3). A esta temperatura el DM mostró menor variación entre aislamientos comparado con la obtenida a 25 °C, similar a lo obtenido por Toriello *et al.* (2008). Nuevamente los aislamientos monospóricos fueron los de mayor respuesta, similar a lo obtenido por Cortez *et al.* (2003a) para *L. lecanii* a 30 °C. El aislamiento monospórico MaA2(7) fue el de mayor desarrollo con $2,4 \pm 0,1$ cm. A esta temperatura, nueve de los 17 aislamientos mostraron un incremento real en relación con el DM mostrado a 25 °C. El grado de inhibición del DM a esta temperatura fue bajo, pues fluctuó entre 0% y 8,8%, lo que puede ser explicado por el origen tropical de los aislamientos (Tabla 3).

Respecto al DM de los aislamientos cuando se expusieron a 35 °C, el análisis manifestó diferencias significativas ($F = 7.76$, $gl = 16$, $P < 0.0001$) (Tabla 3). A esta temperatura, el DM fue inhibido en todos los aislamientos evaluados respecto al desarrollo obtenido a 25 °C, similar a lo obtenido por Toriello *et al.* (2008) con *M. anisopliae*. La inhibición fluctuó de 74,1% hasta 86,3% (Tabla 3). Al igual que a 30 °C el aislamiento con el mayor DM fue MaA2(7) con $0,6 \pm 0,1$ cm.

En el presente estudio, la temperatura óptima para el DM de *M. anisopliae*, aislados en suelos cultivados con caña de azúcar en Tabasco, estuvo en el rango de 25 a 30 °C. Estos resultados concuerdan con Toriello *et al.* (2008), para aisla-

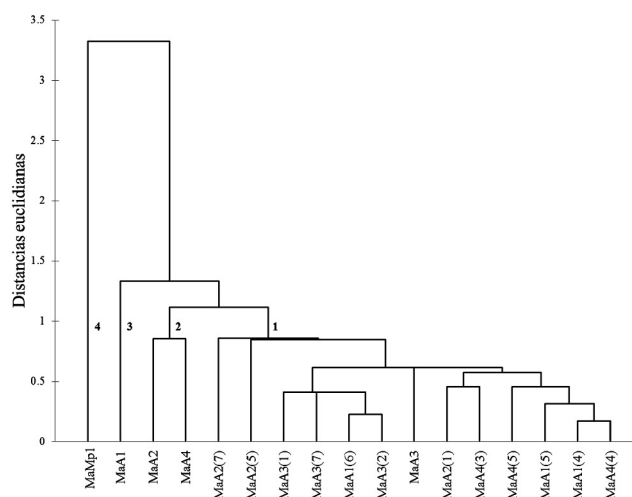


Figura 1. Dendrograma de aislamientos nativos poliespóricos, monospóricos y cepa comercial de *M. anisopliae*, con base al TG₅₀ a 25 °C, 30 °C y 35 °C.

Tabla 3. Desarrollo micelial e inhibición ó incremento de cepas poliespóricas y monospóricas de *Metarhizium anisopliae*.

Cepas	Desarrollo micelial (cm)			Inhibición (-) o incremento (+) (%)	
	25 °C	30 °C	35 °C	25-30 °C	25-35 °C
	Media ^w ± Dst	Media ± Dst	Media ± Dst		
MaA3(7) ^x	2,63 ± 0,18 a	2,59 ± 0,16 ab	0,52 ± 0,05 abc	-1,5	-80,2
MaA3(1) ^x	2,55 ± 0,15 ab	2,44 ± 0,18 bcd	0,41 ± 0,10 cdefg	-4,3	-83,9
MaA3(2) ^x	2,44 ± 0,10 abc	2,32 ± 0,25 bcde	0,54 ± 0,11 abc	-4,9	-77,9
MaA2(7) ^x	2,43 ± 0,10 abc	2,77 ± 0,15 a	0,59 ± 0,07 a	+14,0	-75,7
MaA4(4) ^x	2,41 ± 0,22 abcd	2,50 ± 0,07 abc	0,34 ± 0,01 efg	+3,7	-85,9
MaA4(5) ^x	2,40 ± 0,22 abcd	2,19 ± 0,02 de	0,56 ± 0,02 ab	-8,8	-76,7
MaA2(1) ^x	2,39 ± 0,11 abcd	2,32 ± 0,09 bcde	0,50 ± 0,07 abcd	-2,9	-79,1
MaA1(6) ^x	2,20 ± 0,10 bcde	2,19 ± 0,14 de	0,52 ± 0,11 abc	-0,5	-76,4
MaA1 ^y	2,16 ± 0,12 cde	2,27 ± 0,11 cde	0,49 ± 0,05 abcde	+5,1	-77,3
MaA4(3) ^x	2,13 ± 0,11 cde	2,11 ± 0,07 e	0,47 ± 0,06 abcdef	-0,9	-77,9
MaA4 ^y	2,11 ± 0,13 cde	2,11 ± 0,11 e	0,41 ± 0,01 bcdefg	0	-80,6
MaA3 ^y	2,07 ± 0,07 def	2,09 ± 0,06 e	0,46 ± 0,04 abcdefg	+1,0	-77,8
MaA1(4) ^x	2,07 ± 0,07 def	2,28 ± 0,10 cde	0,33 ± 0,02 fg	+10,1	-84,1
MaA1(5) ^x	2,00 ± 0,10 ef	2,20 ± 0,15 de	0,47 ± 0,08 abcdefg	+10,0	-76,5
MaA2 ^y	1,99 ± 0,07 ef	2,10 ± 0,06 e	0,32 ± 0,08 g	+5,5	-83,9
MaA2(5) ^x	1,97 ± 0,00 ef	2,47 ± 0,04 abcd	0,54 ± 0,06 abc	+25,4	-72,6
MaMp1 ^z	1,78 ± 0,32 f	2,26 ± 0,19 cde	0,36 ± 0,02 defg	+27,0	-79,8

^w Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0,05$). ^x Aislamientos monospóricos. ^y Aislamientos poliespóricos.

^z Cepa comercial.

mientos de *M. anisopliae* obtenidos en caña de azúcar en Veracruz, México. El DM es una característica importante en la selección y producción de hongos entomopatógenos (Ekesi *et al.* 1999) y su respuesta a la temperatura está definida por la región de origen del aislamiento y por aspectos genéticos (Vidal *et al.* 1997; Cortez 2010).

Velocidad de germinación. Con base al tiempo en que germinó el 50% de los conidios (TG₅₀), se observó variabilidad en la velocidad de germinación, la cual fue influenciada por la temperatura y el aislamiento. A 25 °C, dentro de los aislamientos poliespóricos la mayor y menor velocidad de

germinación correspondió a las cepas MaA4 y MaA3, con tiempos promedios de 7,4 y 8,2 h, respectivamente. Todos los aislamientos nativos tuvieron mayor velocidad de germinación que la cepa comercial la cual mostró un tiempo promedio de 8,8 h. En cuanto a los aislamientos monospóricos, la mayor velocidad fue para MaA2(5) (Tabla 4).

A 30 °C, la mayor velocidad de germinación para los aislamientos poliespóricos nativos correspondió a MaA2 con 6,3 h (Tabla 4). Nuevamente la cepa comercial mostró el mayor TG₅₀. A esta temperatura todas los aislamientos poliespóricos nativos tendieron a reducir el TG₅₀ (incremen-

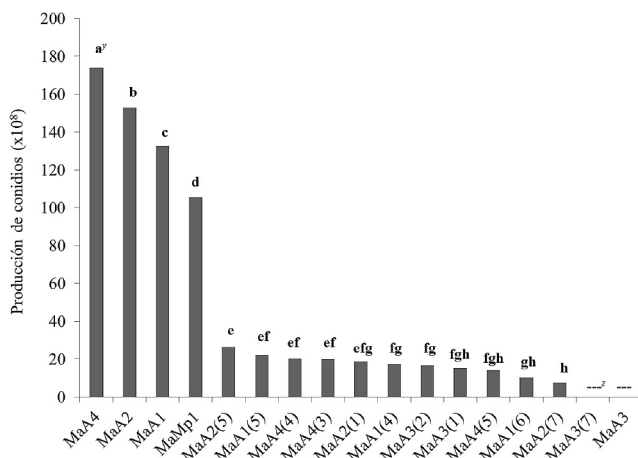


Figura 2. Producción de conidios de aislamientos poliespóricos y monospóricos de *Metarhizium anisopliae*, 15 días después de incubación a 25 °C en Agar-Dextrosa de Sabouraud + 0,1% de extracto de levadura. ^y Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0,05$). ^z Cepas con pérdida de capacidad de esporulación.

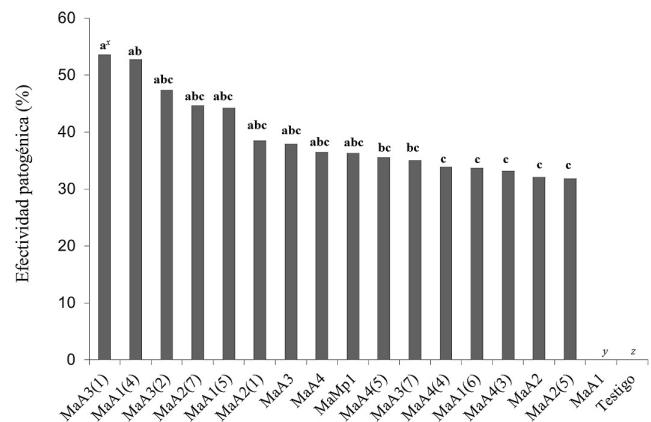


Figura 3. Efectividad de cepas poliespóricas y monospóricas y una cepa comercial de *Metarhizium anisopliae* sobre *Aeneolamia postica*. ^x Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0,05$). ^y Cepa con pérdida de viabilidad. ^z Valor no calculados debidos a la naturaleza de la fórmula de Abbott.

Tabla 4. Tiempo de germinación del 50% de los conidios (TG₅₀) de aislamientos poliespóricos y monospóricos de *Metarhizium anisopliae* evaluados a 25, 30 y 35 °C.

Cepa	TG ₅₀ (h)					
	25 °C		30 °C		35 °C	
	Media	RV ^y	Media	RV	Media	RV
MaA1	7,7	(7,6 – 7,8)	7,1	(7,0 – 7,3)	10,5	(10,4 – 10,6)
MaA1(4)	8,1	(8,0 – 8,2)	7,6	(7,3 – 7,8)	7,3	(6,9 – 7,7)
MaA1(5)	8,0	(7,9 – 8,1)	7,3	(7,1 – 7,4)	7,3	(7,2 – 7,5)
MaA1(6)	7,8	(7,6 – 7,9)	6,7	(6,6 – 6,8)	7,2	(6,9 – 7,6)
MaA2	7,7	(7,6 – 7,8)	6,3	(6,2 – 6,4)	9,2	(9,1 – 9,3)
MaA2(1)	7,5	(7,4 – 7,6)	7,6	(7,5 – 7,7)	6,5	(6,2 – 6,8)
MaA2(5)	6,8	(6,7 – 6,9)	7,6	(7,5 – 7,7)	7,1	(7,0 – 7,2)
MaA2(7)	7,1	(7,0 – 7,2)	7,5	(7,4 – 7,5)	8,2	(8,0 – 8,5)
MaA3	8,2	(8,0 – 8,5)	7,5	(7,4 – 7,6)	6,7	(6,4 – 7,0)
MaA3(1)	8,1	(8,0 – 8,2)	6,6	(6,3 – 6,8)	7,8	(7,7 – 7,9)
MaA3(2)	7,9	(7,8 – 8,0)	6,5	(6,4 – 6,6)	7,2	(7,1 – 7,3)
MaA3(7)	7,8	(7,7 – 7,9)	6,8	(6,6 – 7,0)	7,6	(7,5 – 7,8)
MaA4	7,4	(7,3 – 7,5)	7,1	(7,0 – 7,2)	9,2	(9,1 – 9,3)
MaA4(3)	7,6	(7,5 – 7,7)	7,4	(7,3 – 7,5)	6,9	(6,8 – 7,0)
MaA4(4)	8,0	(7,8 – 8,2)	7,7	(7,5 – 7,9)	7,4	(7,2 – 7,7)
MaA4(5)	7,6	(7,5 – 7,7)	7,5	(7,4 – 7,6)	7,5	(7,4 – 7,6)
MaMp1 ^z	8,8	(8,7 – 8,9)	8,7	(8,6 – 8,8)	13,2	(12,8 – 14,0)

^y Rango de variación. ^z Cepa comercial.

taron su velocidad de germinación) respecto al presentado a 25 °C. De los aislamientos monospóricos, la mayor velocidad fue para MaA3(2) (Tabla 4). Los aislamientos monospóricos que superaron a los aislamientos poliespóricos de origen fueron MaA1(6), MaA3(1), MaA3(2), MaA3(7). En general, el TG₅₀ de las cepas expuestas a 30 °C fue menor a 9 h, con rangos de 6,2-8,8 h lo cual concuerda con Samuels *et al.* (1989), quienes reportan cepas de *M. anisopliae* con TG₅₀ menor a 9 h.

A 35 °C, la mayor velocidad de germinación para los aislamientos poliespóricos nativos correspondió a MaA3 con 6,7 (Tabla 4). La mayor sensibilidad a esta temperatura fue registrada en la cepa comercial al presentar el mayor TG₅₀. Para los aislamientos monospóricos la mayor velocidad de germinación fue para MaA2(1), con 6,5 h.

El análisis de conglomerado de los aislamientos poliespóricos nativos, monospóricos y cepa comercial de *M. anisopliae* con base en el TG₅₀ a 25, 30 y 35 °C, mostró la formación de cuatro grupos. En el grupo 1 se incluyeron todos los aislamientos monospóricos (Fig. 1), las cuales fueron los de menor TG₅₀, incluyendo el aislamiento poliespórico nativo MaA3; este grupo fue favorecido por las altas temperaturas al aumentar la velocidad de germinación. En el grupo dos y tres se ubicaron los aislamientos poliesporicos MaA1, MaA2, MaA3, en las cuales su TG₅₀ respectivo aumentó conforme incrementó la temperatura (su velocidad de germinación disminuyó). El grupo cuatro fue formado por la cepa comercial (MaMp1), la de mayor TG₅₀ en todas las temperaturas evaluadas, lo cual es interesante resaltar debido a que es común utilizar cepas exóticas sin considerar las características básicas del aislamiento (Samuels *et al.* 1989) (Fig. 1; Tabla 4). La velocidad de germinación es una característica importante en

la selección de hongos entomopatógenos porque a mayor velocidad existe una mayor oportunidad del hongo para infectar al insecto hospedero, sobre todo cuando las condiciones ambientales son adversas (Moore y Prior 1993; Cortez *et al.* 2003b).

Producción de conidios. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($F = 99999.99$, $gl = 15$, $P < 0.0001$) en la producción de conidios a 25 °C, principalmente entre aislamientos poliespóricos y monospóricos, donde los primeros presentaron mayor producción de conidios que los segundos, excepto la cepa MaA3 que presentó pérdida de capacidad de esporulación en SDA + E.L (Fig. 2). Resultados similares son presentados por Cortéz *et al.* (2003a) donde aislamientos poliespóricos de *L. lecanii* mostraron mayor producción de conidios que los monospóricos. El aislamiento con mayor producción conidial fue MaA4, con una producción total de 174 ± 3.8 ($\times 10^8$) conidios. Los aislamientos MaA2 y MaA1 mostraron producción intermedia. La cepa comercial obtuvo el cuarto lugar en cuanto a producción conidial (Fig. 2). De acuerdo con Badilla *et al.* (1996), la selección de aislamientos con buen potencial genético en cuanto a producción de conidios, es un aspecto básico para la producción a escala comercial de hongos entomopatógenos.

Efectividad patológica. Diferencias significativas ($F = 4.16$, $gl = 15$, $P < 0.0001$) se encontraron en la efectividad patológica de los aislamientos de *M. anisopliae* sobre *A. postica*. La efectividad fluctuó del 31,9% al 53,6%. Estos resultados son similares a los reportados por Arango *et al.* (1994) los cuales reportan 46,1% obtenido por *M. anisopliae* sobre la mosca pinta (*Aeneolamia* sp.); así también, Badilla *et al.* (1996) registraron 41,6% de mortalidad sobre *A. albofasciata* (Lalle-

mand, 1939) y *Prosapia* sp. La cepa monospórica MaA3(1) presentó la mayor efectividad sin diferencias significativas con las cepas monospóricas MaA1(4), MaA3(2), MaA2(7), MaA1(5), MaA2(1), la cepa poliespórica MaA3, y la cepa comercial MaMp1; sin embargo, las cepas que superaron el 50% de efectividad fueron las monoespóricas MaA3(1) y MaA2(7) (Fig. 3). Resultados similares son presentados por Cortéz *et al.* (2003a) donde cepas monospóricas de *L. lecanii* mostraron mayor mortalidad sobre *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841). De acuerdo con Tanada y Kaya (1993), la virulencia de cepas de hongos entomopatógenos es una característica relevante en la selección de aislamientos con fines de control biológico, debido a que se presentan diferencias importantes en la virulencia entre aislamientos de una misma especie.

Conclusiones

Los aislamientos de *M. anisopliae* obtenidos de suelos cultivados con caña de azúcar en Tabasco, México, mostraron variabilidad intraespecífica en cuanto a velocidad de germinación, desarrollo micelial, producción conidial, y patogenicidad. El rango de temperatura favorable para los aislamientos nativos de *M. anisopliae* fue de 25-30 °C. La cepa comercial fue más sensible que los aislamientos nativos a las temperaturas evaluadas. Se observaron diferencias significativas entre cultivos poliespóricos y sus cultivos monospóricos respectivos. Con excepción de la producción de conidios, las características de interés con fines de selección de micoinsecticidas fueron superiores en los cultivos monospóricos. Con base a las características evaluadas, los aislamientos con mayor potencial de utilización en el manejo de la mosca pinta en Tabasco fueron las cepas monospóricas MaA3(1), MaA3(2), MaA2(7), MaA2(1), y la cepa poliespórica MaA4. La variabilidad en las características evaluadas demuestra la importancia que tiene la caracterización de aislamientos y manifiestan el potencial del hongo estudiado para el desarrollo de bioinsecticidas sobre *A. postica*. Así también, la obtención de cultivos monospóricos a partir de cepas poliespóricas permite la selección de cepas con características sobresalientes, como se demostró en la presente investigación.

Literatura citada

- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (2): 265-267.
- ALMEIDA, J. E.; ALVES, M. S. B.; PEREIRA, R. M. 1997. Selection of *Beauveria* spp. Isolates for control of the termite *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858). *Journal of Applied Entomology* 121 (5): 539-543.
- ARANGO, G. L.; TORRES, C.; LAPOINTE S. L. 1994. Patogenicidad de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* sobre huevos y ninfas de *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Homoptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología* 20 (1): 43-46.
- AYALA Z, M. A.; MIER, T.; ROBLES, S. J.; TORIELLO, C. 2005. Variabilidad intraespecífica del crecimiento de *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*) por efecto de la temperatura. *Revista Mexicana de Micología* 20 (1): 93-97.
- BADILLA, F. F. 1996. Manejo integrado de jobotos *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. pp. 104-113. En: Shannon P. J.; Carballo, M. (Eds.). *Biología y control de Phyllophaga* spp. CATIE Serie Técnica, Informe Técnico no. 277. Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- BADILLA, F. F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) 64 (2): 77-87.
- BURGES, H. D.; HUSSEY, N. W. 1971. *Microbial Control of Insects and Mites*. Academic Press Londres. 861 p.
- CORTEZ, M. H.; ORTIZ, G. C. F.; ALATORRE, R. R.; BRAVO, M. H.; MORA, A. G.; ACEVES, N. L. A. 2003a. Caracterización cultural de cepas de *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* (Zimm.) Zare y Gams y su patogenicidad sobre *Toxoptera aurantii* Boyer. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21 (2): 161-167.
- CORTEZ, M. H.; ALATORRE, R. R.; MORA, A. G.; BRAVO, M. H.; ORTIZ, G. C. F.; ACEVES, N. L. A. 2003b. Characterization of multispore and monospore isolates of *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* for the management of *Toxoptera aurantii* in cocoa. *Biocontrol* 48 (3): 321-334.
- CORTEZ, M. H. 2010. Evaluación de aislamientos de hongos entomopatógenos y su virulencia hacia *Bactericera cockerelli*, según su origen. *Fitopatología Colombiana* 34 (1): 17-21.
- DE BACH, P. 1968. *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*. Ed. Continental, México. 949 p.
- DIAZ, B. M.; OGGERIN, M.; LOPEZ, L. C. C.; RUBIO, V.; FERERES, A. 2009. Characterization and virulence of *Lecanicillium lecanii* against different aphid species. *BioControl* 54 (6): 825-835.
- DIMBI, S. N.; MANIANIA, N. K.; LUX, S. A.; MUEKE, J. M. 2004. Effect of constant temperatures on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* to three species of African tephritid fruit flies. *BioControl* 49 (1): 83-94.
- DOBERSKI, J.; TRIBE, H. T. 1980. Isolation of entomopathogenic fungi from elm bark and soil with reference to ecology of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Transactions of the British Mycological Society* 74 (1): 95-100.
- DRUMMOND, J.; HEALE, J. B. 1988. Genetic studies on the inheritance of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Invertebrate Pathology* 52 (1): 57-65.
- EKESI, S.; MANIANIA, N. K.; AMPONG, N. K. 1999. Effect of temperature on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on *Megalurothrips sjostedti*. *Biocontrol Science and Technology* 9 (2): 177-185.
- ESTRADA, V. M. N.; VÉLEZ, A. P. E.; LÓPEZ, N. J. C. 1997. Estandarización de una metodología para obtener cultivos monospóricos del hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé* 48 (1): 59-65.
- FENG, M. G.; JOHNSON, J. B.; KISH, L. P. 1990. Virulence of *Verticillium lecanii* and an aphid-derived isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) for six species of cereal-infesting aphids (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 19 (3): 815-820.
- FEWKES, D. W. 1969. The biology of sugar cane froghoppers. pp. 283-307. En: Williams, J.R.; Metcalfe, J. R.; Mungomery, R. W.; Mathes, R. (Eds.). *Pests of sugar cane*. Ed. Elsevier Publishing Company, New York. EEUU. 360 p.
- FLORES, C. S. 1994. *Las plagas de la caña de azúcar en México*. Ed. Silverio Flores Cáceres México. 350 p.
- GOETTEL, M.; INGLIS, D. 1997. Fungi: Hyphomycetes. pp. 213-249. En: Lacey, L. A. (Ed.). *Manual of techniques in insect pathology*. Academic Press. San Diego, EEUU. 409 p.
- HATTING, L. J.; HUMBER, R. A.; POPRAWSKI, T. J.; MILLER, R. M. 1999. A survey of fungal pathogens of aphids from South Africa, with special reference to cereal aphids. *Biological Control* 16 (1): 112.
- HUMBER, R. A. 1997. Fungi: Identification. pp. 153-185. En: Lacey, L. (Ed.). *Manual of techniques in insect pathology*. Academic Press. San Diego, EEUU. 409 p.
- JACKSON, C. W.; HEALE, J. B.; HALL, R. A. 1985. Traits associated with virulence to the aphid *Macrosiphoniella sanborni*

- in eighteen isolates of *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology* 106 (1): 39-48.
- LIPA, J. J.; SLIZYNZKI, K. 1973. Wskazówki metodyczne I terminologia dowyznaczania snedniej dawki swiertelnej (LD_{50}) W Patologii Owadow i toksykologii. *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin* 15 (1): 59-83.
- MOORE, D.; PRIOR, C. 1993. The potential of mycoinsecticides. *Biocontrol News and Information* 14 (1): 31-40.
- SAMUELS, K. D. Z.; HEALE, J. V.; LLEWELLYN, M. 1989. Characteristics relating to the pathogenicity of *Metharhizium anisopliae* toward *Nilaparvata lugens*. *Journal of Invertebrate Pathology* 53 (1): 25-31.
- SAMSON, R. A. 1981. Identification: Entomopathogenic Deuteromycetes. pp. 93-105. In: Burges, H. D. (Ed.). *Microbial control of pests and plant diseases*. Ed. Academic press, Londres. 949 p.
- SAS INSTITUTE. 1998. *SAS User's guide: Statistics*. Release 6.03 Ed. SAS Institute INC. Cary, NC. EEUU. 1028 p.
- SOPER, R. S.; WARD, M. G. 1980. Production, formulation and application of fungi for insect control. p. 161-180. En: Papavias, G. C. (Ed.). *Biological control in crop production*. Allandhead, Osman and Co. Totowa, New Jersey. 390 p.
- TANADA, Y.; KAYA, H. 1993. *Insect Pathology*. Ed. Academic Press. New York. EEUU. 666 p.
- TORIELLO, C.; MONTOYA, S. E.; ZAVALA, R. M.; NAVARRO, B. H.; BASILIO, H. D.; HERNÁNDEZ, V. V.; MIER, T. 2008. Virulencia y termotolerancia de cultivos monospóricos de *Metharhizium anisopliae* var. *anisopliae* de la mosca pinta (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Mexicana de Micología* 28 (2): 57-66.
- UNC. 2010. Unión Nacional de Cañeros A.C. Disponible en: <http://www.cañeros.org.mx>. [Fecha revisión: 05 marzo 2011].
- VIDAL, C.; FARGUES, J.; LACEY, L. A. 1997. Intraspecific variability of *Paecilomyces fumosoroseus*: Effect of temperature on vegetative growth. *Journal of Invertebrate Pathology* 70 (1): 18-26.

Recibido: 22-nov-2012 • Aceptado: 4-jun-2013

Scientific note

***Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as an alternative host for the parasitoid *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae)**

Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) como un huésped alternativo para la cría de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae)

KELLEN FAVERO¹, FABRICIO FAGUNDES PEREIRA², HARLEY NONATO DE OLIVEIRA³
and JOSÉ COLA ZANUNCIO⁴

Abstract: The aim of this work was to verify if *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) was able to parasitize and develop in pupae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). The parasitism rate and emergence of *T. diatraeae* on pupae of *T. molitor* was 80% and 50%, respectively. The total number of individuals emerged per pupae on this host was 97.06 ± 17.50 with a sex ratio of 0.94 ± 0.02 . The longevity (in days) of females and males of this natural enemy was 18.15 ± 0.99 and 11.67 ± 0.62 , respectively. The high reproductive performance of *T. diatraeae* shows the adequacy of *T. molitor* pupae for this parasitoid. This is the first report of *T. molitor* pupae as an alternative host for rearing *T. diatraeae*.

Key words: Biological control. Parasitism. Pupae parasitoid. Reproductive potential.

Resumen: El objetivo de este trabajo fue verificar la capacidad de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) de parasitar y desarrollarse en pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Los porcentajes de parasitismo y emergencia de *T. diatraeae* sobre pupas de *T. molitor* fue de 80% y 50%, respectivamente. El número total de individuos emergidos por pupa de este huésped fue 97.06 ± 17.50 , con una proporción sexual de 0.94 ± 0.02 . La longevidad (días) de hembras y machos de este enemigo natural fue de 18.15 ± 0.99 y 11.67 ± 0.62 , respectivamente. El alto rendimiento reproductivo de *T. diatraeae* muestra la adecuación de las pupas de *T. molitor* para este parasitoide. Este es el primer registro de pupas de *T. molitor* como un huésped alternativo para la cría de *T. diatraeae*.

Palabras clave: Control biológico. Parasitismo. Pupas parasitoide. Potencial reproductivo.

Introduction

Trichospilus diatraeae Cherian and Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae) is a gregarious endoparasitoid that preferentially attacks Lepidoptera pupae. It was first reported on *Diatraea venosata* Walker, 1863 (Lepidoptera: Crambidae) and dates from 1942 (Bouček 1976). In Brazil, the first occurrence was on pupae of Arctiidae (Paron and Berti-Filho 2000), but recently it was also reported attacking species of Oecophoridae (Oliveira *et al.* 2001), Geometridae (Pereira *et al.* 2008; Zaché *et al.* 2010) and Pyralidae (Melo *et al.* 2011).

One the most important issues in a program of biological control of insect is to find an adequate alternative host to rear the natural enemy. This host should be reared with low production costs and without affecting the efficiency of natural enemy in the field (Zanuncio *et al.* 2008). *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) is easy and inexpensive to rear in mass (Otuka *et al.* 2006) and shows very good results to rear pupae parasitoids (Zanuncio *et al.* 2008). For this reason, the parasitism of *T. diatraeae* on *T. molitor* pupae was studied.

The experiment was carried out in an acclimatized room, under the following conditions: mean maximum temperature of 25.88 ± 0.18 °C and minimum of 24.12 ± 0.16 °C, maxi-

mum relative humidity of $62.33\% \pm 1.15$ and a minimum of $55.63\% \pm 1.00$ and photophase of 12 hours. Forty pupae of *T. molitor* 24 hours old and weighing between 0.11 g and 0.14 g were individualized in glass tubes (2.5 x 8.5 cm) and exposed to parasitism by 20 *T. diatraeae* females with age between 48 and 72 hours. The experiment was set up in a completely randomized design. There were evaluated the duration of the life cycle (egg to adult), the percentage of parasitism discounting host natural mortality (Abbott 1925), the percentage of parasitoid emergence, the number of parasitoids per pupa of *T. molitor*, the longevity of males and females and sex ratio ($rs = \text{number of females} / \text{number of females} + \text{males}$).

The life cycle (egg to adult) of *T. diatraeae* in pupae of *T. molitor* took 26.14 ± 0.99 days, being longer than on *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) 19.8 ± 0.7 days, at 25 °C, RH of $70 \pm 10\%$ and 14 hours photophase (Paron 1999). This may be due to a better adaptation of this parasitoid to pupae of the host. Although important, it is not the only factor responsible for variations on the development of this parasitoid. Also, it is affected by temperature, humidity and photoperiod (Zago *et al.* 2006).

The percentages of parasitism and emergence of *T. diatraeae* were 80 and 50%, respectively from pupae of *T. molitor*. The total number of individuals emerged per pupa of this

¹ M. Sc. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. fabriciofagundes@ufgd.edu.br. ² Ph. D. Professor Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. fabriciofagundes@ufgd.edu.br. ³ Ph. D. Researcher Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 449, CEP 79804-970 Dourados, MS, Brazil. harley.oliveira@embrapa.br. Corresponding author. ⁴ Ph. D. Professor Universidade Federal de Viçosa, 36571-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. zanuncio@ufv.br.

host was 97.06 ± 17.50 and with 4.62 ± 0.87 females produced per female of this parasitoid with a sex ratio of 0.94 ± 0.02 . The longevity (days) of females and males of this natural enemy was 18.15 ± 0.99 and 11.67 ± 0.62 , respectively. Paron and Berti Filho (2000) also reported high parasitism of *T. diatraeae* on pupae of *D. saccharalis* and some Noctuidae (Lepidoptera) such as *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797, *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781). These authors used one and several females, without mentioning clearly the number of parasitoids used. *Trichospilus diatraeae* is a gregarious parasitoid, which makes necessary to determine the ideal density of its females per pupa to increase the efficiency of production techniques in the laboratory. The progeny of *T. diatraeae* per pupa of *T. molitor* was higher than that reported for *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) (70.07 ± 2.50) with this host (Zanuncio *et al.* 2008), but this latter parasitoid has greater body size than the first. However, the number of individuals of this parasitoid emerged per pupa of *S. frugiperda* (208.3 ± 4.5), *D. saccharalis* (194.7 ± 6.8), *A. gemmatilis* (186.7 ± 2.8) and *H. virescens* (170.5 ± 1.3) (Paron and Berti-Filho 2000) was higher than that of this work. These variations can be attributed to host size (bigger pupae can support the development of more immature), hardness of pupae integument (Godfray 1994) and the methodologies used.

The sex ratio of *T. diatraeae* produced per pupae of *T. molitor* was similar to that of *P. elaeisis* on this host (0.94 ± 0.01) (Zanuncio *et al.* 2008) what shows the high reproductive capacity and great potential of both parasitoids. The higher number of females is an important issue, especially in a system of mass rearing and in the selection of individuals to release in the field, because the predominance of females can increase the number of individuals produced in the following generation (Pereira *et al.* 2009). The high sex ratio of *T. diatraeae* from *T. molitor* pupae, also, indicates that this host is adequate for this parasitoid. The survival of females and males of *T. diatraeae* from *T. molitor* pupae in the laboratory may be sufficient for this parasitoid to copulate, find and parasitize hosts in the field. The longevity of *T. diatraeae* was lower in pupae of *T. molitor* than that of *P. elaeisis* with this host (Zanuncio *et al.* 2008). This may be due to food competition between immature because *T. diatraeae* produced more offspring per pupa of *T. molitor* than *P. elaeisis*. The temperature also affects the longevity but its impact differs between parasitoids species. The longevity of insects is also related to factors such as diet, environment conditions and energy spent during copulation and oviposition (Kapranas and Luck 2008).

The high reproductive performance of *T. diatraeae* shows the adequacy of *T. molitor* pupae for this parasitoid. This is the first report of *T. molitor* pupae as an alternative host to rearing *T. diatraeae*. As this natural enemy preferentially attacks Lepidoptera pupae; the qualitative and quantitative biological characteristics of this parasitoid may increase with the number of generations due to a better conditioning in this Coleoptera pupa. This can be explained by the fact that the experiment was developed with *T. diatraeae* reared with pupae of *T. molitor* between the second and third generation in the laboratory. The low cost of producing *T. molitor* allows the use of this host to mass rearing *T. diatraeae* for biological control programs of lepidopterous.

Acknowledgements

To “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)” and “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)”.

Literature cited

- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (1): 265-267.
- BOUČEK, Z. 1976. The African and Asiatic species of *Trichospilus* and *Cotterellia* (Hymenoptera: Eulophidae). *Bulletin of Entomological Research* 65 (4): 669-681.
- GODFRAY, H. C. J. 1994. Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology. New Jersey, Princeton University Press. 473 p.
- KAPRANAS, A.; LUCK, R. F. 2008. Egg maturation, host feeding, and longevity in two *Metaphycus* parasitoids of soft scale insects. *Biological Control* 47 (2): 147-153.
- MELO, R. L.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; TAVARES, M.; MILANEZ, A. M.; MELO, D. F. 2011. Ocorrência de *Trichospilus diatraeae* (Hym.: Eulophidae) em broca-das-cucurbitáceas, no Brasil. *Horticultura Brasileira* 29 (2): 228-230.
- OLIVEIRA, M. A. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ICUMA, I. M.; ALVES, R. T.; OLIVEIRA, J. N. S.; ANDRADE, G. A. 2001. Incidência de danos da broca do fruto da graviola no Distrito Federal. Comunicado Técnico-Embrapa Cerrados, Planaltina 51: 1-5.
- OTUKA, A. K.; VACARI, A. M.; MARTINS, M. I. E. G.; DE BORTOLI, S. A. 2006. Custo de produção de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) criado com diferentes presas. *O Biológico* 68 (1/2): 224-227.
- PARON, M. R. 1999. Bioecologia de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Maragabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), endoparasitóide de Lepidoptera. Tese (Doutorado em Entomologia) Piracicaba, SP. Escola Superior “Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- PARON, M. R.; BERTI-FILHO, E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). *Scientia Agricola* 57 (2): 355-358.
- PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; TAVARES, M. T.; PASTORI, P. L.; JACQUES, G. C.; VILELA, E. F. 2008. New Record of *Trichospilus diatraeae* as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrinteina arnobia* in Brazil. *Phytoparasitica* 36 (3): 304-306.
- PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; PASTORI, P. L.; RAMALHO, F. S. 2009. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera; Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera; Bombycidae). *Brazilian Journal of Biology* 69 (3): 865-869.
- ZACHÉ, B.; WILCKEN, C. F.; DACOSTA, R. R.; SOLIMAN, E. P. 2010. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), a new parasitoid of *Melanolophia consimiliaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Phytoparasitica* 38 (4): 355-357.
- ZAGO, H. B.; PRATISSOLI, D.; BARROS, R.; GONDIM JUNIOR, M. G. C. 2006. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em hospedeiros alternativos. *Neotropical Entomology* 35 (3): 377-381.
- ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; JACQUES, G. C.; TAVARES, M. T.; SERRÃO, J. E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterist Bulletin* 62 (1): 64-66.

Scientific note

Damage of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on *Coffea arabica* in Brazil

Dano de *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) en *Coffea arabica* en Brasil

FLÁVIO L. FERNANDES^{1,3}, JUNO F. S. DINIZ^{1,3}, PAULO R. SILVA^{1,3} and EDUARDO MOSCA²

Abstract: Caterpillars of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) has commonly been found attacking young coffee (*Coffea arabica*) plants in Brazil (State of Minas Gerais), with lesions being observed in the stems and residues of caterpillar feces found in the bark. A few days after the attack, the tissue damage appears less intense because of a woody suberization and healing process, hampering pest detection. There was a higher mortality of plants (13.9%). This is the first record *A. ipsilon* damaging young coffee plants in Brazil and new cases could arise in other locations where this plant is grown.

Key words: Black cutworm. Caterpillars. Coffee seedlings. Pasture.

Resumen: Orugas de *Agrotis ipsilon* son encontradas comúnmente atacando plantas jóvenes de café (*Coffea arabica*) en Brasil (Estado de Minas Gerais), en las que se observa lesiones en los tallos y se encuentra residuos de heces de oruga en la corteza. Unos pocos días después del ataque, el daño en el tejido parece ser menos intenso a causa de la suberización leñosa y del proceso de curación, lo que dificulta la detección de la plaga. Hubo una elevada mortalidad de la planta (13,9%). Esta es la primera evidencia de que *A. ipsilon* es dañina a las plantas jóvenes de café en Brasil y que nuevos casos podrían surgir en otras localidades donde se cultiva esta planta.

Palabras clave: Gusano cortador negro. Larvas. Plántulas de café. Pasto.

Introduction

Recent reports have shown new insect pests feeding on and causing problems for coffee plants and other crops in Brazil (Sánchez-Soto 2005; Souza *et al.* 2009; Fernandes *et al.* 2010). For example, *Scaptocoris castanea* (Perty, 1830) (Hemiptera: Cydnidae) occurs sporadically in soy crops (*Glycine max* L.) and since 1984 has become an important pest in soy, cotton, second crop corn and rice plantations, mainly in the Brazilian states of Mato Grosso, São Paulo and Minas Gerais (Nakano *et al.* 2001; Oliveira *et al.* 2003). Thus, new insect species feeding on coffee plants may present a risk in Brazil and other countries.

Caterpillars of the genus *Agrotis* measure about 40 mm when fully grown, are robust, cylindrical, smooth and dark gray. When touched, they roll up, becoming thread-like in appearance. The larval cycle lasts 20 to 25 days and the pupal stage ranges from 11 to 15 days. This genus constitutes an important group of insect pests because of the damage they cause to a large number of cultivated plants and their wide geographical distribution (Vendramim *et al.* 1982). *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae) is the main caterpillar species in Brazil and is a polyphagous insect, attacking mainly Solanaceae, Cruciferae and Curcubitaceae. It can also attack other species of different plant families in crops such as corn and soybeans. *A. ipsilon* occurs mainly in

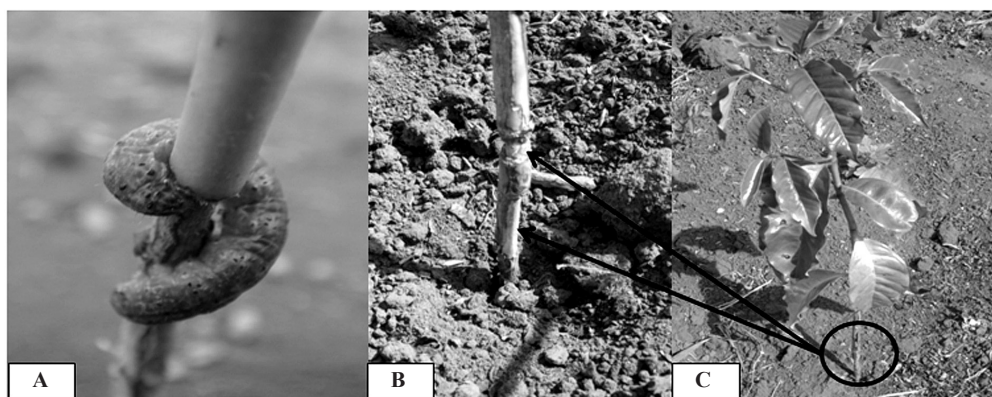


Figure 1. Black cutworm *Agrotis ipsilon* (A) and injuries (B and C) in coffee seedlings *Coffea arabica*. Unai-MG, 2012.

¹ Dr. in Entomology, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, Km 310, Rio Paranaíba, Brazil. *flaviofernandes@ufv.br*, corresponding author. ² Agronomist, Centro de Consultoria Araguari, Al das Azaleias, N° 150, Jardim das rosas, Araguari, Brazil. ³ Graduate student of Agronomy, *juno.diniz@ufv.br*, *paulo.r.roberto@ufv.br*.

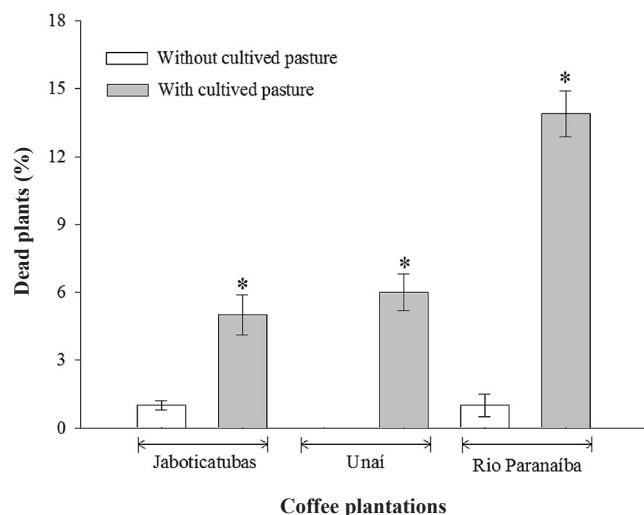


Figure 2. Percentage of dead plants in six-month-old coffee plantations with and without cultivated pasture *Brachiaria decumbens* and guinea grass *Panicum maximum*. A single asterisk indicates a 5% significance level between cultivated and uncultivated pasture using the t-test.

wetter areas and has great reproductive capacity, with each female capable of laying over 1,000 eggs (Santos and Shield 1998).

Between November 2009 and March 2011, in the municipalities of Unai, Rio Paranaíba and Viçosa, State of Minas Gerais, the black cutworm *A. ipsilon* has been constantly attacking crops. This has occurred in a field of *Coffea arabica* L. with six field plantations, with and without cultivated pasture *Brachiaria decumbens* Stapf and guinea grass *Panicum maximum* (Fig. 1A). Coffee seedlings were transplanted with 4 - 6 pairs of fully expanded leaves, with 0.6 m between plants and 3.2 m between rows, with a total of 520,833, 200,000 and 1,540 plants in Unai, Rio Paranaíba and Viçosa municipalities, respectively. During the harvest, 200 random transects of plants were established (each 5 m in length) and used to evaluate the percentage of dead plants due to damage by *A. ipsilon* per coffee plantation. A t-test was conducted to compare attacks across the three coffee plantations.

Attacks occurred in young coffee plants *C. arabica* ('Obatã') approximately 3-4 months after planting, with lesions being observed in the stems (10 cm above the soil) and residues of caterpillar feces found in the bark (Figs. 1A, B, C). A few days after the attack, the tissue damage appears less intense because of a woody suberization and healing process, hampering pest detection. Two problems have been detected arising from this phytophagous pest: One year after the lesions formed, the leaves turned yellow and fell off the plant (Fig. 1C), probably because of increased nutritional requirements during this period. The damage also caused mortality of young plants due to the weakening of the stem region, where the caterpillars were feeding. The damage has also

caused weakened young plants, making them more susceptible to being destroyed by wind.

The number of dead plants by *A. ipsilon* was significantly different between field plantations ($P < 0.001$). There was a higher mortality (26,000 plants = 13.9%) in Rio Paranaíba, MG (Fig. 2). Probably because there is extensive cultivation of pasture, near the farm assessed. The few studies reporting its damage refer to this species in other plant species, having been detected losses of 50 to 100% (Reis and Hodges 1976). The damage by *A. ipsilon* on *C. arabica* seedlings indicated the potential of this arthropod as a pest on this plant species. More studies must be carried out to determine the growth rate of this species and to evaluate potential losses to *C. arabica* crops. This is the first record *A. ipsilon* damaging young coffee plants in Brazil and new cases could arise in other locations where this plant is grown.

Acknowledgements

To Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) for financial support to the authors.

Literature cited

- FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; RAMOS, R. S.; BENEVENUTE, J. S.; FERNANDES, M. E.S. 2010. Ocorrência e distribuição espacial e temporal do coleóptero *Naupactus curtus* em cafeeiros de Minas Gerais Brasil. *Ciência Brasil* 40 (6): 1424-1427.
- NAKANO, O.; ROMANO, F. C. B.; PESSINI, M. M. O. 2001. Pragas de solo (2nd ed.). Esalq. Piracicaba, Brazil, 213 p.
- OLIVEIRA, E. D. M. D.; PASINI, A.; FONSECA, I. C. B. 2003. Association of the soil bug *Atarsocoris* sp. (Hemiptera: Cydnidae) with the weed *Senecio brasiliensis* Less. *Neotropical Entomology* 32 (1): 155-157.
- REIS, M. S.; HODGES, C. B. 1976. Forest development and research - Brazil, status of forest diseases and insects in Latin American. Brasília, Brasil, 10 p.
- SANTOS, L.; SHIELDS, E. J. 1998. Temperature and diet effect on black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval development. *Journal of Economic Entomology* 91 (1): 267-273.
- SÁNCHEZ-SOTO, S.; GUEDE, S. J. C.; NAKANO, O. 2005. Ocorrência de *Naupactus curtus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) em três plantas de importância econômica no Brasil. *Neotropical Entomology* 34 (4): 693-693.
- SOUZA, A. C. R.; ALMEIDA Jr. E. B. D.; ZICKEL C. S. 2009. Riqueza de espécies de sub-bosque em um fragmento florestal urbano. *Biotemas* (Brazil) 22 (3): 57-66.
- VENDRAMIM, J. D.; FERRAZ, M. C. V. D.; PARRA, J. R. P. 1982. Biologia comparada de *Agrotis subterranea* (F.) em meios natural e artificial. *Solo* (Brazil) 74 (1): 76-80.

Received: 5-May-2012 • Accepted: 20-Jun-2013

Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) en un área rural de Santa Fe de Antioquia, Colombia

Phlebotomines sandflies (Diptera: Psychodidae) on a rural area from Santa Fe de Antioquia, Colombia

RICHARD HOYOS LÓPEZ^{1,2}, RAFAEL JOSÉ VIVERO GÓMEZ³, MARÍA ANGÉLICA CONTRERAS⁴
y SANDRA URIBE SOTO^{1,5}

Resumen: La fragmentación de los ecosistemas se asocia, generalmente, con procesos de intervención antrópica, que modifican el paisaje y afectan los patrones de distribución de insectos de importancia médica. En este sentido se realizó un listado de especies pertenecientes al género *Lutzomyia*, potenciales vectores de diferentes especies del parásito *Leishmania*, en el centro Agropecuario Cotové, un área intervenida, en el municipio de Santa Fe de Antioquia, departamento de Antioquia. Los muestreos se realizaron empleando trampas de luz tipo CDC, Shannon, búsqueda activa diurna y trampas de papel. Un total de seis especies de *Lutzomyia* fueron identificadas, resaltando la presencia de *L. gomezi*, altamente antropofílica e implicada en la transmisión de leishmaniasis cutánea en diferentes regiones de Colombia. También sobresalen por sus antecedentes de infección natural por *Leishmania* spp., en ambientes selváticos y urbanos, *L. cayennensis cayennensis*, *L. lichyi* y *L. micropyga*. Nuestros hallazgos sugieren un riesgo potencial y la necesidad de evaluar la posible circulación del parásito en esta zona de creciente actividad turística y agropecuaria de Colombia.

Palabras clave: Antioquia. Cotové. *Lutzomyia*. Leishmaniasis. Vectores.

Abstract: Fragmentation of ecosystems is generally associated with human intervention processes that modify the landscape and affect the distribution patterns of species with medical importance. A survey of *Lutzomyia* species, potential vectors of *Leishmania*, was conducted in the agricultural center Cotové, a disturbed area in the municipality of Santa Fe de Antioquia, Department of Antioquia. Sampling was accomplished using CDC light traps, Shannon traps, active daily searches, and oiled paper traps. Six species of sandflies were identified, highlighting the presence of *Lutzomyia gomezi*, a highly anthropophilic species involved in the transmission of cutaneous leishmaniasis in different regions of Colombia. It is also important to highlight the presence of *L. cayennensis cayennensis*, *L. lichyi* and *L. micropyga*, all of which have antecedents of natural infection with *Leishmania* spp. in jungle and urban environments. Our findings suggest a potential risk and the need to assess the possible circulation of the parasite in this area of growing tourism and agriculture in Colombia.

Key words: Antioquia. Cotove. *Lutzomyia*. Leishmaniasis. Vectors.

Introducción

El género *Lutzomyia* França, 1924 (Diptera: Psychodidae), incluye especies de importancia médica que sobresalen por su comportamiento hematófago, antropofílico y/o están involucradas en la transmisión de parásitos tripanosomatídeos del género *Leishmania* Ross, 1903, el cual es responsable de patología tropical multisistémica denominada leishmaniasis. Ésta comprende diferentes manifestaciones clínicas (cutánea, visceral y mucosa) (Alvar 2001) y es considerada como una enfermedad endémica en las regiones tropicales del mundo (Alvar 2001; Kamhawi 2006).

El departamento de Antioquia es una de las áreas geográficas que registra el mayor número de los casos de leishmaniasis en Colombia, 5.880 en 2007, 3.291 en 2008, y con un incremento considerable en el total de casos para 2009, equivalente a 12.574 (Instituto Nacional de Salud - Sivigila 2010a; DSSA 2010). En 2010, Antioquia presentaba un promedio de incidencia por encima del nacional en casos de leishmaniasis cutánea (Instituto Nacional de Salud - Sivigila,

2010b), reduciendo los casos presentados en el año 2011 a 1.731 en las formas cutánea y mucocutánea (Instituto Nacional de Salud - Sivigila 2011). Esta situación se complica por la gran diversidad de especies presentes en Antioquia, representada por 57 especies (Bejarano 2006; Vivero *et al.* 2010), es decir, el 31% de la fauna registrada y conocida para los focos endémicos con transmisión de leishmaniasis en Colombia.

En el contexto de la epidemiología de las enfermedades tropicales transmitidas por artrópodos el conocimiento de la presencia y distribución geográfica de los insectos vectores es primordial, ya que, en el caso de las leishmaniasis americanas, éstos son aspectos básicos para conocer el riesgo de infección e implementar medidas de control en un área determinada (Alvar 2001). Todo esto implica la identificación taxonómica de las especies del género *Lutzomyia* así como la determinación de su presencia en los hábitats donde ocurre el contacto hombre-vector (De Luca *et al.* 2003; Vivero *et al.* 2009; Vivero *et al.* 2011).

¹ Laboratorio de Sistemática y Biología de Insectos (Insectario), Grupo de investigación en Sistemática Molecular, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Calle 59A No 63-20, A.A. 3840, Medellín, Colombia. Teléfono: (054) 4309394. ² M. Sc. Est. de Doctorado en Biología. Universidad de Antioquia. rhoyoslopez@gmail.com. Autor para correspondencia. ³ M. Sc. Estudiante de Doctorado en Biotecnología, Universidad Nacional. Investigador, Unidad de Entomología Médica y Molecular, PECET (Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales Universidad de Antioquia), Calle 62 # 52-59, A.A. 1226, Medellín, Colombia. rajovigo@yahoo.com. ⁴ Estudiante de Maestría en Entomología, PECET (Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales, Universidad de Antioquia), Calle 62 # 52-59, A.A. 1226, Medellín, Colombia. maria.contreras@pecet-colombia.org. ⁵ Ingeniera agrónoma, M. Sc., Ph. D. Profesora asociada a la Facultad de Ciencias, Posgrado de Entomología Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Calle 59A No 63-20. Bloque 18-102 Medellín, Colombia. suribesoto@gmail.com.

El presente estudio registra, por primera vez, la fauna flebotomínea del género *Lutzomyia* presente en zona rural del municipio Santa Fe de Antioquia (Antioquia, Colombia). Esta zona, de gran importancia en el contexto agroecológico y eco-turístico, concentra población humana en número creciente expuesta a las picaduras de *Lutzomyia*. Además, existe registro oficial de 15 casos de leishmaniasis cutánea, diagnosticados en pacientes provenientes de los alrededores del casco urbano (Hospital San Juan de Dios de Santa Fe de Antioquia, com. pers.).

Materiales y métodos

El sitio de muestreo corresponde al centro agropecuario Cotové con 113,14 ha, de la vereda El Espinal (6°53'9"N 75°59'15"O), área rural del norte del municipio de Santa Fe de Antioquia, distante 74 kilómetros al noroccidente de Medellín, departamento de Antioquia. Edáficamente el centro agropecuario consta de suelos provenientes de calizas y arcillas calcáreas. Corresponde a zona de bosque seco tropical (bs-T) (Holdridge 1967) y se encuentra situado a una altitud de 540 msnm. Registra una temperatura promedio de 27 °C y precipitación anual de 1100 mm (IGAC 1996). El área muestreada está representada por diversos hábitats claramente diferenciados en coberturas vegetales como relictos de bosque, cultivos de mango, de plátano, guaduales y zonas de pastoreo bovino (pastizal y potrero) (De los Ríos *et al.* 2004).

El muestreo se realizó durante una semana de los meses de abril de 2008 y 2009 y fue dirigido hacia lugares propicios para el desarrollo de flebotomíneos (Alexander 2000) en las coberturas vegetales presentes, la potencial interacción humano-vector por las actividades de explotación agropecuaria que se desarrolla en el lugar de estudio, el rango de dispersión registrado para insectos del género *Lutzomyia* (Morrison *et al.* 1993) y la distancia a las viviendas humanas del centro agropecuario Cotové (no mayor a 1 km). Para la colecta de flebotomíneos se usaron diez trampas de luz tipo CDC instaladas a una altura de 1,30 cm del suelo y conectadas a una fuente de energía (6v) desde las 18:00 a las 06:00 horas (2 trampas de luz CDC por cobertura), dos trampas Shannon desde las 18:00 a las 22:00, 30 trampas de papel impregnadas en aceite de ricino ubicadas cerca de probables sitios de reposo y/o cría de flebotomíneos, expuestas durante cuatro días a una distancia de 10 metros entre ellas y búsqueda activa

diurna con aspiradores bucales en sitios de reposo (bases de árboles y madrigueras) desde las 6:00 a las 10:00, realizada por dos operarios.

Los ejemplares colectados fueron separados por sitio y trampa de colección (cobertura), almacenados y transportados en viales eppendorf de 1,5 ml al laboratorio de Entomología Médica y Molecular del Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales (PECET) de la Universidad de Antioquia, donde fueron conservados a -20 °C hasta su posterior identificación taxonómica.

Primero, las especies del género *Lutzomyia* fueron separadas por morfología externa de otros dípteros y luego aclarados en solución de lacto-fenol (1/1) durante 24 horas, con el fin de visualizar estructuras internas en hembras (espermathecas, ductos comunes e individuales, cibario) y en machos (aparato eyaculador) y exponer las pigmentaciones presentes en estructuras externas como el tórax en ambos sexos. Posteriormente, los individuos se montaron en láminas portaobjetos en medio Hoyer's y se procedió a la identificación taxonómica utilizando la clave de Young y Duncan (1994), basada en la propuesta de Lewis *et al.* (1977).

Resultados y discusión

Un total de 295 especímenes (119 machos y 176 hembras) fueron colectados. Seis especies del género *Lutzomyia* fueron identificadas: *Lutzomyia cayenensis cayenensis* (Floch y Abonnenc, 1941), *L. gomezi* (Nitzulescu, 1931), *L. trinidadensis* (Newstead, 1922), *L. micropyga* (Mangabeira, 1942), *L. dubitans* (Sherlock, 1962) y *L. lichyi* (Floch y Abonnenc, 1950) y corresponden a los subgéneros *Lutzomyia* França, 1924, *Migonei* Theodor, 1965, *Micropygomyia* Barreto, 1962, *Oswaldoi* Theodor, 1965.

Las especies colectadas variaron dependiendo del tipo de trampa y método de captura. Mientras que *L. cayenensis cayenensis* y *L. gomezi* fueron colectadas en trampa Shannon y búsqueda activa en sitios de reposo, *L. lichyi* y *L. dubitans* lo fueron con trampas de luz CDC y las demás sólo con un tipo de método (Tabla 1). La trampa de papel probablemente fue ineficiente por la humedad del área de estudio que afecta la viscosidad del aceite de ricino usado, a pesar de ser considerada eficiente en ambientes desérticos y valles montañosos, cuando son dispuestas espacialmente en hileras cerca de los domicilios humanos (Alexander 2000; Muller *et al.*

Tabla 1. Listado de flebotomíneos colectados según método de captura, en área rural del municipio de Santa Fe de Antioquia (departamento de Antioquia, Colombia).

Especie de flebotomíneo	Trampa CDC		Trampa Shannon		Búsqueda Activa		Trampa Papel	Total (%)
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
<i>Lutzomyia cayenensis</i> *	38	89	2	6	5	4	1	145 (49,15)
<i>Lutzomyia gomezi</i> *	19	34	7	9	2	1	-	72 (24,40)
<i>Lutzomyia trinidadensis</i> *	19	18	-	-	-	-	-	37 (12,54)
<i>Lutzomyia micropyga</i> *	23	12	-	-	-	-	-	35 (11,86)
<i>Lutzomyia lichyi</i> *	-	3	-	-	-	-	-	3 (1,01)
<i>Lutzomyia dubitans</i>	3	-	-	-	-	-	-	3 (1,01)
Subtotal por sexo	102	156	9	15	7	5	1	---
Total (%)	258 (87,45)	24 (8,13)	12 (4,06)	1 (0,33)	295 (100)			

* Especies relacionadas con la transmisión de *Leishmania* spp.

2011). Además el tiempo que deben permanecer en campo las trampas de papel debe ser mínimo de siete días para garantizar un éxito en la colecta. Posiblemente la abundancia de las diferentes especies de *Lutzomyia* no fue significativa en los periodos de muestreo o el comportamiento y preferencia de las mismas por los sitios de reposo en donde se ubicaron las trampas de papel es posible que haya sufrido cambios. Las especies de *Lutzomyia* identificadas, revisten en su mayoría hábitos antropofílicos o zoofílicos, factor que supone para futuras encuestas entomológicas, la disposición de las trampas de papel en corrales de animales (gallineros, cerdos, entre otros) y en el peridomicilio o intradomicilio de las fincas habitadas.

En el monitoreo de especies flebotomíneas, es necesario contar con diversas trampas de muestreo de forma que se registre una composición de especies no sesgada por el método de captura y se pueda resolver interrogantes específicos de especies de interés relacionados con la presencia, la densidad y la distribución local (Wheeler *et al.* 1996; Cabanillas y Castelón 1999; Vivero *et al.* 2011). Se conoce que con mayor frecuencia en las trampas de atracción CDC o Shannon se colectan especies de *Lutzomyia*, con comportamientos antropofílicos y crepusculares que son atraídas principalmente por la fuente lumínica y sanguínea de la población residente y/o la acción del dióxido de carbono emitido por colectores (Alexander 2000). Otras especies son comúnmente colectadas mediante búsqueda activa diurna en sitios de reposo, estas especies presentan otros hábitos alimenticios, como el herpetofílico, tal es el caso de las especies del subgénero *Micropygomyia* (Travi *et al.* 2002) como *L. cayennensis cayennensis* y *L. micropyga*, ambas colectadas en nuestro estudio.

Al examinar en detalle el estado fisiológico (ingesta sanguínea, gravidez) de las especies de *Lutzomyia* colectadas, se encontraron 91 hembras grávidas cuya identificación correspondió a *L. cayennensis cayennensis* (n = 68), *L. gomezi* (n = 20), *L. trinidadensis* (n = 2) y *L. lichyi* (n = 1), estas fueron colectadas en trampa de luz CDC y búsqueda activa, ubicadas en el cultivo de mango y en zonas de pastoreo bovino. Este resultado sugiere la ingesta sanguínea o hábito de picadura de las hembras de *Lutzomyia*, evidenciando la necesidad de profundizar en estudios sobre estos tópicos, que incluyan además la detección del parásito *Leishmania* spp. con el objeto de aportar de manera más consistente información sobre la interacción de los vectores con los humanos y los anima-

les presentes en este potencial foco de transmisión de leishmaniasis. Además, la colecta de hembras grávidas sugiere la disponibilidad de sitios de cría para la oviposición y desarrollo del ciclo de vida de las especies de *Lutzomyia* presentes en el área de Santa Fe de Antioquia.

Algunos aspectos importantes a considerar incluyen las especies colectadas con cada tipo de trampa y en cada hábitat diferenciado o cobertura. Entre las especies colectadas con la trampa CDC, se destaca, *L. cayennensis cayennensis* (n = 122), seguida en cantidad por *L. trinidadensis* (n = 37) *L. micropyga* (n = 35), *L. lichyi* (n = 3) y *L. dubitans* (n = 3). El mayor número de ejemplares de *Lutzomyia* fue colectado en bosque secundario, seguido por cultivo de mango y guaduales. Un menor número de individuos fue colectado en potrero y cultivo de plátano (Tabla 2). Respecto al número de especies de *Lutzomyia* en cada cobertura, se encontró la mayor riqueza en bosque secundario con *L. cayennensis* como especie dominante. En cultivo de mango, potrero, cultivo de plátano y guaduales, se colectó menor número de especies principalmente *L. gomezi*, *L. cayennensis cayennensis* y *L. trinidadensis* (Tabla 2). La presencia de estas especies tiene implicaciones en el posible aumento del riesgo de transmisión potencial de *Leishmania* o de molestias alérgicas a los agricultores, ocasionadas por la picadura de las hembras de estos insectos. Destacamos que la mayor riqueza en estos cultivos de *L. gomezi*, *L. cayennensis cayennensis* y *L. trinidadensis*, también puede atribuirse a la búsqueda de fuentes de azúcares como suplemento energético.

Desde el punto de vista epidemiológico, se destacan *L. gomezi*, reconocida por su comportamiento antropofílico y endofílico, es considerada como probable vector en varias regiones endémicas de leishmaniasis cutánea en Colombia (Travi *et al.* 1988; Vélez *et al.* 1991; Sandoval *et al.* 1998); además, ha sido encontrada naturalmente infectada con promastigotes no identificados en Panamá (Johnson *et al.* 1963), Ecuador (Calvopina *et al.* 2004) y Colombia (Morales *et al.* 1981; Young *et al.* 1987). En Venezuela, se encontró naturalmente infectada con *Leishmania braziliensis* Vianna, 1911 (Felicangeli *et al.* 1994; Rodríguez *et al.* 1999) y bajo condiciones experimentales, permite el desarrollo de *Leishmania panamensis* Lainson y Shaw, 1972 (Walters *et al.* 1989; Jaramillo *et al.* 1994). En Colombia, Santamaría *et al.* (2006) detectaron a *L. gomezi* naturalmente infectada con *Le. panamensis* y la consideraron como un vector eficiente de *Leishmania* spp. Duque *et al.* (2004), asocia la presencia

Tabla 2. Especies de flebotomíneas y abundancias relativas por hábitat explorado, en un ambiente rural del municipio de Santa Fe de Antioquia (departamento de Antioquia, Colombia).

Especie de flebotomíneo	Hábitats					Total (%)
	Bosque secundario	Cultivo de mango	Guaduales	Potrero	Cultivo de plátano	
<i>Lutzomyia cayennensis</i> *	78	28	27	6	6	145 (49,15)
<i>Lutzomyia gomezi</i> *	11	43	6	8	4	72 (24,40)
<i>Lutzomyia trinidadensis</i> *	17	10	5	2	3	37 (12,54)
<i>Lutzomyia micropyga</i> *	18	13	-	2	2	35 (11,86)
<i>Lutzomyia lichyi</i> *	1	2	-	-	-	3 (1,01)
<i>Lutzomyia dubitans</i>	3	-	-	-	-	3 (1,01)
Total (%)	128 (43,38)	96 (35,54)	38 (12,88)	18 (6,10)	15 (5,08)	295 (100)

* Especies relacionadas con la transmisión de *Leishmania* spp.

de *L. gomezi* a ambientes altamente intervenidos predominando en pastos y se ha registrado disminución en número a medida que aumenta la cobertura vegetal de las áreas boscosas hasta ser casi escasas en bosque primario, a pesar de la existencia de registros en bosques secos y húmedos tropicales (Barreto *et al.* 2000), en el centro agropecuario Cotové, *L. gomezi* se colectó en todas las coberturas muestreadas, con dominancia en cultivos de mango y potrero, registrando densidades bajas en guaduales y cultivo de plátano. Porter y Young (1986) sugiere que *L. gomezi* es una especie semi-doméstica, adaptada a áreas deforestadas, donde encuentra una gran diversidad de recursos alimenticios, en particular cerdos en el peridomicilio de viviendas humanas (Vélez *et al.* 1991; Duque *et al.* 2004). Ha sido asociada a zonas peri-urbanas y rurales de focos activos de leishmaniasis cutánea en Bucaramanga (Sandoval *et al.* 1998), Sincelejo (Bejarano *et al.* 2002), Bahía Solano (Duque *et al.* 2004), San Carlos (Parra 2005), Otanche y Pauna (Santamaría *et al.* 2006) y Carmen de Bolívar (Cortés y Fernández 2008). En este sentido, es de gran importancia determinar el papel de esta especie en la transmisión de leishmaniasis cutánea en el municipio de Santa Fe de Antioquia dado que se encontró en coberturas donde fácilmente se establece el contacto con el humano a nivel de peridomicilio.

Lutzomyia cayennensis cayennensis presenta una alta plasticidad ecológica, por su fácil adaptación a diferentes hábitats y hábitos de picadura (Gallego *et al.* 1995). Recientemente fue encontrada infectada con parásitos tripanosomátidos por Cochero *et al.* (2007), en la costa Caribe de Colombia. En el caso de *L. trinidadensis*, además que las hembras se alimentan de vertebrados de sangre fría se halló infectada en la naturaleza con *Leishmania venezuelensis* Bonfante-Garrido, 1980, en Venezuela (Bonfante *et al.* 1990). *L. micropyga* presenta hábitos antropofílicos y, recientemente, se encontró, en el casco urbano de la ciudad de Sincelejo, (departamento de Sucre) albergando parásitos tripanosomátidos (Paternina *et al.* 2011). Finalmente, *L. lichyi* se halló con flagelados de *Le. braziliensis* y de *Le. venezuelensis* en Colombia y Venezuela, respectivamente (Grimaldi *et al.* 1989).

En el área rural de Santa Fe de Antioquia, los casos de leishmaniasis cutánea se han registrado en el corregimiento "2 km" del área peri-urbana; esta zona presenta como principal actividad económica el uso de suelos para el sector pecuario (viviendas con pastizales y ganado bovino), sin embargo, la presencia de flebotomíneos con antecedentes en la transmisión de leishmaniasis en una localidad cercana (vereda El Espinal - centro agropecuario Cotové) plantea la necesidad de estudios complementarios incluyendo aspectos epidemiológicos que permitan entender las condiciones que podrían favorecer la aparición de brotes de la enfermedad. Los resultados entomológicos del presente estudio sumados a información relevante sobre la enfermedad son indispensables para la planeación de estrategias de vigilancia entomológica y control.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias a la financiación conjunta del Grupo de investigación Sistemática Molecular de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín y el PECET (Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales) de la Universidad de Antioquia. Se agradece al personal administrativo y logístico del Centro Agropecuario COTO-

VE, de la Universidad Nacional de Colombia, por permitir el trabajo en la zona de estudio y por su hospitalidad.

Literatura citada

- ALEXANDER, B. 2000. Sampling Methods for Phlebotomine Sandflies. *Medical and Veterinary Entomology* 14: 109-122.
- ALVAR, J. 2001. La leishmaniasis: de la biología al control. Centro colaborador de la OMS para leishmaniasis. Servicio de Parasitología. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III. Madrid. 2: 1-199.
- BARRETO, M.; BURBANO, M. E.; BARRETO, P. 2000. *Lutzomyia* sand flies (Diptera: Psychodidae) from middle and lower Putumayo department, Colombia, with new records for the country. *Memórias del Instituto Oswaldo Cruz* 95: 633-639.
- BEJARANO, E. E. 2006. Lista actualizada de los psicódidos (Diptera: Psychodidae) de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana* 45: 47-56.
- BEJARANO, E.; URIBE, S.; ROJAS, W.; VÉLEZ, I. D. 2002. Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychocidae) associated with the appearance of urban leishmaniasis in the city of Sincelejo, Colombia. *Memórias del Instituto Oswaldo Cruz* 97: 645-647.
- BONFANTE, G.; URDANETA, R.; ALVARADO, I. 1990. Natural infection of *Lutzomyia trinidadensis* (Diptera, Psychodidae) with *Leishmania* in Barquisimeto, Venezuela. *Memórias del Instituto Oswaldo Cruz* 85 (4): 477-477.
- CABANILLAS, M.; CASTELÓN, E. 1999. Distribution of sandflies (Diptera: Psychodidae) on tree-trunks in a non-flooded area of the Ducke Forest Reserve, Manaus, AM, Brazil. *Memórias del Instituto Oswaldo Cruz* 94 (3): 289-296.
- CALVOPINA, M.; ARMIJOS, R.; HASHIGUCHI, Y. 2004. Epidemiology of leishmaniasis in Ecuador: current status of knowledge - A review. *Memórias del Instituto Oswaldo Cruz* 99: 663-672.
- COCHERO, S.; ANAYA, Y.; DÍAS, Y.; PATERNINA, M.; LUNA, A.; PATERNINA, L.; BEJARANO, E. 2007. Infección natural de *Lutzomyia cayennensis cayennensis* con parásitos tripanosomátidos (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) en los Montes de María, Colombia. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 61 (3): 59-66.
- CORTÉS, L. A.; FERNÁNDEZ, J. J. 2008. Especies de *Lutzomyia* en un foco urbano de leishmaniasis visceral y cutánea en El Carmen de Bolívar, Bolívar, Colombia. *Biomédica* 28: 433-440.
- DE LOS RÍOS, J.; GALLEGO, A.; VÉLEZ, L.; AGUDELO, L.; TORO, L.; LEMA, A.; ACEVEDO, L. 2004. Caracterización y evaluación de agroecosistemas a escala predial. Un estudio de caso: Centro Agropecuario Cotové (Santa Fe de Antioquia, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 57: 2287-2319.
- DE LUCA, A.; VASCONCELOS, H.; BARRET, R. 2003. Distribution of sandflies (Diptera: Phlebotominae) in forest remnants and adjacent matrix habitat in Brazilian Amazonia. *Brazil Journal of Biology* 63 (3): 401-410.
- DSSA (Dirección Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia). 2010. Eventos de interés en salud pública por municipio 2007-2009. Enfermedades transmitidas por vectores. Disponible en: <http://www.dssa.gov.co/index.php/estadisticas/eventos-de-salud-publica> [Fecha revisión: 19 junio 2012].
- DUQUE, P.; VÉLEZ, I.; MORALES, M.; SIERRA, D. 2004. Sand flies fauna involved in the transmission of cutaneous leishmaniasis in Afro-Colombian and Amerindian communities of Chocó, Pacific Coast of Colombia. *Neotropical Entomology* 33: 263-264.
- FELICIANAGELI, M.; RODRÍGUEZ, N.; BRAVO, A.; ARIAS, F.; GUZMAN, B. 1994. Vectors of cutaneous leishmaniasis in North-Central Venezuela. *Medical and Veterinary Entomology* 8: 317-324.
- GALLEGO, J.; TRUJILLO, G.; ALZATE, A.; VÉLEZ, I. 1995. Distribución espacial de la fauna de flebotomíneos en la Isla de

- Santa Cruz de Mompox, departamento de Bolívar, Colombia. Colombia Médica 26: 47-50.
- GRIMALDI, G.; TESH, B.; MAHON, P. 1989. A review of the geographic distribution and epidemiology of leishmaniasis in the New World. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 41 (6): 687-725.
- HOLDRIDGE, L. 1967. Ecología basada en zonas de vida. San José (Costa Rica). Tropical Science Center; p. 206.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 1996. Diccionario Geográfico de Colombia. Tercera edición. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Santafé de Bogotá, Colombia. 2504 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD – INS. SIVIGILA. 2010a. Boletín epidemiológico. Semana 25. Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Disponible en: <http://www.meddin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Salud/Secciones/Publicaciones/Documentos/2010/Boletin%2001-2010/Anexo03.pdf> [Fecha revisión: 13 julio 2012].
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD – INS. SIVIGILA. 2010b. Boletín epidemiológico. Semana 50. Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Disponible en: http://www.ins.gov.co/boletin-epidemiologico/Boletn%20Epidemiologico/2010%20Boletn%20epidemiologico_Semana%2050.pdf [Fecha revisión: 25 octubre 2012].
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD – INS. SIVIGILA. 2011. Boletín epidemiológico. Semana 49. Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Disponible en: http://www.ins.gov.co/boletin-epidemiologico/Boletn%20Epidemiologico/2011%20Boletn%20epidemiologico_Semana%2049.pdf [Fecha revisión: 25 octubre 2012].
- JARAMILLO, C.; TRAVI, B.; MONTOYA, J. 1994. Vector competence of some Neotropical sandflies for the *Leishmania (Viannia) braziliensis* complex. Memórias del Instituto Oswaldo Cruz 8: 1-7.
- JOHNSON, P.; MCCONNELL, E.; HERTIG, M. 1963. Natural infections of leptomonad flagellates in Panamanian phlebotomus sandflies. Experimental Parasitology 14: 107-122.
- KAMHAWI, S. 2006. Phlebotominae sand flies and *Leishmania* parasites: friends or foes?. Trends in Parasitology 22 (9): 439-445.
- LEWIS, D.; YOUNG, D.; FAIRCHILD, G.; MINTER, D. 1977. Proposals for a stable classification of the phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae). Systematic Entomology 2: 319-332.
- MORALES, A.; CORREDOR, A.; CÁCERES, E.; IBAGOS, A.; RODRÍGUEZ, C. 1981. Aislamiento de tres cepas de *Leishmania* a partir de *Lutzomyia trapidoi* en Colombia. Biomédica 4: 37-41.
- MORRISON, A.; FERRO, C.; MORALES, A.; TESH, R.; WILSON, M. 1993. Dispersal of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) at an endemic focus of visceral leishmaniasis in Colombia. Journal of Medical Entomology 30: 427-435.
- MULLER, G.; REVAY, E.; BEIER, J. 2011. Simplified and monitoring traps for sampling sand flies. Journal of Vector Ecology 36: 454-457.
- PARRA, G. J.; ECHAVARRÍA, J. C. 2005. Experiencias en el control de un foco de leishmaniasis cutánea en San Carlos, Antioquia. Revista CES Medicina 19: 31-36.
- PATERNINA, L.; VERBEL-VERGARA, D.; PATERNINA, M.; PÉREZ-DORIA, A.; ROMERO-RICARDO, L.; BEJARANO E. 2011. Metodología molecular integrada para el estudio de fuentes alimentarias de flebotomíneos del Caribe colombiano. Biomédica 31(supl. 3): 23-205.
- PORTER, Ch.; YOUNG, D. G. 1986. A new species of phlebotomine sandfly (Diptera: Psychodidae) from Guatemala. Journal of Medical Entomology 23: 236-243.
- RODRÍGUEZ, N.; AGUILAR, C.; BARRIOS, M.; BARKER, D. 1999. Detection of *Leishmania braziliensis* in naturally infected sandflies by the polymerase chain reaction. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 93: 47-49.
- SANDOVAL, C. M.; ANGULO, V.; GUTIÉRREZ, R.; MUÑOZ, G.; FERRO, C. 1998. Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) posibles vectores de leishmaniasis en la ciudad de Bucaramanga, Santander, Colombia. Biomédica 18: 161-168.
- SANTAMARÍA, E.; PONCE, N.; ZIPA, Y.; FERRO, C. 2006. Presencia en el peridomicilio de vectores infectados con *Leishmania (Viannia) panamensis* en dos focos endémicos en el occidente de Boyacá, piedemonte del valle del Magdalena medio, Colombia. Biomédica 26 (Supl.1): 82-94.
- TRAVI, B.; MONTOYA, J.; SOLARTE, Y.; LOZANO, L.; JARAMILLO, C. 1988. Leishmaniasis in Colombia. I. Studies on the phlebotomine fauna associated with endemic foci in the Pacific Coast region. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 39: 261-266.
- TRAVI, B.; FERRO, C.; CADENA, H.; MONTOYA, J. 2002. Canine visceral leishmaniasis: dog infectivity to sand flies from non endemic areas. Research in Veterinary Science 72: 83-86.
- VÉLEZ, I. D.; WOLFF, M.; VALDERRAMA, J. P.; ESCOBAR, P.; OSORIO, L. 1991. Community and environmental risk factors associated with cutaneous leishmaniasis in Montebello, Antioquia, Colombia. In Leishmaniasis control strategies, IDRC, México. 274 p.
- VIVERO, R.; BEJARANO, E.; PÉREZ-DORIA, A.; FLÓREZ, F.; ESTRADA, L.; TORRES, C.; MUSKUS, C. 2009. Nuevos registros de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae), con el hallazgo de *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912), en los alrededores de la Ciudad de Sincelejo, Colombia. Biota Neotrópica 9 (4): 277-280.
- VIVERO, R.; MUSKUS, C.; URIBE, S.; BEJARANO, E.; TORRES, C. 2010. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) en la Reserva natural del Cañón del Río Claro (Antioquia), Colombia. Actualidades Biológicas 32 (93): 165-171.
- VIVERO, R.; MUSKUS, C.; TORRES, C. 2011. Fauna de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) en Acandí (Chocó, Colombia). Acta Biológica Colombiana 16 (1): 209-218.
- WALTERS, L.; CHAPLIN, G.; MODI, G.; TESH, R. 1989. Ultrastructural biology of *Leishmania (Viannia) panamensis* (= *Leishmania braziliensis panamensis*) in *Lutzomyia gomezi* (Diptera: Psychodidae): a natural host-parasite association. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 40: 19-39.
- WHEELER, S.; FELICIANGLI, M.; WARD, R.; MAINGON, R. 1996. Comparison of sticky-traps and CDC light-traps for sampling phlebotomine sandflies entering houses in Venezuela. Medical and Veterinary Entomology 10: 295-298.
- YOUNG, D.; DUNCAN, M. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sandflies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Memoirs of the American of Entomological Institute (54). Associated Publishers, Gainesville. 881 p.
- YOUNG, G.; MORALES, A.; KREUTZER, D.; ALEXANDER, B.; CORREDOR, A.; TESH, R. 1987. Isolation of *Leishmania braziliensis* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) from cryopreserved Colombian sandflies (Diptera: Psychodidae). Journal Medical Entomology 24: 587-589.

Recibido: 10-ago-2012 • Aceptado: 23-ene-2013

Ovitrap traps placed in dwellings and on public paved areas for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) monitoring

Ubicación de ovitrampas en viviendas y en la vía pública para el monitoreo de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)

NORA BURRONI^{1,5}, VERONICA LOETTI^{2,5}, PAULA PRUNELLA³ and NICOLÁS SCHWEIGMANN^{4,5}

Abstract: The oviposition level between ovitraps placed in human dwellings and on public paved areas for the monitoring of *Aedes aegypti* was compared, and proposes the best ovitrap installation sites on public paved areas in a neighborhood of Buenos Aires City, Argentina. A total of 60 randomly distributed ovitraps were placed in human dwellings (n=38) and public paved areas (n=22), and examined weekly over a ten-week period. The Ovitrap Positivity Index (OPI) and the Egg Density Index (EDI) were used as indicators of oviposition level. The indexes were calculated on a weekly basis. Environmental variables evaluated for public paved areas were type of corridor, tree height and dwelling height. OPI and EDI values were higher for dwellings than for public paved areas. There was a positive correlation between the infestation indices in dwellings and in public paved areas. In the latter there was a positive association between low OPI and EDI values and tall trees, avenue as type corridor, and dwellings with two stories or more, whereas there was a positive association between high values of these indices and short and medium trees, and a negative association with tall trees, avenue, and dwellings with two stories or more. Our results suggest that the sensitivity of ovitraps in monitoring of *A. aegypti* in public paved areas is lower than in dwellings, and this sensitivity would increase if considering some environmental variables

Key words: Oviposition. Environmental variables. Argentina.

Resumen: Se comparó el nivel de oviposición entre ovitrampas ubicadas en viviendas y la vía pública para el monitoreo de *Aedes aegypti*, y se propone el mejor sitio de instalación en la vía pública en un barrio de la ciudad de Buenos Aires, Argentina. Un total de 60 ovitrampas distribuidas al azar fueron ubicadas en viviendas (n=38) y la vía pública (n=22), se examinaron semanalmente por diez semanas. El índice de Positividad de Ovitrapas (IPO) y el Índice de Densidad de Huevos (IDH) utilizados como indicadores del nivel de oviposición, fueron calculados semanalmente. Las variables ambientales evaluadas en la vía pública fueron el tipo de corredor, la altura de los árboles y altura de las viviendas. Los valores obtenidos de IPO e IDH fueron más altos en las viviendas que en la vía pública, y se observó una correlación positiva entre los índices de infestación en viviendas y la vía pública. En este último ambiente, se halló una asociación positiva entre valores bajos de IPO e IDH y árboles altos, corredor tipo avenida, y viviendas con dos o más plantas, se observó también que los valores altos de dichos índices se asociaron en forma positiva con árboles medianos o bajos, y negativamente con árboles altos, avenida, y viviendas con dos o más plantas. Nuestros resultados sugieren que la sensibilidad de las ovitrampas en monitoreos de *A. aegypti* en vía pública es menor que en las viviendas, y esta sensibilidad en vía pública aumentaría si se consideran algunas variables ambientales.

Palabras clave: Oviposición. Variables ambientales. Argentina.

Introduction

Aedes aegypti (Linneo, 1752) is the main vector of dengue virus in America. Although this mosquito was considered eradicated from Argentina in 1963 (Carcavallo 1968), in 1986 *A. aegypti* reinfestation was detected (Curto *et al.* 2002), and since then been reported several dengue fever outbreaks in this country (Vezzani and Carbajo 2008). *Aedes aegypti* was found in urban areas adjacent to Buenos Aires City in 1991 (Campos *et al.* 1993) and within the city in 1995 (Junin *et al.* 1995). The introduction of the virus in Buenos Aires was detected in 2007 (MSN 2007), reported in early 2009 an outbreak of indigenous dengue in the Buenos Aires Metropolitan area (Seijo *et al.* 2009). This fact, together with high infestation levels of vector (Schweigmann *et al.* 2002; Carbajo *et al.* 2004) may increase the risk of virus transmission in this city. The distribution of *A. aegypti* in Buenos Aires shows a spatio-temporal pattern (Carbajo *et al.* 2004). Peaks of abundance

have been reported in February, March and April and oviposition activity from October to May (Schweigmann *et al.* 2002). The highest oviposition activity has been registered in neighbourhoods with low-rise houses and a few multi-story buildings, which are located in the periphery of the city (Carbajo *et al.* 2004).

The use of an efficient tool for the detection of vectors allows a better knowledge of the actual vectorial status. In particular, the oviposition trap (ovitrap) is regarded as one of the most sensitive and cheap tools for surveillance of *A. aegypti*, especially in situations of low vector density (Jakob and Bevier 1969a; Chadee 1991; PAHO 1994; Focks 2003). Despite the wide use of ovitraps (PAHO 1994), studies on factors affecting their efficiency are scarce. Some criteria have been established for the location of ovitraps based on environmental features (Fay and Eliason 1966; Jakob and Bevier 1969b). More recently, some authors have investigated the relationship between the degree of detection and

¹ Ph. D. de la Universidad de Buenos Aires, orientación Ciencias Biológicas, nburroni@ege.fcen.uba.ar; ² Licenciada en Ciencias Biológicas, vloetti@ege.fcen.uba.ar; Corresponding autor; ³ Grupo de Estudio de Mosquitos, Depto. de Ecología Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, paulaprunella@hotmail.com; ⁴ Ph. D. de la Universidad de Buenos Aires, orientación Ciencias Biológicas. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Buenos Aires, nicolas@ege.fcen.uba.ar; ⁵ Grupo de Estudio de Mosquitos, Depto. de Ecología Genética y Evolución, Instituto UBA - CONICET de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEB), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

ovitrap installation sites in residences (Chadee 1991, 1992; Dibo *et al.* 2005).

Generally, it is accepted that the breeding sites of *A. aegypti* are placed in the dwellings range (PAHO 1994), reason why in many cities the ovitraps are placed in the dwellings (e.g., Chadee 1991, 1992; Dibo *et al.* 2005; Lenhart *et al.* 2005). However, the use of ovitraps for monitoring is hampered if the permission to enter a house is refused (Calvo 2008; Stein and Oria 2002), and this may lead to the failure of control measures against *A. aegypti* (Chadee 1988). Besides dwellings, these devices have been laid on public paved areas to investigate the spatial distribution of the vector (Chadee 1990; Ai-lenn and Song 2000; Schweigmann *et al.* 2002; Carbajo *et al.* 2004, 2006). However, no research has so far been conducted to evaluate the use of ovitraps in this environment. Therefore, we present the results of a preliminary study whose the objectives were to compare oviposition levels between ovitraps placed in dwellings and on public paved areas for the surveillance of *A. aegypti*, and to identify the best ovitrap installation sites on public paved areas.

Materials and methods

Study area. The climate of Buenos Aires City (34°35'S 58°29'W) is influenced by the De la Plata River. It is temperate and shows a marked seasonality, with an annual mean precipitation of 1,076 mm and a mean temperature of 17.4 °C (National Weather Service).

The study was performed in the periphery of Buenos Aires City, in the neighbourhood of Villa Pueyrredón, in the northeast of this city. An area of approximately four hectares of this neighborhood was chosen by the project "Abordaje ecosistémico para la prevención y el control del vector del dengue en Uruguay y Argentina" by support of IDRC. Our study was carried out in this area. The study area had a total of 328 buildings: residential a 97.6% (320 houses/328 buildings), commercial a 2.1% (7/328), and only one property empty. No park or square was included in the study area.

Villa Pueyrredón is characterised by one-story houses with large gardens and yards, blocks showing a high proportion of vegetation cover and many trees on the pavements. The population in the neighbourhood is 40,235 inhabitants (INDEC 2001). In Villa Pueyrredón, *A. aegypti* infestation level showed a House Index (the percentage of houses infested with larvae and/or pupae) and a Breteau Index (the number of positive containers divided by number of houses examined per 100) (Breteau 1954) of 50 and 85.7, respectively, for the period February-April 2006.

Oviposition activity of *A. aegypti* was monitored weekly with ovitraps during ten consecutive weeks between February and April 2006, no were made vector control interventions with insecticide (chemical or biological) during this period. The ovitraps were set at ground level, in shaded or partially shaded sites close to vegetation. Each ovitrap consisted of a black 330 ml-glass jar containing about 100 ml of tap water and a hardboard paddle (10 x 3.2 x 0.35 cm); it was held in vertical position by a paper clip, with its rough side facing the centre. This wood-based material provides a surface suitable for *A. aegypti* females to lay eggs (Service 1976). No infusion was added to the traps.

Comparison of oviposition levels between public paved areas and. In an area of approximately 4 ha a total of 60

ovitraps were randomly distributed, 38 ovitraps were placed in dwellings and 22 at the base of trees on public paved areas. In each dwelling (house) was placed one ovitrap in yard or garden. None of the ovitraps placed in public paved areas was installed immediately in front of a house that had an ovitrap inside. Mean distance between ovitraps was 25 ± 12.1 m (mean \pm SD). In ovitraps placed on public paved areas, the number of traps lost ranged between 0-3/week. Each week, the hardboard paddles and the water in the ovitraps were replaced, and the jars washed. The number of eggs on each hardboard paddle was counted under stereoscopic microscope. Ovitrap were considered positive (infested by *A. aegypti*) when at least one egg was detected. Each week four paddles randomly selected were conditioned for eggs hatching and larvae rearing. Fourth instar larvae were identified with taxonomic key (Darsie 1985).

The Ovitrap Positivity Index (OPI) and the Egg Density Index (EDI) were used as indicators of oviposition level. These indexes were calculated on a weekly basis, with $OPI = (n^{\circ} \text{ positive ovitraps} / \text{total } n^{\circ} \text{ examined ovitraps}) \times 100$, and $EDI = \text{total } n^{\circ} \text{ eggs} / \text{total } n^{\circ} \text{ positive ovitraps}$ (Gomes 1998).

The Mann-Whitney U test (Zar 1996) was used to compare weekly values of OPI and EDI between dwellings and public paved areas. The Spearman's non-parametric correlation test (Zar 1996) was used to assess the correlation between OPI and EDI for dwellings and public paved areas.

Environmental variables of public paved areas. The three following environmental variables, located within a radius of 6 m from the ovitrap, were registered for each installation site: a) type of corridor: Street (narrow corridor with scarce vehicles and one-way traffic) or Avenue (wide corridor with heavy two-way traffic); b) tree height: Tall (taller than 6 m; smallest distance between the trunk base and edge of foliage higher than 4 m), Medium (height between 4 and 6 m; smallest distance between the trunk base and foliage edge between 2 to 4 m) or Short (height less than 4 m; smallest distance between the trunk base and edge of foliage less than 2 m); c) height of dwellings: H1 (< 2 stories) and H2 (\geq 2 stories). The relationships between OPI and EDI and each of the variables were studied with correspondence analysis (Gauch 1982), dividing the values of the indices into intervals (OPI: low 0-30%, medium >30-70%, and high >70%; EDI: low 0-10 eggs, medium >10-20 eggs, and high >20 eggs).

The temperature and precipitation data used were obtained from the meteorological station at the Jorge Newbery Airport of Buenos Aires City (NCDC 2006). This meteorological station is located about 8 km of study area. The analysis was based on weekly-accumulated rainfall and mean temperatures, which were calculated from mean daily temperatures.

Results and discussion

Comparison of oviposition levels between public paved areas and dwellings. The studied period was characterised by a mean weekly temperature of 20 °C (17.4-21.7 °C) and a weekly mean accumulated rainfall of 27.3 mm (Fig. 1).

Of the 330 ovitraps data of dwellings, 65.4% were positive with a total of 10,550 eggs, whereas 50.5% of the 206 ovitraps data of public paved areas were positive with a total of 3,368 eggs.

The OPI ranged from 39.4 to 88.6% (median = 72.0%; lower quartile (LQ): 60.0- upper quartile (UQ): 77.4) for dwellings, and from 31.8 to 71.4% (median = 29.7 eggs; LQ: 36.8- UQ: 63.2) for public paved areas. Between 14 to 16 epidemiological weeks, OPI values for dwellings exceeded approximately from 18 to 135% those for public paved areas, with the former being lower than the latter on two occasions only (9 and 17%, Fig. 1).

The EDI ranged from 6.4 to 43.7 eggs (median = 48.5 eggs; LQ: 42.6- UQ: 54.8) for dwellings and from 12 to 26.6 eggs (median = 29.7 eggs; LQ: 27.4- UQ: 42.9) for public paved areas. In 14 to 16 epidemiological weeks, EDI values for dwellings exceeded approximately from 4 to 179% those for public paved areas, with the former being lower than the latter on two occasions only (41 and 44%, Fig. 1).

There were significant differences in the presence and density of eggs between dwellings and public paved areas, with higher values for dwellings (OPI: $U_{(10,10)} = 17$; $P = 0.013$; EDI: $U_{(10,10)} = 23$; $P = 0.041$).

There was a significant positive correlation between both indices for dwellings ($r_s = 0.75$; $P < 0.05$) and public paved areas ($r_s = 0.74$; $P < 0.05$).

Environmental variables of public paved areas. The correspondence analysis showed that both OPI and EDI were simi-

larly associated with the different categories of the environmental variables. The percentage of the variance explained by the first two factorial axes was 55.2% for OPI (Fig. 2) and 53.6% for EDI (Fig. 3).

For both indices, the category “low” was positively associated with tall trees, avenue, and dwellings with two stories or more, whereas the category “high” was positively associated with short and, to a lower extent, with medium trees; finally, the categories “high” and “medium” were negatively associated with tall trees, avenue and dwellings with two stories or more (Figs. 2 and 3).

The dwellings were better for ovitrap installation than public paved areas based on the comparison of their respective OPI and EDI values. Since our ovitraps not had hay infusion, these would probably be as attractive as ordinary water-holding containers. Thus, probably, ovitraps inside houses had more containers to compete against in comparison with the ones in the public paved areas. Despite that, the ones inside houses collected more eggs. Taking into account that *A. aegypti* lives in high association with humans, we expected that they blood feed and rest inside houses. Then, we may expect gravid females searching in the immediate surroundings a place to lay eggs. In that case, ovitraps in dwellings would have a higher probability to receive mosquito eggs than the public paved areas. The difference between urban environments should be taken into account when data from ovitraps are used to identify high-priority areas for the implementation of control measures, as proposed by Regis *et al.* (2008).

A decrease in both indexes was observed in middle of April (epidemiological weeks 15 and 16), when the population density of this mosquito begins to decrease in Buenos Aires City (Carbajo *et al.* 2004) and coincided with a period of low rainfall (Fig. 1). In addition, the values of the indexes were higher for public paved areas than for dwellings only at these dates. Likely, low rainfall reduce availability of oviposition sites and, since *Aedes* dispersion is basically oviposition guided (Reiter 2007), the highest oviposition activity on public paved areas during the period of decreased population density may indicate an increased a tendency by females to disperse over a larger area.

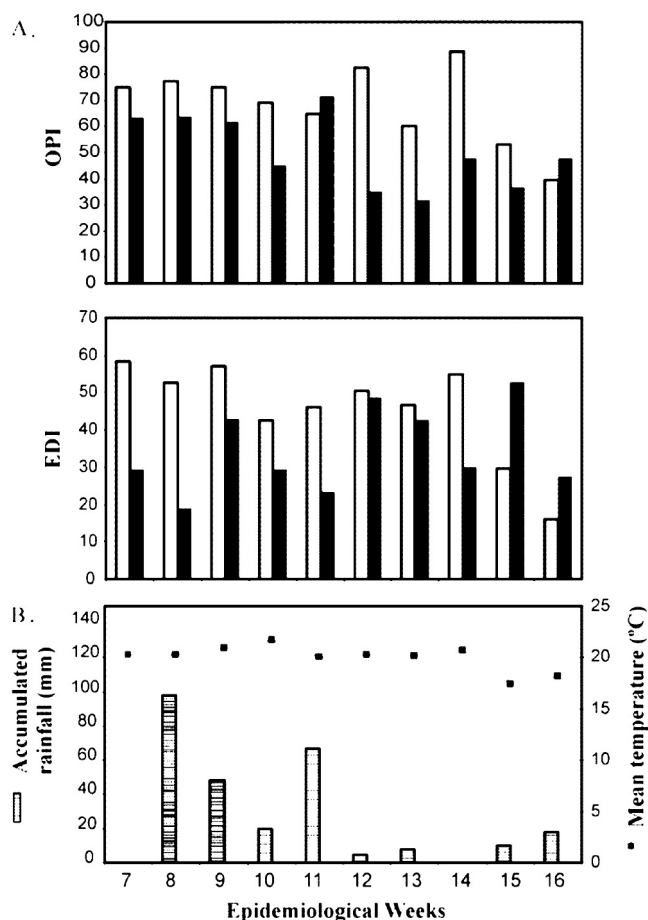


Figure 1. Weekly variation of the ovitrap positivity index (OPI) and the egg density index (EDI) in ovitraps set in dwellings (white bars) and public paved areas (black bars); B: Mean temperature and accumulated rainfall values. Villa Pueyrredón, Buenos Aires City; February-April 2006.

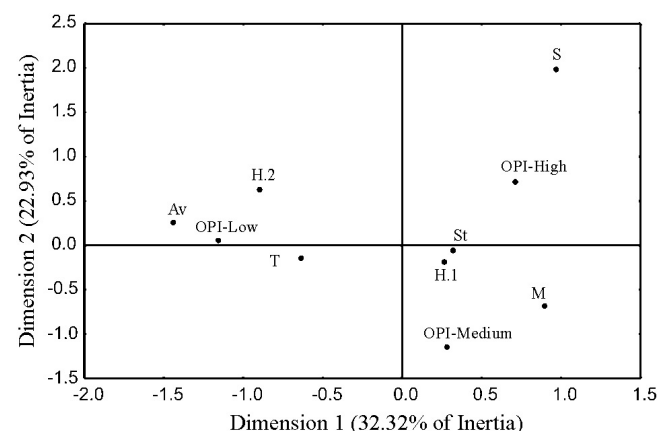


Figure 2. First and second factorial axes resulting from the correspondence analysis for the categories of the Ovitrap Positivity Index and environmental variables around ovitraps set on public paved areas. Variables: OPI: low, 0 - 30%; medium, > 30 - 70%; high: $\geq 70\%$. Type of corridor: Av, avenue; S, street. Tree height: T, tall; M, medium; S, short; Height of dwellings: H1, < 2 stories; H2 ≥ 2 stories. Villa Pueyrredón, Buenos Aires City; February-April 2006.

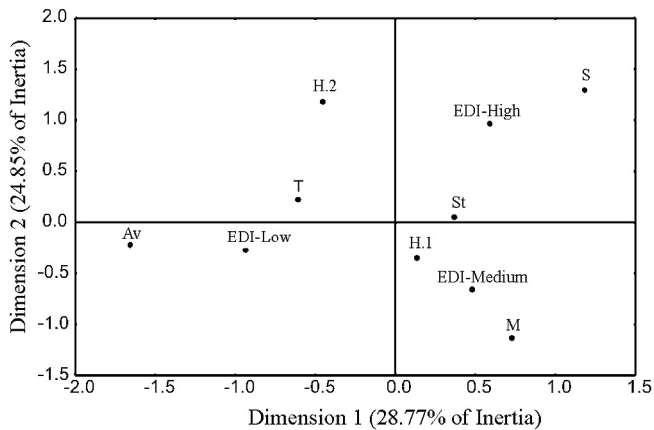


Figure 3. First and second factorial axes resulting from the correspondence analysis for the categories of the Egg Density Index and environmental variables around ovitraps set on public paved areas. Variables: EDI: low, 0–10, medium, > 10–20, high, > 20. For categories of the remaining variables see Figure 2. Villa Pueyrredón, Buenos Aires City; February–April 2006.

The positive relationship between OPI and EDI found for both dwellings and public paved areas is in agreement with that reported by Chadee (1992) and Dibo *et al.* (2005) for other urban environments in America. A practical application of this positive correlation is to estimate the mean number of eggs per ovitrap without counting them (Mogi *et al.* 1990).

The features of the immediate environment are important in the selection of oviposition sites by *A. aegypti* (e.g., Christophers 1960; Focks 2003). For example, the oviposition pattern observed in dwellings may vary according to ovitrap location (Dibo *et al.* 2005; Chadee 1991, 1992). In this sense, the analysis performed in this paper relating some surrounding environmental variables with ovitrap positivity and number of *A. aegypti* eggs can contribute to establish the best ovitrap installation sites on public paved areas. The correspondence analysis revealed that the highest oviposition activity of *A. aegypti* was positively associated with short and medium trees. The fact that the foliage of these trees is closer to the ovitrap than that of tall ones may create conditions (air temperature, relative humidity, shade, etc) favourable for vector activity. It is generally accepted that temperature and relative humidity affect the survival of *A. aegypti* adults (Christophers 1960). However, there is no consensus on whether females prefer shady sites for oviposition; this was observed by some authors (Kittayapong and Strickman 1993; Tun-Lin *et al.* 1995; Espinoza Gómez *et al.* 2001), but not by Chadee (1991, 1992), and was considered by Vezzani *et al.* (2005) as a function of the spatial scale. On the other hand, the correspondence analysis suggests that ovitraps placed under tall trees, closer to avenues, and surrounded by houses with two or more stories are less attractive to *A. aegypti* females for laying eggs. The low values of the positivity index are likely to be related to tall trees, which may not provide suitable conditions for oviposition. Likewise, the avenues, namely wide corridors with a large number of pedestrians and heavy vehicular traffic, may act as a hindrance to *A. aegypti* oviposition.

The negative association between oviposition activity of *A. aegypti* and high-rise buildings is concordant with the pattern observed by Carabajo *et al.* (2004) at the scale of Buenos

Aires City. These authors suggested that the low infestation levels in areas with high-rise buildings are related to scanty vegetation, low availability of containers and/or low connectivity within these areas. Due to the scarce number of high buildings in the neighbourhood of Villa Pueyrredón, our study had few houses with two stories or more (5/22). Thus, it's unlikely that would affect female dispersal. More detailed studies are necessary to evaluate if houses with two stories or more may be indicated a lower resource availability indirectly.

In brief, our study suggests that ovitraps on public paved areas show a lower oviposition level than in dwellings. Additionally, different environmental variables of public paved areas that serve to improve the detection of oviposition activity were identified.

Acknowledgments

This work was supported by the International Development Research Center- Canada (IDRC), through the Project N° 101814-002 (2005-2007) grants. We thank the residents of the neighbourhood of Villa Pueyrredón, who facilitated the work by allowing income to their homes, and logistically supporting the field work.

Literature cited

- AI-LEEN, G. T.; SONG, R. J. 2000. The use of GIS in ovitrap monitoring for dengue control in Singapore. *Dengue Bulletin* 24: 110-116.
- CALVO, N. A. 2008. Variación espacial y temporal de la abundancia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en dos áreas contiguas de un barrio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Licenciatura Thesis, Universidad de Buenos Aires. 62 p.
- CAMPOS, R. E.; MACIÁ A.; GARCÍA, J. J. 1993. Fluctuaciones estacionales de culicidos (Diptera) y sus enemigos naturales en zonas urbanas de los alrededores de La Plata, provincia de Buenos Aires. *Neotrópica* 39 (101-102): 55-66.
- CARBAJO, A.; GÓMEZ S.; CURTO, S.; SCHWEIGMANN, N. 2004. Variación espaciotemporal del riesgo de transmisión de dengue en la ciudad de Buenos Aires. *Medicina (Buenos Aires)* 64 (3): 231-234.
- CARBAJO, A.; CURTO, S.; SCHWEIGMANN, N. J. 2006. Spatial distribution pattern of oviposition in the mosquito *Aedes aegypti* in relation to urbanization in Buenos Aires: southern fringe biotomics of an introduced vector. *Medical and Veterinary Entomology* 20 (2): 209-218.
- CARCAVALLO, R. U.; MARTÍNEZ, A. 1968. Fiebre amarilla, vectores y cadena epidemiológica. pp. 105-144. En Carcavallo, R. U.; Martínez, A. *Entomoepidemiología de la República Argentina*. XXIII comunicaciones científicas de las fuerzas armadas, Buenos Aires, 341 p.
- CHADEE, D. D. 1988. Effects of "closed" houses on the *Aedes aegypti* eradication programme in Trinidad. *Medical and Veterinary Entomology* 2 (2): 193-198.
- CHADEE, D. D. 1990. *Aedes aegypti* surveillance in Tobago, West Indies (1983-88). *Journal of the American Mosquito Control Association* 6 (1): 148-150.
- CHADEE, D. D. 1991. Seasonal incidence and vertical distribution patterns of oviposition by *Aedes aegypti* in an urban environment in Trinidad, W.I. *Journal of the American Mosquito Control Association* 7 (3): 383-386.
- CHADEE, D. D. 1992. Seasonal incidence and horizontal distribution patterns of oviposition by *Aedes aegypti* in an urban environment in Trinidad, W.I. *Journal of the American Mosquito Control Association* 8 (3): 281-284.

- CHRISTOPHERS, S. R. 1960. *Aedes aegypti* (L.) the yellow fever mosquito. Its life history, binomics and structure, Cambridge University Press, London, 739 p.
- CURTO, S. I.; BOFFI R.; CARBAJO, A. E.; PLASTINA, R.; SCHWEIGMANN, N. 2002. Reinfestación del territorio argentino por *Aedes aegypti*. Distribución geográfica (1994-1999). pp. 127-137. In: OD Salomón, Actualizaciones en Artrópodos Sanitaria Argentina, Fundación Mundo Sano, Buenos Aires, 302 p.
- DARSIE, R.F. JR. 1985. Mosquitoes of Argentina. Part I, keys for identification of adult females and fourth stage larvae in English and Spanish (Diptera, Culicidae). Mosquito Systematic 17: 153-253.
- DIBO, M. R.; CHIARAVALLOTI-NETO, F.; BATTIGAGLIA, M.; MONDINI, A.; FAVARO, E.; BARBOSA, A.; GLASSER, C. 2005. Identification of the best ovitrap installation sites for gravid *Aedes (Stegomyia) aegypti* in residences in Mirassol, state of São Paulo, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 100 (4): 339-343.
- ESPINOZA GÓMEZ, F.; HERNÁNDEZ SUÁREZ, C. M.; COLL CÁRDENAS, R. 2001. Factores que modifican los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima, México. Revista Panamericana de Salud Pública 10 (1): 6-12.
- FAY, R. W.; ELIASON, D. A. 1966. A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. Mosquito News 26 (4): 531-535.
- FOCKS, D. A. 2003. A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. Special Program for Research and Training in Tropical Diseases (TDR), UNICEF, UNDP, World Bank, World Health Organization. Available from: http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/TDR_IDE_DEN_03.1.pdf. [Review date: 20 May 2012].
- GAUCH, H. G. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology, Cambridge University Press, London, 298 p.
- GOMES, A. C. 1998. Medidas dos níveis de infestação urbana para *Aedes (Stegomyia) aegypti* e *Aedes (Stegomyia) albopictus* em programa de vigilância entomológica. Informe Epidemiológico do SUS (Brazil) 7(3): 49-57.
- INDEC - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS 2001. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001, Serie 2 - Resultados generales, N° 1 Ciudad de Buenos Aires. Published in CD-ROM ISBN 950-896-305-0.
- JAKOB, W. L.; BEVIER, G. A. 1969a. Application of ovitraps in the U.S. *Aedes aegypti* eradication program. Mosquito News 29 (1): 55-62.
- JAKOB, W. L.; BEVIER, G. A. 1969b. Evaluation of ovitraps in the U.S. *Aedes aegypti* eradication program. Mosquito News 29: 650-653.
- JUNÍN, B.; GRANDINETTI, H.; MARCONI, J. M.; CARCAVALLO, R. U. 1995. Vigilancia del *Aedes aegypti* (L.) en la Ciudad de Buenos Aires. Entomología y Vectores 2: 71-75.
- KITTAYAPONG, P.; STRICKMAN, D. 1993. Distribution of container-inhabiting *Aedes* larvae (Diptera: Culicidae) at a dengue focus in Thailand. Journal of Medical Entomology 30(3): 601-606.
- LENHART, A. E.; WALLE, M.; CEDILLO, H.; KROEGER, A. 2005. Building a better ovitrap for detecting *Aedes aegypti* oviposition. Acta Tropica 96 (1): 56-59.
- MSN - MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN 2007. Dirección de Epidemiología. Actualización de la Situación Dengue Argentina y Mercosur. Available from: http://www.msal.gov.ar/htm/site/sala_situacion/PANE-LES/boletines/07-bonr28.xls [Review date: 1 Jun 2007].
- MOGI, M.; CHOOCHOTE, W.; KHAMBOONRUANG, C.; SUWANPANIT, P. 1990. Applicability of presence-absence and sequential sampling for ovitrap surveillance of *Aedes* (Diptera: Culicidae) in Chian Mai, Northern Thailand. Journal of Medical Entomology 27: 509-514.
- NCDC - NATIONAL CLIMATE DATA CENTER 2006 [data base on the Internet] National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS). U. S. Department of Commerce Available from: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdodateoutmod.cmd> [Review date: 9 Nov 2006].
- PAHO - PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION 1994. Dengue and dengue haemorrhagic fever in the americas: Guidelines for prevention and control, scientific publication N° 548, PAHO, Washington, D. C., 98 p.
- REGIS, L.; MONTEIRO A. M.; DE MELO SANTOS, A. M. V.; SILVEIRA, JR J. C.; FURTADO, A. F.; ACIOLI, R. V.; SANTOS, G. M.; NAKAZAWA, M.; CARVALHO, S. A.; RIBEIRO, JR P. J.; DE SOUZA, W. V. 2008. Developing new approaches for detecting and preventing *Aedes aegypti* population outbreaks: basis for surveillance, alert and control system. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 103 (1): 50-59.
- REITER, P. 2007. Oviposition, Dispersal, and Survival in *Aedes aegypti*: Implications for the Efficacy of Control Strategies. Vector-Borne and Zoonotic Diseases 7 (2): 261-273.
- SCHWEIGMANN, N.; ORELLANO, P.; KURUC, J.; VERA, M. T.; VEZZANI, D.; MÉNDEZ, A. 2002. Distribución y abundancia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Buenos Aires. pp. 155-160. In OD Salomón, Actualizaciones en Artrópodos Sanitaria Argentina, Publicación Monográfica 2, Buenos Aires, 302 p.
- SEIJO, A.; ROMER, Y.; ESPINOSA, M.; MONROIG, J.; GIAMPERETTI, S.; AMERI, D.; ANTONELLI, L. 2009. Brote de dengue autóctono en el área metropolitana Buenos Aires experiencia del hospital de enfermedades infecciosas F. J. Muñiz. Medicina (Buenos Aires) 69 (6): 593-600.
- SERVICE, M. W. 1976. Mosquito Ecology. Field Sampling Methods, Applied Science Publishers Ltd., London, 583 p.
- STEIN, M.; ORIA, G. I. 2002. Identificación de criaderos de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y cálculo de índices de infestación en la provincia de Chaco. pp. 161-166. In: Salomón, O. D. Actualizaciones en Artrópodos sanitaria Argentina, Publicación Monográfica 2, Buenos Aires, 302 p.
- TUN-LIN, W.; KAY, B. H.; BARNES, A. 1995. Understanding productivity, a key to *Aedes aegypti* surveillance. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 53 (6): 595-601.
- VEZZANI, D.; CARBAJO, A. E. 2008. *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: current knowledge and future directions Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 103 (1): 66-74.
- VEZZANI, D.; RUBIO, A.; VELÁZQUEZ, S. M.; SCHWEIGMANN, N.; WIEGAND, T. 2005. Detailed assessment of microhabitat suitability for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires, Argentina. Acta Tropica 95 (2): 123-131.
- ZAR, J. H. 1996. Biostatistical Analysis, Prentice Hall, New Jersey, 662 p.

Received: 23-May-2012 • Accepted: 26-May-2013

Mielato de *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae): recurso melífero de bosques de roble en Colombia

Honeydew of *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae): a bee-honey resource in oak forests of Colombia

FERMÍN J. CHAMORRO^{1,2}, GUIOMAR NATES-PARRA^{1,3} y TAKUMASA KONDO⁴

Resumen: Se reporta el mielato (excremento líquido azucarado) del insecto escama *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae) como un recurso importante para la producción de miel de abeja. *S. asper* se encontró en bosques de roble *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de once localidades, ubicadas entre los 2.400 y 2.800 msnm, en los departamentos de Boyacá y Santander, en la Cordillera Oriental de Colombia. Los bosques de roble donde se encontró *S. asper* corresponden a fragmentos altamente intervenidos y los árboles con mielato son abundantes en el borde de los fragmentos. Con base en un estudio palinológico se estimó que el mielato es tan importante como el néctar floral en la producción de miel de las zonas estudiadas, y en algunas localidades y épocas del año se produce miel de mielato. Como elementos indicadores de mielato se identificaron hifas, esporas (asociadas con hongo fuliginoso) y polen de roble encontrados en las muestras de miel, y se determinó su relación con tipos polínicos de plantas nectaríferas, permitiendo clasificar las mieles en tres tipos: mieles de mielato, mieles florales y mezclas. Se identificaron 67 tipos polínicos de plantas nectaríferas o potencialmente nectaríferas. Los apicultores reportaron una mayor producción de mielato en épocas secas y las mieles obtenidas presentan un color oscuro y sabor a caramelo intenso. El mielato de *S. asper* en los bosques de roble se presenta como un nuevo recurso melífero que puede ser la base para la obtención de la miel de mielato, un producto forestal no maderable novedoso para el país, con beneficios económicos y especialmente ambientales.

Palabras clave: Apicultura. Miel de mielato. Producto forestal no maderable. *Stigmacoccus*.

Abstract: The honeydew produced by the scale insect *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae) is recorded an important source for honey production by honey bees. *S. asper* was found on oak trees, *Quercus humboldtii* (Fagaceae) at eleven sites in the states of Boyacá and Santander, at 2,400-2,800 masl, in the Oriental Cordillera of Colombia. The oak forests where *S. asper* was found are highly disturbed and fragmented and trees with honeydew are most abundant on the edge of the fragments. Based on a palynological study, we estimated that honeydew is as important as floral nectar in honey production in the areas studied. In some localities and seasons, honeydew is the main ingredient of local honey. Presence of honeydew in honey was estimated by the amount of hyphae, spores (associated with sooty molds) and oak pollen found in it. Their abundance was compared with pollen from nectar-producing plants, thus allowing the classification of sampled honeys into three types: honeydew honey, floral honey and mixed honey. 67 types of nectar-producing or potentially nectar-producing plants were identified. Beekeepers reported increased production of scale insect honeydew during dry periods and described the honey produced from the honeydew of *S. asper* as being dark and with an intense caramel flavor. Honeydew from oak forests is suggested as a resource for honey, which has the potential to become a new apicultural product in Colombia. Furthermore, honeydew honey is an economically important non-timber product, and is also environmentally important because it promotes the conservation of native oak forests.

Key words: Beekeeping. Honeydew honey. Non-timber forest product. *Stigmacoccus*.

Introducción

Aunque la mayor parte de la miel producida en el mundo procede del néctar floral (mieles florales: monoflorales, multiflorales), las abejas pueden elaborarla a partir de otras fuentes de azúcares como el mielato o miel de rocío (honeydew en inglés) y en algunos países la miel de mielato (honeydew honey) representa un porcentaje importante del total de su producción, incluso por encima de las mieles florales (Santas 1983; Kunkel 1997; Gounari 2003). El mielato es el exceso de líquido azucarado que eliminan los insectos fitófagos del orden Hemiptera, suborden Sternorrhyncha, después de tomar grandes cantidades de savia, con el fin de satisfacer sus necesidades nutricionales (Malumphy 1997). Este recurso es recolectado y tratado por las abejas igual que el néctar,

sufriendo los mismos procesos enzimáticos y de almacenamiento (Barth 1970; Maurizio 1975).

Sin embargo para producir miel de mielato es necesario que: 1) la eliminación de mielato por el insecto sea alta por unidad de tiempo; 2) las poblaciones de insectos sean altas en una localidad dada, y 3) estas poblaciones sean accesibles para las abejas y para los apicultores (Kunkel 1997). Las abejas recolectan mielato cuando lo encuentran por casualidad, en su búsqueda de néctar y/o agua (Kunkel 1997). Por tal razón, en varios países del mundo (p.ej., Bulgaria, Francia, Grecia, Nueva Zelanda, Turquía), los apicultores ubican sus colmenas en bosques con abundante oferta de mielato, para facilitar que las abejas encuentren el recurso y así obtener cosechas de miel (Kunkel 1997). En Grecia, se ha calculado que alrededor de 15.000 toneladas de miel de mielato (60% de la

¹ Laboratorio de Investigaciones en Abejas (LABUN), Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Carrera 30 No. 45-03, Edificio 421, Bogotá, D.C., Colombia. ² Licenciado en Biología, Estudiante de Posgrado. fjchamorro@unal.edu.co. Autor para correspondencia. ³ M. Sc. Profesora Titular. mgnatesp@unal.edu.co. ⁴ Ph. D. Investigador. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación Palmira, km 1, Contiguo al Penal, Palmira, Valle, Colombia. takumasa.kondo@gmail.com.

producción nacional de miel) son colectadas cada año, principalmente derivada del mielato del insecto escama *Marchalina hellenica* (Gennadius, 1883) (Hemiptera: Marchalinidae) que se alimenta de diferentes especies de pino, *Pinus* spp. (Pinaceae) (Santas 1983; Gounari 2003). En las montañas de California y Oregon, EE.UU., se produce la “miel de cedro blanco” (white cedar honey), producida por las abejas a partir del mielato de la escama *Xylococcus macrocarpa* (Coleman, 1908) (Hemiptera: Xylococcidae) que se encuentra especialmente en la corteza de *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin (Cupressaceae) (Kunkel 1997). También, en los bosques de *Nothofagus* (Fagaceae) de Nueva Zelanda se produce miel aprovechando el mielato eliminado por *Ultracoelostoma assimile* (Maskell, 1890) (Hemiptera: Coelostomidae), la cual se exporta a Europa desde 1970 y se considera una miel de alta calidad por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Crozier 1981). Por otra parte, en Vosges, Francia, la miel de mielato producida a partir del mielato eliminado por diferentes especies de áfidos del género *Cinara* Curtis (Hemiptera: Aphididae) que se alimentan de árboles de abeto, *Abies pectinata* Gilib. y *A. alba* Mill. (Pinaceae), se encuentra amparada por una “Indicación Geográfica Protegida” y los apicultores transportan sus colmenas a los bosques que albergan estos insectos, basados en sistemas de información que predicen la aparición del mielato y las intensidades de sus flujos (Morlot 2008).

En Colombia, a pesar de que la norma técnica para miel de abejas (NTC 1273, ICONTEC 2007) incluye una definición de la miel de mielato, en ninguna región se habían registrado producciones de miel a partir de este recurso. Sin embargo, en el transcurso de una serie de muestreos de flora asociada a la actividad apícola realizados en el año 2008, en los municipios de Caldas y Chiquinquirá, en el occidente del departamento de Boyacá, se registró la presencia del insecto productor de mielato *Stigmacoccus asper* Hempel, 1900

(Hemiptera: Stigmacoccidae) en bosques de roble *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae); el uso del mielato de este insecto por abejas melíferas y el reconocimiento por parte de los apicultores como recurso importante para la producción de miel. Estas observaciones hacen parte de los resultados de este trabajo y fueron el motivo para determinar si la presencia de *S. asper* se limitaba a las zonas identificadas o se extendía a otras localidades de la Cordillera Oriental, considerando que en esta región se encuentran los remanentes más importantes de bosques de roble en Colombia (Avela y Cárdenas 2010) y la apicultura es una actividad productiva más o menos difundida en esta región (Martínez 2006) (Fig. 1). Igualmente, con el objetivo de estimar la contribución del mielato a la composición de la miel y así evaluar su importancia como recurso alternativo para la producción de miel en la Cordillera Oriental, se realizaron análisis palinológicos de mieles producidas en zonas donde se identificaron poblaciones de *S. asper*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en tres zonas de producción apícola, ubicadas en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental de Colombia, en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander. En estas zonas como en otras regiones del país, los apicultores manejan abejas melíferas africanizadas, descendientes de *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae) (Nates-Parra 2006). La primera zona de producción apícola se localiza al sur del departamento de Cundinamarca, en la cuenca del río Sumapaz, la segunda entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, en la cuenca alta del río Suárez y de la Laguna de Fúquene y la tercera al norte del departamento de Boyacá y sur oriente del departamento de Santander, en la cuenca media del río Chicamocha (Fig.1) (Tabla 1).

Tabla 1. Localidades con bosques de roble visitadas en las tres zonas de producción apícola (ZPA). Con una X se indica la presencia de insectos productores de mielato en árboles de roble (M), así como de apiario (A) en cada localidad. También se indica los productos (P) obtenidos de los apiarios (M = Miel, P = Polen).

ZPA	No.	Localidad (departamento, municipio y vereda)	Longitud O	Latitud N	msnm	M	A	P
A	1	Cundinamarca, Fusagasugá, Sardinas	74°21'43,72"	4°17'58,43"	1.997		X	M
	2	Cundinamarca, Guachetá, Gacheta El Carmen	73°40'49,98"	5°26'41,09"	2.688		X	M/P
	3	Cundinamarca, Guachetá, Gacheta Alto	73°38'17,73"	5°27'48,42"	2.617		X	M/P
	4	Boyacá, Ráquira, Valero	73°38'7,83"	5°28'48,00"	2.598	X	X	M/P
	5	Boyacá, Chiquinquirá, Hato de Susa	73°48'27,64"	5°34'48,65"	2.761	X	X	M/P
B	6	Boyacá, Chiquinquirá, Quiche	73°44'4,57"	5°35'2,02"	2.666		X	M/P
	7	Boyacá, Chiquinquirá, Arboledas	73°45'13,27"	5°35'52,58"	2.640	X	X	P
	8	Boyacá, Caldas, Quipe	73°54'23,35"	5°35'27,16"	2.762	X	X	M
	9	Boyacá, Buenavista, Laja	73°55'0,09"	5°32'13,47"	2.572	X	X	M
	10	Boyacá, Pauna, Monte y Pinal	73°56'23,92"	5°36'21,88"	2.775	X		
	11	Boyacá, Saboyá, Molino	73°47'33,82"	5°40'3,69"	2.678		X	M
C	12	Boyacá, Susacón, El Hato	72°42'27,36"	6°10'41,52"	2.745		X	P
	13	Boyacá, Soatá, Molinos	72°43'30,72"	6°20'34,86"	2.601		X	P
	14	Boyacá, San Mateo, Peñuela	72°33'47,61"	6°21'39,74"	2.540	X	X	M/P
	15	Santander, Enciso, Robles	72°39'23,08"	6°39'44,80"	2.599	X	X	M
	16	Santander, Molagavita, Potrero de Rodríguez, km 15	72°46'32,01"	6°39'50,17"	2.872	X	X	M
	17	Santander, Molagavita, Potrero de Rodríguez, km 22	72°47'56,22"	6°42'46,78"	2.605	X		
	18	Santander, Molagavita, Pantano Grande	72°49'25,78"	6°41'23,48"	2.432	X	X	M

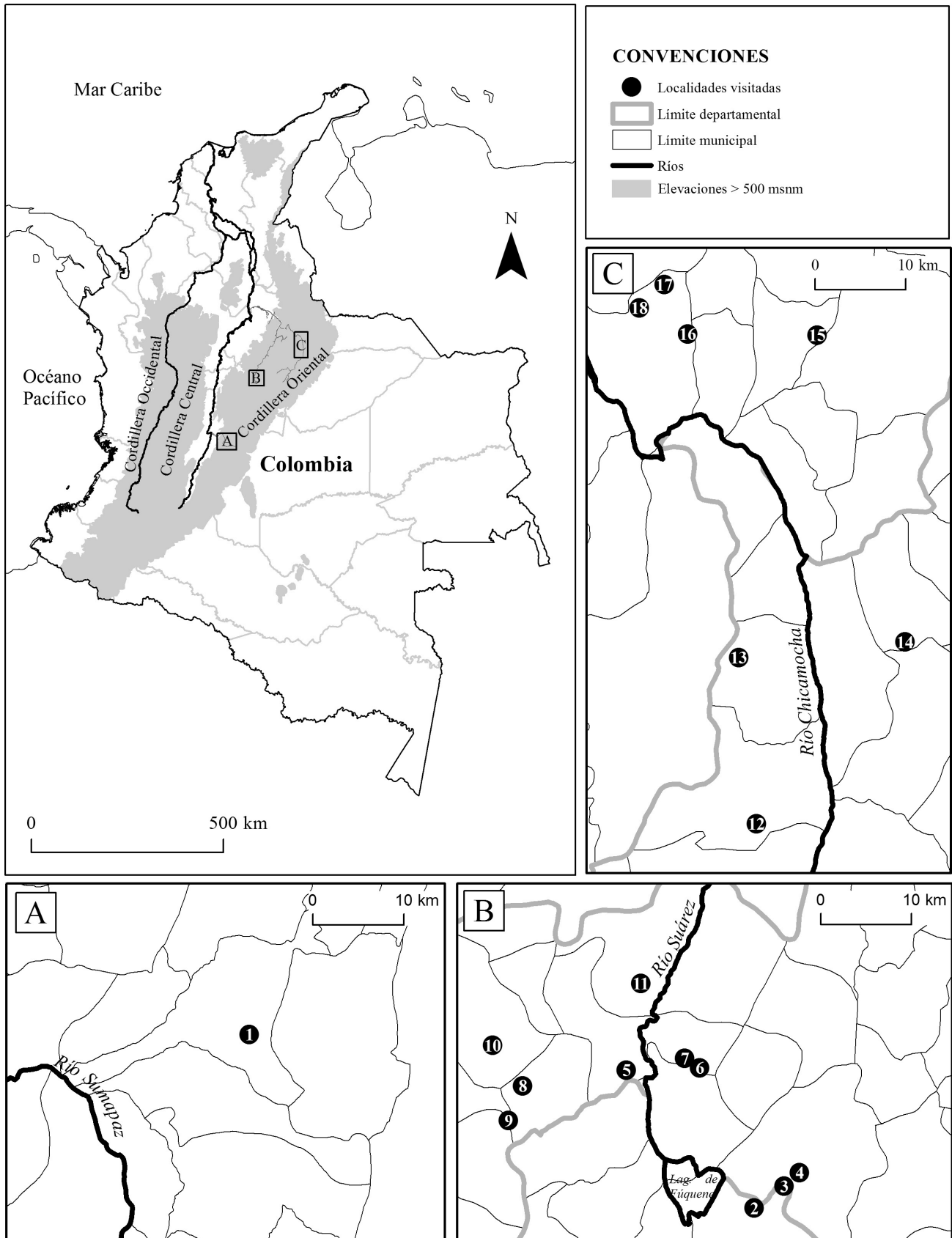


Figura 1. Zonas de producción apícola estudiadas en la Cordillera Oriental de Colombia. Los números en círculo negro corresponden a las localidades visitadas (ver detalle en la Tabla 1).

Tabla 2. Aporte de mielato y néctar estimado a través del análisis palinológico para las 24 muestras de miel. Ver detalles de la localidad (L) en la tabla 1.

L	Cosecha	Mielato	Néctar	Tipo de aporte de néctar	Tipo de miel
3	dic-10	19,9	80,1	Monofloral (<i>Weinmannia</i>)	Floral
	dic-10	62,7	37,3	Bifloral (<i>Weinmannia</i> + <i>Ericaceae</i>)	Mezcla
4	dic-10	15,4	84,6	Multifloral	Floral
5	may-08	24,3	75,7	Monofloral (<i>E. globulus</i>)	Floral
8	ago-08	43,7	56,3	Monofloral (Tipo <i>Brassica</i>)	Mezcla
	jul-09	34,9	65,1	Bifloral (Tipo <i>Brassica</i> + <i>E. globulus</i>)	Mezcla
9	abr-10	3,9	96,1	Monofloral (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Floral
	oct-10	67,6	32,4	Bifloral (Tipo <i>Brassica</i> + <i>Gaiadendron punctatum</i>)	Mezcla
14	mar-08	25,4	74,6	Oligofloral (<i>Asteraceae</i>)	Floral
	ago-08	15,5	84,5	Multifloral	Floral
	mar-09	31,8	68,2	Multifloral	Mezcla
	mar-09	34,8	65,2	Monofloral (<i>Melastomataceae</i> sp.2)	Mezcla
	ago-09	4,9	95,1	Monofloral (<i>Asteraceae</i> sp.2)	Floral
	ene-10	35,3	64,7	Bifloral (<i>Asteraceae</i> sp.4 + <i>E. globulus</i>)	Mezcla
	mar-10	24,9	75,1	Oligofloral (<i>Asteraceae</i>)	Floral
	ago-10	53,1	46,9	Monofloral (<i>Asteraceae</i> sp.6)	Mezcla
	sep-10	36,6	63,4	Monofloral (<i>Asteraceae</i> sp.1)	Mezcla
	oct-10	43,5	56,5	Monofloral (<i>Baccharis</i> sp.)	Mezcla
15	mar-11	15,5	84,5	Monofloral (<i>Weinmannia</i>)	Floral
	ene-11	20,9	79,1	Monofloral (<i>Melastomataceae</i> sp.1)	Floral
16	oct-09	65,8	34,2	Monofloral (<i>E. globulus</i>)	De Mielato
	mar-10	31,6	68,4	Bifloral (<i>Asteraceae</i> sp.1 + Tipo <i>Brassica</i>)	Mezcla
	oct-10	55,3	44,7	Bifloral (<i>Asteraceae</i> sp.1 + <i>E. globulus</i>)	Mezcla
18	oct-10	81,9	18,1	Monofloral (<i>Asteraceae</i> sp.7)	De Mielato

Entre agosto de 2009 y enero de 2011 se estudiaron las tres zonas de producción apícola con el fin de identificar apiarios con bosques de roble en su área de influencia y la presencia de insectos productores de mielato en los bosques. Para esto se visitaron fincas donde hay apiarios y en las que se identificaron bosques de roble, se realizaron recorridos tanto dentro como fuera de estos, examinando los árboles de roble y determinando la presencia de insectos productores de mielato. Un árbol se consideró infestado si el filamento anal de al menos un espécimen de *S. asper* era visible y/o se observaba el crecimiento de fumaginas (Fig. 2). Las fumaginas son hongos superficiales que se caracterizan por tener micelios oscuros y solamente se pueden desarrollar en presencia de grandes cantidades de mielato, que les sirve como medio de crecimiento (Barth 1970; Mibey 1997). En las localidades donde se determinó la presencia de insectos productores de mielato, se tomaron muestras de estos, extrayéndolos con una navaja y depositándolos en tubos con alcohol al 70% para su preservación. Posteriormente en laboratorio los insectos se prepararon y montaron en láminas permanentes (por T. Kondo) siguiendo el método de Williams y Granara de Wilink (1992) para Pseudococcidae. La identificación taxonómica de *S. asper* se realizó usando la clave de Hodgson *et al.* (2007). Las láminas se depositaron en el laboratorio de entomología de Corpoica, Centro de Investigación Palmira, km 1, contiguo al Penal, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

De las localidades donde se registraron apiarios con bosques de roble y oferta de mielato se solicitó a los apicultores

muestras de miel para evaluar la contribución del mielato a la composición de éstas. Se obtuvieron 24 muestras de miel, con las cuales se elaboraron preparaciones microscópicas al natural (sin acetólisis) y se realizaron análisis palinológicos. Las muestras de miel son una mezcla de mieles en diferentes partes de la colmena. El estudio microscópico de los componentes del sedimento obtenido de una miel permite no sólo identificar tipos polínicos asociados a plantas nectaríferas o potencialmente nectaríferas sino también detectar y cuantificar la presencia de elementos indicadores de mielato, como hifas y esporas de las fumaginas, que también son llevadas por las abejas cuando recolectan mielato. De este modo es posible determinar cuáles han sido las fuentes de azúcares utilizadas por las abejas para la producción de miel. De cada muestra de miel se utilizó 10 g, los cuales se disolvieron en agua destilada caliente por partes (1: 4 ml y 2: 3 ml, cada parte se disolvió en 15 ml de agua destilada), para facilitar la concentración de las partículas y elementos contenidos en esta. Entre cada disolución se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos. Del sedimento resultante se realizó un montaje de dos alícuotas por lámina (dos áreas de conteo por lámina) con gelatina glicerizada y selladas con parafina. Se utilizó un microscopio Leica DM LS2 para la identificación de tipos polínicos y detección de elementos fúngicos de las fumaginas, así como para hacer conteos de estos. Se tomó como criterio de conteo un mínimo de 300 granos de polen por muestra. El reconocimiento taxonómico de los tipos polínicos hasta nivel de especie, género y/o familia, se hizo con base en catálogos

de polen (Roubik y Moreno 1991; Velásquez 1999), así como por comparación directa con la palinoteca del Laboratorio de Investigaciones en Abejas (LABUN) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá, D.C., Colombia.

Posteriormente se procedió a hacer un análisis cualitativo de los conteos siguiendo los criterios propuestos por Louveaux *et al.* (1978) y Barth (2005). Los tipos polínicos identificados se clasificaron en tipos polínicos de plantas nectaríferas y tipos polínicos de plantas no nectaríferas (poliníferas y/o anemófilas), según lo reportado en la literatura sobre aspectos de biología floral y polinización para las familias, géneros o especies identificados en las muestras. Con base en lo anterior se excluyeron de los conteos los tipos polínicos de plantas no nectaríferas y se calcularon abundancias relativas (%) de los elementos indicadores de mielato (elementos fúngicos de las fumaginas) y de los tipos polínicos de plantas nectaríferas. Las mieles se clasificaron como miel de mielato o miel floral cuando el aporte de mielato o de néctar fue mayor o igual a 70%, respectivamente. Las muestras con aportes de néctar o mielato mayor de 30% y menor de 70%, respectivamente, se clasificaron como mezclas. Este rango se definió con base en lo reportado en la literatura cuando se combinan criterios palinológicos y fisicoquímicos para estimar el porcentaje de mielato en una muestra de miel (Soria *et al.* 2004, 2005). También se calculó la abundancia relativa de cada tipo polínico de planta nectarífera con respecto al

total contado por muestra para determinar la dominancia o no de alguna especie de planta en el aporte de néctar. Para tal fin se siguieron los términos propuestos por Louveaux *et al.* (1978): Dominante $> 45\%$, Secundario $\geq 16 \leq 45\%$, Aislado importante $\geq 3 < 16\%$, Aislado $< 3\%$ y se definió el tipo de aporte de néctar en términos de: monofloral cuando un tipo polínico fue dominante, bifloral cuando dos tipos polínicos presentaron frecuencia relativa secundaria y los dos sumaron más de 45%, oligofloral cuando dos o más tipos polínicos con frecuencia relativa secundaria pertenecían a una misma familia, y multifloral cuando se presentó un tipo polínico secundario y más de cuatro tipos polínicos aislados importantes o aislados o cuando ningún tipo polínico fue secundario y los tipos polínicos identificados fueron aislados importantes o aislados.

Resultados

Áreas de producción apícola con bosques de roble y oferta de mielato.

Se registraron 17 apiarios con bosques de roble en su zona de influencia (Tabla 1), los cuales se encuentran ubicados en fincas con predominio de actividades agropecuarias, donde además de bosques de roble, se observaron otros tipos de coberturas vegetales generales asociadas: matorrales, pastizales, cultivos y plantaciones forestales. Los bosques de roble en la mayoría de las localidades corresponden a fragmentos altamente intervenidos, similares a una plantación forestal, sin sotobosque definido y con evidencia de pastoreo. Los apicultores tienen sus apiarios en los matorrales, que limitan con los fragmentos de bosques de roble, con 10 colmenas en promedio y dedicados a la producción de miel, polen o a los dos productos. En general, según los apicultores del área de estudio, la producción de miel (12 kg por colmena) se da en los primeros meses del año y la de polen (18 kg por colmena) durante la mayor parte del año, siendo en algunos apiarios mayor que la de miel.

Se identificaron poblaciones de *S. asper* en los bosques de roble de 11 localidades: nueve de las 17 donde hay actividad apícola y dos donde no hay apiario instalado aunque los apicultores se encuentran negociando su instalación con el propietario de la finca (Tabla 1). Los apicultores manifiestan que hay mayor producción de mielato en épocas secas (enero y julio), a los cuales les siguen producciones de miel caracterizadas por su color oscuro y sabor a caramelo intenso, que denominan “miel de roble”. Antes de la realización de este trabajo, los apicultores no conocían que el mielato que recolectan sus abejas es producido por insectos escama, pero si habían observado a sus abejas recolectando activamente este recurso y que la miel producida posteriormente, presentaba características diferentes de las otras mieles.

Stigmacoccus asper en los bosques de roble. Este insecto escama se ubica debajo de la corteza de los árboles de roble *Q. humboldtii* y elimina mielato en forma de gotas a través de un filamento ceroso hueco conectado al ano (Fig. 2). El mielato cae sobre la corteza de los árboles y en el suelo, superficies donde crecen fumaginas, que en algunos árboles se observaban cubriendo completamente el tronco y las ramas (Figs. 2A y C). Los árboles infestados con *S. asper* se encontraron tanto en el interior como en el borde de los fragmentos de bosque, así como en árboles de roble aislados en los potreros. Aunque no se realizó una cuantificación de los niveles de infestación de *S. asper* en las diferentes zonas, la observación

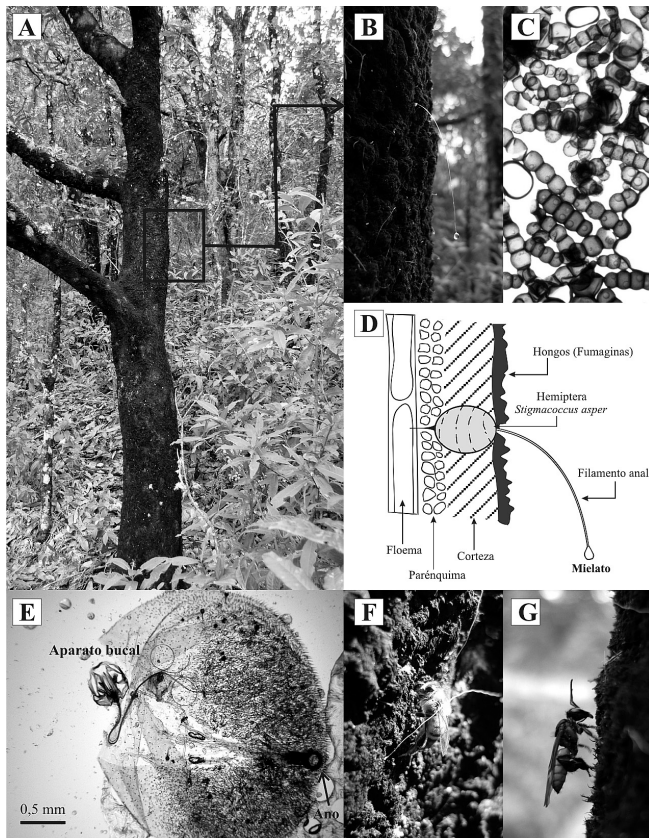


Figura 2. Insectos productores de mielato en bosques de roble y organismos asociados a su mielato. A. Árboles de *Q. humboldtii* infestados por *S. asper*. B. Detalle de *S. asper* eliminando una gota de mielato. C. Fumaginas. D. Representación diagramática de *S. asper* chupando savia del roble. E. Fotomicrografía de *S. asper* indicando ano y estilete del aparato bucal. F. *A. mellifera* y G. *Parapatamona zonata*, recolectando mielato.

Tabla 3. Principales tipos polínicos de plantas nectaríferas identificados en las muestras de miel, con sus clases de frecuencia (D = Dominante > 45%, S = Secundario ≥ 16 - $\leq 45\%$, IA = Importante Aislado $\geq 3\%$ < 16%, A = Aislado < 3%). Se indica el número de muestras según clase de frecuencia y valores máximos (Max.) y mínimos (Min.) de aporte estimado a través del análisis palinológico.

Familia	Tipo polínico	D	S	AI	A	Max	Min
Araliaceae	<i>Oreopanax</i>			1	2	13,8	0,4
Brassicaceae	Tipo <i>Brassica</i>	1	3	2	4	57,0	0,2
Cleomaceae	Aff. <i>Cleome</i>		1		1	27,6	0,6
Asteraceae	Asteraceae sp.1	1	5	3	6	57,5	1,4
Asteraceae	Asteraceae sp.2	1				53,1	53,1
Asteraceae	Asteraceae sp.3		1			34,3	34,3
Asteraceae	Asteraceae sp.4			1		13,5	13,5
Asteraceae	Asteraceae sp.5	1				60,4	60,4
Asteraceae	Asteraceae sp.6	1				46,2	46,2
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	1		1		45,7	10,9
Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata</i>		3	15	5	17,8	0,2
Asteraceae	<i>Pentacalia</i>			2	4	8,1	0,4
Asteraceae	Tipo <i>Senecio</i>		1	3	1	40,8	0,7
Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	2	1	10	5	56,4	0,4
Ericaceae	Especie no determinada		1	1	1	34,0	0,3
Escalloniaceae	<i>Escallonia pendula</i>		1	4	7	34,5	0,4
Escalloniaceae	<i>Escallonia paniculata</i>		1			32,1	32,1
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>		2	13	9	17,8	0,3
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>			6	8	7,3	0,7
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i>		1	3	7	26,0	0,5
Melastomataceae	Melastomataceae sp.1	1	1	9	8	58,5	0,4
Melastomataceae	Melastomataceae sp.2	1				70,8	70,8
Melastomataceae	Melastomataceae sp.3			1		13,4	13,4
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	3	4	9	7	64,5	0,3
Myrtaceae	Tipo <i>Myrcia</i>			2	4	10,3	0,4
Rosaceae	<i>Hesperomeles</i>			3	2	9,0	1,1
Rosaceae	<i>Rubus</i>		1	2	1	28,0	1,3

de árboles con tronco y ramas completamente cubiertos de fumaginas principalmente en el borde de los fragmentos, sugieren que hay un mayor nivel de infestación en estas zonas. En las localidades de Quipe (municipio de Caldas, occidente de Boyacá), Peñuela (municipio de San Mateo, norte de Boyacá) y Robles (municipio de Enciso, Sur Oriente de Santander), se observó una mayor cantidad de robles infestados por *S. asper*. No se encontraron poblaciones de *S. asper* en Cundinamarca.

En todas las localidades visitadas donde se encontró *S. asper*, se observó la especie *A. mellifera* recolectando activamente mielato, en vuelo, tomando las gotas que penden de los filamentos anales pero principalmente recolectando el mielato acumulado sobre el tronco de los árboles (Fig. 2F). Durante estas observaciones también se registró el consumo de mielato por otras especies animales: colibries, avispas y abejas sin aguijón *Parapartamona zonata* (Smith, 1854) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) (Fig. 2G). Las abejas sin aguijón se encontraron al occidente de Boyacá, en las veredas Laja (municipio de Buenavista) y Monte Pinal (municipio de Pauna), localidades donde la actividad apícola es casi nula.

Contribución del mielato a la producción de miel. La cantidad de elementos indicadores de mielato (hifas, esporas) (Fig. 3) encontrados en las muestras de miel con relación a la de tipos polínicos de plantas nectaríferas, permitió clasificar 2 muestras como mieles de mielato, 10 muestras como mieles florales y 12 muestras como mezclas de miel de mielato y miel floral (Tabla 2). Con respecto al aporte de néctar, en las 24 muestras de miel analizadas, se identificaron 67 tipos polínicos de plantas nectaríferas o potencialmente nectaríferas (tipos polínicos identificados a nivel de familia e indeterminados), de los cuales 27 tipos polínicos aportaron más del 90% de los recursos (Tabla 3). Sin embargo, en términos generales, el polen de tipo *Brassica* (Brassicaceae), *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), *Weinmannia* (Cunoniaceae), Asteraceae y Melastomataceae fueron las principales fuentes de néctar. También se encontró en menor cantidad polen de Ericaceae, *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers., *E. paniculata* (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult. (Escalloniaceae), *Gaiadendron punctatum* (Ruiz & Pav.) G. Don (Loranthaceae), *Hesperomeles* y *Rubus* (Rosaceae), *Hypochaeris radicata* L. (Asteraceae), *Oreopanax* (Araliaceae), *Trifolium pratense* L. y *T. repens* L. (Fabaceae) entre otras (Tablas 1 y 2).

Discusión

Stigmatococcus asper es una especie neotropical, al igual que todas las especies del género, de la cual ya existen registros para Colombia, pero asociada a árboles de guamo *Inga* sp. (Fabaceae) en zonas cafeteras de Villavicencio, departamento del Meta (Hodgson *et al.* 2007). También se ha registrado su presencia en Brasil, Panamá y Venezuela, igualmente en árboles de la familia Fabaceae (*Cassia* sp. e *Inga* spp.) (Hodgson *et al.* 2007). Sin embargo, no se había registrado como parásito de *Q. humboldtii*, aunque sí se conocía la relación de la especie *Stigmatococcus garmilleri* Foldi, 1995 (Hemiptera: Stigmatococcidae) con seis especies de *Quercus* en paisajes fragmentados de Veracruz, México (Gamper *et al.* 2011).

Así como otros insectos productores de mielato, *S. asper* utiliza sus estiletes para perforar los vasos del floema y succionar savia (Figs. 2D y E), proceso alimenticio que tiene como fin captar aminoácidos para la síntesis de proteínas (Malumphy 1997). Debido a que la savia del floema presenta bajas concentraciones de aminoácidos y altas concentraciones de azúcares, los insectos deben ingerir grandes cantidades de alimento para satisfacer sus necesidades nutricionales y para crecer. Su canal alimentario se ha modificado para formar una “cámara filtrante”, que facilita la concentración de los aminoácidos para su absorción y filtra el exceso de agua y azúcares tomados del floema, pasando directamente al recto para su eliminación a través del ano (Malumphy 1997). Este exceso de agua y azúcares es el mielato, que en *S. asper* pasa al filamento ceroso hueco conectado a su ano para su eliminación final (Fig. 2D). El filamento es secretado por un anillo

de poros tuberculados que rodean el ano del estado de quiste (Hodgson *et al.* 2007). Esta forma de eliminación final del mielato también se presenta en otras especies del género *Stigmatococcus*, así como en los géneros *Ultracoelostoma* Cockrell (Malumphy 1997) y *Xylococcus* Morrison (T. Kondo, obs. pers.). La eliminación de mielato en *S. asper* se produce durante el primer instar (etapa de gateador) y los estados de quiste, en ambos sexos, pero no en los adultos porque estos no tienen partes bucales (Hodgson *et al.* 2007).

Stigmatococcus asper se encontró tanto al interior como en el borde de fragmentos de bosques de roble y también en árboles aislados en los potreros, aunque se observaron más árboles infestados por este insecto en el borde de los fragmentos. Este patrón de distribución y abundancia es similar al descrito para *S. garmilleri* en México (Gamper *et al.* 2011) y para *U. assimile* en Nueva Zelanda (Crozier 1981). En estos lugares se ha encontrado que altos niveles de infestación en el borde de los bosques y en árboles por fuera de estos, se relacionan positivamente con aumentos en temperatura provocados por la exposición a la luz solar, que en los bosques de *Quercus* de México tiene su origen en la continua remoción de madera de los bosques. Puede pensarse también que la distribución ‘natural’ o del pasado de estos insectos, cuando los bosques no estaban fragmentados, estaba restringida a las ramas altas de los robles. Por este motivo, la interacción entre *S. garmilleri* y *Quercus* spp., se considera una característica de bosques montanos altamente fragmentados (Gamper y Koptur 2010; Gamper *et al.* 2011). Igualmente para bosques templados en Inglaterra (Ozanne *et al.* 2000) y bosques tropicales amazónicos en Brasil (Fowler *et al.* 1993), se ha registrado que los insectos escama y los áfidos reaccionan positivamente a la fragmentación, observándose un incremento de sus poblaciones en árboles aislados y en el borde de los bosques. De acuerdo con lo anterior, es bastante probable que *S. asper* se encuentre en bajas densidades en los bosques de roble, pero debido a la fragmentación y alteración de estos ecosistemas por causas antrópicas como la explotación maderera del roble (Avella y Cárdenas 2010), se han creado condiciones ambientales (p.ej., mayor exposición solar, homogeneidad de los bosques, disminución de enemigos naturales) que podrían estar favoreciendo el aumento de sus poblaciones. Las presiones antrópicas, principalmente la apertura de nuevos potreros, aún persisten sobre los bosques de roble (Avella y Cárdenas 2010), como se pudo observar en los bosques de roble de las localidades estudiadas.

El uso del mielato por *A. mellifera* se conoce ampliamente, tanto en áreas donde son nativas como introducidas (Kunkel 1997), pero el uso por abejas sin aguijón ha sido poco documentado (Lorenzon y Matrangola 2005; Koch *et al.* 2011). En ambos casos se considera que las abejas explotan el mielato cuando los recursos nectaríferos son escasos. De igual forma, en un trabajo experimental controlado con la abeja solitaria *Osmia bicornis* (L., 1758) (Hymenoptera: Megachilidae), se concluyó que la explotación del mielato por estas abejas, depende del tipo del mielato y de la ausencia o escasez de néctar (Konrad *et al.* 2009). En comparación con el néctar, el mielato se considera una fuente de azúcares inferior, esto debido a su a veces limitada accesibilidad (producto de la evaporación y la presencia de azúcares como rafinosa y melecitosa) pero principalmente a su composición química particular (nuevos oligosacáridos sintetizados por los insectos y/o metabolitos secundarios derivados de las plantas) (Konrad *et al.* 2009). Con relación al mielato de *S. asper*

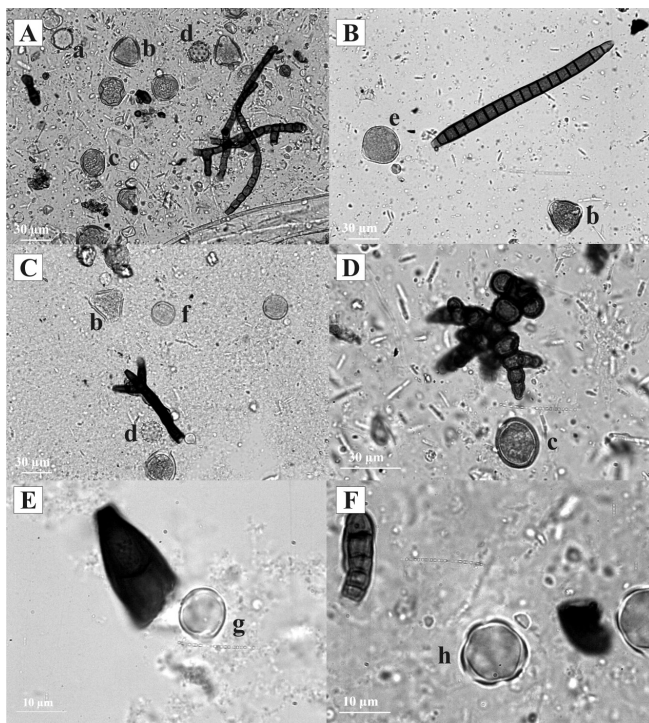


Figura 3. Elementos fúngicos (hifas, esporas) y tipos polínicos observados en las muestras de miel. **A.** a. *Eucalyptus globulus*, b. *Quercus humboldtii*, c. *Fraxinus chinensis*, d. Asteraceae. **B.** b. *Q. humboldtii*, e. *Trifolium pratense*. **C.** b. *Q. humboldtii*, d. Asteraceae f. Brassica. **D.** c. *F. chinensis*. **E.** g. *Weinmannia*. **F.** h. Melastomataceae. A-C en 20X, D en 40X, E y F en 100X.

como fuente de azúcares para animales, solamente se conoce su uso por colibríes *Amazilia viridigaster*, *Chlorostilbon* sp. y *Metallura* sp., en árboles de guamo (*Inga* sp.) de zonas cafeteras de Villavicencio, Colombia (Köster y Stoewesand, 1973). No obstante, el mielato de otras especies de *Stigmatococcus* se registra que es consumido por ácaros, abejas melíferas, avispas, hormigas, moscas y aves, siendo estas últimas sus principales consumidores (Hodgson *et al.* 2007). En bosques secos de República Dominicana, 15 especies de pájaros, migratorios y residentes, han sido observados alimentándose del mielato producido por *Stigmatococcus* sp., destacándose *Dendroica tigrina* (Gmelin, 1789) (Passeriformes: Parulidae) que pasa más del 85% de su actividad diaria en el consumo y defensa del mielato (Latta *et al.* 2001). Igualmente, en los bosques de *Quercus* de Veracruz, México, alrededor de 25 especies de aves, entre residentes y migratorias, se han observado consumiendo el mielato de *S. garhammeri*, de las cuales *Dendroica coronata auduboni* (J.K. Townsend, 1837) (Passeriformes: Parulidae) es el consumidor más activo y dominante, principalmente de árboles con mielato aislado en los potreros (Gamper y Koptur 2010). También en Hidalgo, México, cuatro especies de colibríes se alimentan del mielato de *Stigmatococcus* sp., presentándose una distribución espacio-temporal del uso del mielato entre las especies, como estrategia de coexistencia y explotación efectiva del recurso (Lara *et al.* 2011). En general se considera que el mielato eliminado a través de filamentos anales como los de *S. asper*, puede ser una fuente importante de azúcares para animales, dado su fácil acceso y reconocimiento en campo (gotas brillantes que penden de los filamentos) (Kunkel 1997).

En cuanto al aporte del mielato a la producción de miel, el análisis microscópico de la miel permitió clasificar dos muestras como miel de mielato y 12 como mezclas de un total de 24 muestras. Estos resultados indican que el mielato es tan importante como el néctar en la producción de miel en las zonas estudiadas. Incluso, el aporte de mielato podría ser más alto de lo estimado a través del análisis microscópico, considerando que: 1) así sea en bajas cantidades, en todas las muestras analizadas se identificaron elementos indicadores de mielato y esta es una característica ya definida para mieles de mielato de roble de la región mediterránea de Europa donde los principales insectos proveedores de mielato son *Tuberculatus annulatus* (Hartig, 1841) y *T. borealis* (Krzywiec 1971) (Hemiptera: Aphididae) que parasitan diferentes especies de *Quercus* (Ricciardelli D'Albore 1998); 2) las características organolépticas (color oscuro y sabor a jarabe o caramelo intenso) de la mayoría de las muestras analizadas en este trabajo se han establecido como típicas para mieles de mielato de Europa (Piana 2008); y 3) resultados de la caracterización fisicoquímica de las muestras analizadas en este trabajo, muestran que más del 50% de estas, presentan una conductividad eléctrica superior a 0,8 mS/cm, el parámetro principal utilizado para diferenciar mieles de mielato de mieles florales y más del 35% cumplió con los valores de referencia europeos para mieles de mielato, entre los cuales se encuentran: alto contenido de cenizas, altos valores de pH (> 4,5), altos niveles de oligosacáridos, especialmente melicitosa superior a 0,5 g/100 g y valores positivos de rotación específica (Gamboa-Abril, com. pers.).

Sin embargo, según Barth (1970) la miel de mielato nunca se produce de forma pura y siempre va estar acompañado por porcentajes variables de miel floral, puesto que las abejas al mismo tiempo que recolectan mielato no dejan de visitar

flores para recoger néctar. Como se expuso anteriormente, las abejas prefieren el néctar floral ante el mielato y algunas de las principales fuentes de néctar identificadas en este trabajo (*Brassica*, *E. globulus*, *Weinmannia*, Asteraceae y Melastomataceae) se encuentran entre las más utilizadas por las abejas y asociadas a la producción de mieles monoflorales y biflorales en zonas altoandinas (Bogotá *et al.* 2001; Nates-Parra y Chamorro, obs. pers.). Estas plantas son ampliamente cultivadas (i.e., *E. globulus*), abundantes y frecuentes en los bosques y matorrales andinos (i.e., *Weinmannia*) y de rápido crecimiento entre y durante épocas de cultivo, cubriendo áreas importantes de terreno (i.e., *Brassica*), condiciones que favorecen la concentración de los recursos en un área determinada y su recolección por parte de las abejas. En cuanto a Asteraceae, aunque no fue posible identificar a nivel específico varios de los tipos polínicos de esta familia, es muy probable que estos correspondan a especies típicas de estados sucesionales tempranos que limitan con los bosques, como los géneros *Baccharis* y *Pentacalia*, identificados en los espectros polínicos y muy comunes en las diferentes coberturas vegetales alrededor de los apiarios. Finalmente, las plantas de la familia Melastomataceae se consideran en general como plantas poliníferas y no productoras de néctar. No obstante, especies como *Miconia ligustrina* (Sm.) Triana y *M. squamulosa* Triana (Melastomataceae) presentes en los bosques y matorrales del área de estudio producen néctar, recurso recolectado de forma frecuente por abejas melíferas y abejorros *Bombus hortulanus* Friese, 1904 (Hymenoptera: Apidae) (F.J. Chamorro, obs. pers.).

Implicaciones para el manejo y conservación del roble.

Los bosques dominados por *Q. humboldtii* son ecosistemas que albergan una rica biodiversidad (p.ej., más de 550 especies de plantas vasculares) y prestan importantes servicios ecosistémicos como retención y regulación del flujo hídrico, asociadas a las condiciones de humedad y sombra generadas por las densas copas de estos bosques que permiten la presencia de un gran número de especies de briófitos, líquenes, bromelias, orquídeas y helechos (Avella y Cárdenas 2010). Sin embargo, debido a la extracción intensiva para madera, el roble se ha declarado en estado vulnerable y se ha establecido veda nacional para su aprovechamiento forestal (Salinas y Cárdenas 2007).

Si bien se prohíbe la tala de árboles de roble, también se considera el manejo sostenible y el de los bosques asociados a esta especie, como un mecanismo fundamental para su conservación y un tema prioritario para aportar información en este sentido se relaciona con potenciar y reconocer los usos no maderables de los recursos del bosque (Avella y Cárdenas 2010). Las comunidades locales han incorporado el uso del roble (alimento, colorante, medicinal, entre otros) a sus sistemas de vida, ayudando a consolidar su base económica y/o alimentaria (Ariza *et al.* 2010). Teniendo en cuenta estos antecedentes y los resultados de este trabajo, la apicultura se presenta como otra alternativa de uso no maderable del roble, a través del aprovechamiento del mielato para la producción de miel. Si se parte de que la fuente primaria de esta miel sería la savia del roble, la miel de mielato de roble podría catalogarse como producto forestal no maderable y un incentivo a la conservación de esta. En los mercados alternativos, los apicultores pueden conseguir un valor agregado para la miel de mielato, que los motivaría a llevar a cabo prácticas de conservación del bosque como parte del manejo apícola.

Para que este potencial de uso se pueda desarrollar y no se comprometa la sustentabilidad del recurso y de la misma actividad, y que los mercados funcionen para los productores, se hace necesario profundizar en el conocimiento del mielato de *S. asper*, particularmente sobre aspectos productivos, ecológicos y de agregación de valor y así planificar el aprovechamiento apícola. Hay que determinar el potencial melífero del mielato, considerando variables temporales y espaciales, lo cual permitirá hacer estimaciones de cuanto más es posible producir y evaluar la capacidad de carga de las zonas o visto de otra forma la cantidad de abejas que se necesitan para explotar el recurso sin comprometer su supervivencia y las de otros consumidores del mielato. Las abejas melíferas podrían competir con la fauna nativa establecida, para quienes el mielato podría ser un recurso alimenticio importante (Hodgson *et al.* 2007). El mielato de los bosques de roble es consumido por diferentes animales, como *P. zonata*, especie de abeja sin aguijón endémica de los andes colombianos y ecuatorianos (González y Nates-Parra 1999). Por otra parte, con un mayor conocimiento de los aspectos productivos y ecológicos del mielato, los apicultores podrán orientar sus prácticas de manejo hacia el aseguramiento de la producción de la “miel de roble”, cosechando después de ocurrida la oferta de mielato y evitando que se mezcle con el néctar floral. Si bien los apicultores tienen ubicadas sus colmenas cerca de los bosques de roble, lo cual puede facilitar la recolección del mielato por parte de las abejas, se hacen necesarias estas prácticas considerando la oferta de recursos nectaríferos atractivos para las abejas en las zonas de producción.

Además, es importante complementar el conocimiento de la contribución real del mielato a la producción de miel, no solamente en términos de composición sino también en la identificación de propiedades bioactivas heredadas de este recurso, con el fin de agregar un mayor valor al producto y al mismo tiempo a los bosques de roble. Este conocimiento permitiría a los apicultores de la Cordillera Oriental, consolidar una alternativa de diversificación productiva, que actualmente tiene relevancia a nivel comercial. Hasta hace algunos años, las mieles de mielato eran tratadas por igual, pero con la identificación de propiedades especiales (antimicrobianas y antioxidantes), relacionadas con la diversidad de fuentes (árboles e insectos) y de áreas productivas, se está trabajando para incrementar su conocimiento y posicionarlas en el mercado de los productos apícolas. En ese sentido, ya se han realizado dos Simposios Mundiales de Mieles de Mielato (IHC 2008, 2010). La miel de roble de los Andes orientales sería el primer producto de esta naturaleza (miel no floral, miel de mielato) en Colombia y el segundo relacionado a los insectos del género *Stigmacoccus*. En Brasil, los apicultores obtienen la “miel negra” a partir del mielato de *Stigmacoccus paranaensis* Foldi, 2006 (Hemiptera: Stigmacoccidae), el cual parasita árboles de la familia Fabaceae (Hodgson *et al.* 2007). Finalmente, la miel de mielato de roble podría ser comercializada por su origen geográfico, dado que al contener en baja o alta proporción granos de polen de diferentes tipos de plantas nectaríferas, estos podrían servir como indicadores de origen geográfico (Barth 1970).

Conclusiones

El mielato de los bosques de roble constituye una fuente de azúcares para las abejas melíferas tan importante como el néctar en los paisajes andinos fragmentados estudiados en

la Cordillera Oriental, lo cual representa una alternativa de diversificación productiva para los apicultores de estas zonas a través de la obtención de un producto apícola novedoso para el país como sería la miel de mielato. Sin embargo, los apicultores deben trabajar en su diferenciación a nivel de manejo productivo, dada la oferta de recursos nectaríferos que pueden resultar más atractivos para las abejas melíferas en las épocas de producción de mielato. Igualmente estos resultados proporcionan una base sólida para evaluar a la apicultura como alternativa de uso sostenible de los bosques de roble y en particular del roble, su especie representativa y hospedero primario de *S. asper*, especie productora de mielato. En este sentido, la miel de mielato se presenta como un producto forestal no maderable, que al estar directamente asociado al roble puede generar un mayor incentivo de conservación y asimismo facilitaría la disminución de presión sobre estos ecosistemas. Finalmente, estos resultados reafirman la importancia del conocimiento de la biodiversidad asociada a la actividad apícola, que en Colombia adquiere especial relevancia dada la gran diversidad de especies y ecosistemas al interior de las diferentes regiones.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que a través del proyecto Diferenciación por origen botánico de mieles y polen de cuatro especies de abejas en Colombia (Contrato No. 2007C3476 118-584/2007), facilitaron los recursos para realizar este trabajo. A las asociaciones de apicultores ASOAPIBOY (Asociación de Apicultores de Boyacá) y ASOAPIGAR (Asociación de Apicultores de la Provincia de García Róvira, Santander), que además de facilitar las muestras y prestar apoyo en campo, fueron los primeros en acercarnos al conocimiento del mielato de los bosques de roble. A Viviana Gamboa, por su colaboración en la fase de campo y obtención de muestras de miel. A la Dra. Penny Gullan (Universidad Nacional de Australia, Cambera) por la identificación inicial de *S. asper*, y por la revisión del texto del resumen en inglés.

Literatura citada

- AVELLA, A.; CÁRDENAS, L. M. 2010. Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque, departamentos de Santander y Boyacá. Colombia Forestal 13 (1): 5-26.
- ARIZA, W.; HUERTAS, C.; HERNÁNDEZ, A.; GELTVEZ, J.; GONZÁLEZ, J.; LÓPEZ, L. 2010. Caracterización y usos tradicionales de productos forestales no maderables (PFNM) en el Corredor de Conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque. Colombia Forestal 13 (1): 117-140.
- BARTH, O. M. 1970. Análise microscópica de algumas amostras de mel. 5: melato (“honeydew”) em mel de abelhas. Revista Brasileira de Biologia 30: 601-608.
- BARTH, O. M. 2005. Análise polínica de mel: avaliação de dados e seu significado. Mensagem Doce 81: 2-6.
- BOGOTA, R. G.; RANGEL CH., J. O.; JIMÉNEZ, L. C. 2001. Análisis palinológico de mieles de tres localidades de la Sabana de Bogotá. Caldasia 23 (2): 455-465.
- CROZIER L. R. 1981. Beech honeydew: forest produce. New Zealand Journal of Forestry 26 (2): 2-29.
- FOWLER H. G.; SILVA, C. A.; VENTINCINQUE, E. 1993. Size, taxonomic and biomass distributions of flying insects in central Amazonia: forest edge vs. understory. Revista de Biología Tropical 41: 755-760.

- GAMBOA-ABRIL, V. Caracterización de mieles originarias de mielato, recurso valioso del corredor de bosques de robles de Colombia (Tesis de maestría en curso). Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Fecha de comunicación: 16 de febrero de 2012.
- GAMPER, H. A.; KOPTUR, S. 2010. Honeydew foraging by birds in tropical montane forests and pastures of Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 26: 335-341.
- GAMPER, H. A.; KOPTUR, S.; GARCÍA-FRANCO, J.; STAPPER, A. P. 2011. Alteration of forest structure modifies the distribution of scale insect, *Stigmacoccus garmilleri*, in Mexican tropical montane cloud forests. *Journal of Insect Science* 11: 124. Disponible en: <http://www.insectscience.org/11.124>. [Fecha revisión: 10 febrero 2012].
- GONZÁLEZ, 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.
- GOUNARI, S. 2003. Seasonal development and ovipositing behavior of *Marchalina hellenica* (Hemiptera: Margarodidae). *Entomologia Hellenica* 15: 27-37.
- HODGSON, C. J.; GAMPER, H.; BOGO, A.; WATSON, G. 2007. A taxonomic review of the Margarodoid genus *Stigmacoccus* Hempel (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Stigmaccocidae), with some details on their biology. *Zootaxa* 1507: 1-55.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). 2007. Norma Técnica Colombia NTC 1273, Miel de abejas. ICONTEC, Bogotá, D.C., Colombia. 21 p.
- INTERNATIONAL HONEY COMMISSION (IHC). 2008. 1st World Honeydew Honey Symposium. Program and abstracts. Tzarevo, Bulgaria. 34 p. Disponible en: <http://bee-hexagon.net/>. [Fecha revisión: 5 mayo 2010].
- INTERNATIONAL HONEY COMMISSION (IHC). 2010. 2nd World Symposium on Honeydew Honey. Abstracts. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 2 (3): 102-128.
- KOCH, H.; CORCORAN, C.; JONKER, M. 2011. Honeydew collecting in Malagasy stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) and observations on competition with invasive ants. *African Entomology* 19 (1): 36-41.
- KONRAD, R.; WÄCKERS, F. L.; ROMEIS, J.; BABENDREIER, D. 2009. Honeydew feeding in the solitary bee *Osmia bicornis* as affected by aphid species and nectar availability. *Journal of Insect Physiology* 55: 1158-1166.
- KÖSTER, F.; STOEWESAND, H. 1973. Schildläuse als Honigtau-lieferanten für Kolibris und Insekten. *Bonner Zoologische Beiträge* 24: 15-23.
- KUNKEL, H. 1997. Scale insect honeydew as forage for honey production. pp. 291-32. En: Ben-Dov, Y.; Hodgson, C. (Eds.). *Soft scale insects, their biology, natural enemies and control*. World crop pests, Volume 7A. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Países Bajos 452 p.
- LARA, C.; MARTÍNEZ-GARCÍA, V.; ORTÍZ-PULIDO R.; BRAVO-CADENA, J.; LORANCA, S.; CÓRDOBA-AGUILAR, A. 2011. Temporal-spatial segregation among hummingbirds foraging on honeydew in a temperate forest in Mexico. *Current Zoology* 57 (1): 56-62.
- LATTA, S. C.; GAMPER, H. A.; TIETZ, J. R. 2001. Revising the convergence hypothesis of avian use of honeydew: evidence from Dominican subtropical dry forest. *Oikos* 9: 250-259.
- LORENZON, M. C. A.; MATRANGOLO, C. A. R. 2005. Foraging on some nonfloral resources by stingless bees (Hymenoptera, Meliponini) in a caatinga region. *Brazilian Journal of Biology* 65 (2): 291-298.
- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World* 59: 139-157.
- MALUMPHY, C. 1997. Honeydew. pp. 269-274. En: Ben-Dov, Y.; Hodgson, C. (Eds.). *Soft scale insects, their biology, natural enemies and control*. World crop pests, Volume 7A. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Países Bajos. 452 p.
- MARTÍNEZ, T. 2006. Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Bogotá, D.C. 115 p.
- MAURIZIO, A. 1975. How bees make honey. pp. 77-115. En: Crane, E. (Ed.). *Honey, a comprehensive survey*. Heinemann, Londres, Inglaterra. 608 p.
- MIBEY, R. K. 1997. Sooty moulds. pp. 275-290. En: Ben-Dov, Y.; Hodgson, C. (Eds.). *Soft scale insects, their biology, natural enemies and control*. World crop pests, Volume 7A. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Países Bajos. 452 p.
- MORLOT, M. 2008. Honeydew and Honeydew Honey in France (abstract). pp. 16. En: International Honey Commission (IHC). 1st World Honeydew Honey Symposium. Program and abstracts. Tzarevo, Bulgaria. 34 p. Disponible en: <http://bee-hexagon.net>. [Fecha revisión: 5 mayo 2010].
- NATES PARRA, G. 2006. Abejas corbiculadas de Colombia. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 158 p.
- OZANNE, C. M. P.; SPEIGHT, M. R.; HAMBLER, C.; EVANS, H. F. 2000. Isolated trees and forest patches: Patterns in canopy arthropod abundance and diversity in *Pinus sylvestris* (Scots Pine). *Forest Ecology and Management* 137: 53-63.
- PIANA, L. 2008. Sensory characterization of honeydew honeys from different countries (abstract). P 8. En: International Honey Commission (IHC). 1st World Honeydew Honey Symposium. Program and abstracts. Tzarevo, Bulgaria. 34 p. Disponible en: <http://bee-hexagon.net>. [Fecha revisión: 5 mayo 2010].
- RICCIARDELLI D'ALBORE, G. 1998. Mediterranean mellissopalynology. Università degli Studi di Perugia, Italia. 466 p.
- ROUBIK, D. W.; MORENO, J. E. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island. *Monographs in Systematic Botany* No. 36. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri. 268 p.
- SALINAS, N.; CÁRDENAS, D. 2007. Roble: *Quercus humboldtii*. pp. 23-29. En: Cárdenas, D.; Salinas, N. (Eds.). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie de libros rojos de especies amenazadas en Colombia*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 232 p.
- SANTAS, L. A. 1983. Insects producing honeydew exploited by bees in Greece. *Apidologie* 14 (2): 92-103.
- SORIA, A. C.; GONZÁLEZ, M.; DE LORENZO, C.; MARTÍNEZ-CASTRO, I.; SANZ, J. 2004. Characterization of artisanal honeys from Madrid (Central Spain) on the basis of their melissopalynological, physicochemical and volatile composition data. *Food Chemistry* 85: 121-13.
- SORIA, A. C.; GONZÁLEZ, M.; LORENZO, C.; MARTÍNEZ-CASTRO, I.; SANZ, J. 2005. Estimation of the honeydew ratio in honey samples from their physicochemical data and from their volatile composition obtained by SPME and GC-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 817-824.
- VELÁSQUEZ, C. 1999. Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermae. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Antioquia, Colombia. 173 p.
- WILLIAMS, D. J.; GRANARA DE WILLINK, M. C. 1992. *Mealybugs of Central and South America*. CAB International, Wallingford, Inglaterra. 635 p.

Nuevos aportes al conocimiento de *Acanthaegilips* en Colombia (Hymenoptera: Figitidae: Anacharitinae)

New contributions to the knowledge of *Acanthaegilips* in Colombia (Hymenoptera: Figitidae: Anacharitinae)

NOEL MATA-CASANOVA¹ y JULI PUJADE-VILLAR¹

Resumen: Se citan seis especies para el género *Acanthaegilips* en Colombia; de ellas *Acanthaegilips ashmeadi*, *A. diazi*, *A. huggerti* y *A. venezuelensis* son nuevos registros. Se describe una especie nueva: *A. palmirae* n. sp. y se cita la primera colecta de la hembra de *A. colombiensis*.

Palabras clave: Nuevas especies. Neotrópico. Suramérica.

Abstract: Six species of the genus *Acanthaegilips* in Colombia are mentioned. *Acanthaegilips ashmeadi*, *A. diazi*, *A. huggerti* and *A. venezuelensis* are mentioned for the first time in Colombia. A new species is described: *A. palmirae* n. sp. is described, and the female of *A. colombiensis* is collected for the first time.

Key words: New species. Neotropico. South America.

Introducción

Acanthaegilips Ashmead, 1897 es uno de los ocho géneros de Figitidae incluidos en la subfamilia Anacharitinae (Restrepo-Ortiz 2010a). Los Anacharitinae se caracterizan por presentar una cabeza triangular en vista frontal, mandíbulas superpuestas y placa pronotal completamente definida por una carena continua lateral. Los Anacharitinae pueden dividirse en dos grandes grupos según la presencia o la ausencia de un surco oblicuo en la mesopleura. *Acanthaegilips* junto con *Solenofigites* forman el grupo con surco oblicuo.

El género *Acanthaegilips* contempla 14 especies de distribución neotropical (Pujade-Villar *et al.* 2009) y tiene como características: un surco malar bien definido, un surco mesopleural oblicuo y ancho, una espina escutelar verdadera acabada en punta y las fosetas escutelares no definidas basalmente, separadas por una carena interfoveal que a menudo llega hasta el ápice de la espina (Ros-Farré *et al.* 2000).

Las únicas especies citadas de *Acanthaegilips* en Colombia son *A. colombiensis* (Pujade-Villar *et al.* 2009) y *A. macropennis* (Restrepo-Ortiz *et al.* 2010b). En este estudio se citan cuatro especies más y se describe una nueva especie.

Materiales y métodos

El material para este estudio fue recolectado entre 2000-2004 gracias al Project Malaise traps “Biodiversidad Insectos de Colombia” asociado al Instituto Humboldt, la Universidad de Kentucky y el Museo de Los Ángeles de Historia Natural; depositado en el “Instituto Alexander von Humboldt” (IAvH; Villa de Leiva, Colombia) y en la colección Pujade-Villar (UB - Universitat de Barcelona).

Se estudiaron un total de 53 ejemplares (24 machos y 29 hembras). Para su identificación se usaron las claves de Pujade-Villar *et al.* (2009). Las descripciones siguen la terminología usada por Richards (1977), Ronquist (1995) y Ros-Farré

et al. (2003). Las medidas señaladas son relativas, excepto la longitud total. Las medidas y abreviaciones son: F1-F12, el primero y los subsiguientes flagelómeros; POL (distancia post-ocelar) es la distancia entre los márgenes internos de los dos ocelos posteriores; OOL (distancia ocular-ocelar) es la distancia entre los márgenes externos de los ocelos posteriores y el margen interno del ojo compuesto; LOL es la distancia entre el ocelo central y los ocelos laterales. La fórmula antenal incluye escapo, pedicelo y flagelómeros (la anchura relativa de cada segmento antenal está indicada entre paréntesis).

Las imágenes de SEM se realizaron en “els Serveis Científic-Tècnics” de la Universitat de Barcelona con un microscopio electrónico de barrido Stereoscan S-360 (Cambridge Instruments); obtenidas a bajo voltaje (1.0 KV) y sin ningún tipo de recubrimiento con el objeto de preservar el material tipo. En las fotografías se empleó un microscopio compuesto Zeiss Discovery.V8 con una cámara digital INFINITYX-21C. Se usó el programa DeltaPix VieO-Pro AZ para obtener una imagen de un solo plano a partir de 20 planos focales.

Resultados

Acanthaegilips ashmeadi Ros-Farré & Pujade-Villar, 2003

Diagnosis: Especie perteneciente al grupo de *Acanthaegilips* con celda radial cerrada y sin diente dorsal en la placa pronotal. Se caracteriza por presentar escudo areolado con líneas laterales conspicuas pero no elevadas; fosetas escutelares lisas y peciolo liso ligeramente carenado en la parte anterior; características que comparte con la especie cercana *A. diazi*. Se diferencia de ésta por presentar en las antenas del macho sensilias placodeales a partir de F3, pero escasas en este flagelómero y en el F4; notaulos incompletos hasta 1/2 la longitud del escudo y líneas laterales conspicuas pero no elevadas.

¹ Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Animal. Avda Diagonal, 643, 08028, Barcelona (Spain). jpujade@ub.edu. feofitotu@gmail.com. Autor para correspondencia.

Material estudiado (13♂♂ & 5♀♀): 1♂. **COLOMBIA.** 2♀♀. **Boyacá,** Santuario de Fauna y Flora Iguaque, Lagunillas. 5°25'N 73°27'O, 3380 m. 09-28-mar-2001. Reina, P. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, 28-mar-16-abr-2001. Reina, P. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, Cabaña Carrizal. 5°25'N 73°37'O, 2.850 m. 18-may-10-jun-2001. Reina, P. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, Cabaña Chaina. 5°25'N 73°37'O, 2.600 m. 25-jul-09-ago-2001. Reina, P. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, 2.600 m. 9-31-ago-2001. Reina, P. [UB]; Mismos datos, 1-26-sep-2002. Roberto, A. [UB]. 1♂. **Cauca,** Parque Nacional Natural Munchique, Sector La Romelia, Borde del Bosque. 2°38'N 76°54'O, 2640 m. 24-may-09-jun-2004. Fino, E. [UB]. **Cundinamarca,** Parque Nacional Natural Chingaza, Alto de la Bandera. 4°31'N 73°45'O 3.660 m. 25-ago-07-sep-2001. Cifuentes, L. [UB]; 1♂, 1♀. Mismos datos, La Siberia. 4°31'N 73°45'O, 3.170 m. 14-31-mar-2001. Raigoso, E. [UB]. 1♂. **Huila,** Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, Cabaña Cedros 1°37'N 76°6'O, 1.950 m. 04-dic-2001. Campos, D. [UB]; 1♀. Mismos datos, Sector Cabaña Cedros. 1°37'N 76°6'O, 04-18-feb-2002. Cortés, C. [UB]. 1♂. 1♀. **Magdalena,** Parque Nacional Natural Tayrona, Pueblito. 11°20'N 74°2'O, 225 m. 29-may-01-jun-2000. Henríquez, R. [IAvH]; 2♂♂. Mismos datos, El Ramo. 10°48'N 73°39'O, 2.500 m. 29-ene-15-feb-2001. Cantillo, J. [IAvH]; 2♂♂. Mismos datos, 27-feb-14-mar-2001. Cantillo, J. [IAvH].

Distribución: Venezuela y Perú (Ros-Farré *et al.* 2003); primera cita para Colombia.

***Acanthaegilips colombiensis* Pujade-Villar & Restrepo-Ortiz, 2009**

Diagnosis: Especie que se caracteriza por presentar en el escudo estrias transversales en vez de escultura areolada. Esta característica es compartida con *A. venezuelensis*, especie cercana de la cual se diferencia porque el surco malar está bruscamente curvado, presenta una única celda media en el margen posterior del escudo entre la base de los notaulos, la carena interfoveal es incompleta y la espina escutelar está parcialmente esculturada en la parte distal.

Material estudiado (8♂♂ & 3♀♀): 1♀. **COLOMBIA.** **Cundinamarca,** Parque Nacional Natural Chingaza, Alto de la Bandera. 4°31'N 73°45'O, 3.660 m. 30-mar-12-abr-2001. Cifuentes, L. [IAvH]; 1♀. Mismos datos, 12-abr-04-may-2001. Cifuentes, L. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, 14-31-may-2001. Cifuentes, L. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, 11-27-jul-2001. Cifuentes, A. [IAvH]; 2♂♂. Mismos datos, 25-ago-07-sep-2001. Cifuentes, L. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, 7-21-sep-2001. Raigoso, E. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, 21-sep-04-oct-2001. Cifuentes, L. [IAvH]. 2♂♂. Mismos datos, 9-19-oct-2001. Cifuentes, L. [UB]; 1♀. Mismos datos, 27-dic-2001-11-ene-2002. Raigoso, E. [UB].

De esta especie sólo se conocían los machos (Pujade-Villar *et al.* 2009) pero en este estudio han sido colectadas, por primera vez, hembras las cuales se diferencian de los machos en los siguientes caracteres: antena alutácea oscura, patas rojizas excepto la articulación del fémur y la tibia que es alutácea, ausencia de flagelómeros abultados anteroposteriormente, fórmula antenal 11(4), 4(3), 15(2), 11(2), 9,5(2,5), 9(2,5), 7(2,5), 6,5(3), 6(3), 5(3), 5(3), 5,5(3), 11(3), sensilias

placodeas presentes a partir de F2, ausencia de carena interior lateral débil en las fosetas escutelares, tercer segmento abdominal 1,1 veces la longitud del cuarto.

Distribución: Colombia, previamente citado en Pujade-Villar *et al.* 2009.

***Acanthaegilips diazi* Ros-Farré & Pujade-Villar, 2003**

Diagnosis: Especie perteneciente al grupo de *Acanthaegilips* con celda radial cerrada y sin diente dorsal en la placa pronotal. Se caracteriza por presentar escudo areolado con líneas laterales conspicuas pero no elevadas; fosetas escutelares lisas y peciolo liso ligeramente carenado en la parte anterior; características que comparte con la especie cercana *A. ashmeadi*. Se diferencia de ésta por presentar las antenas del macho sensilias placodeas a partir de F1 pero dorsalmente ausentes hasta F5, notaulos completos; escudo areolado con líneas laterales conspicuas y elevadas.

Material estudiado: 1♀. **COLOMBIA.** **Boyacá,** Santuario de Fauna y Flora Iguaque, Cabaña Mamarramos. 5°25'N 73°27'O, 2.855 m. 08-25-jun-2000. Reina, P. [IAvH]; 1♂. Mismos datos, Lagunillas. 5°25'N 73°27'O, 3.380 m. 28-mar-16-abr-2001. Reina, P. [IAvH].

Distribución: Argentina (Ros-Farré *et al.* 2003); primera cita para Colombia.

***Acanthaegilips huggerti* Sporrang & Ros-Farré, 2003**

Diagnosis: Especie perteneciente al grupo de *Acanthaegilips* con la celda radial abierta, surco malar fuertemente curvado y surco postocular presente; caracterizada por presentar antenas del macho con sensilias placodeales empezando a partir de F2 pero ausentes dorsalmente en este flagelómero y escasas en F3 y F4; placa pronotal con un pequeño diente dorsal; los notaulos alcanzan entre 1/3 y 1/2 la longitud del escudo; escudo en visión lateral rectilíneo; disco escutelar estrechándose abruptamente en la parte posterior; fosetas escutelares largas, carena interfoveal incompleta y sin carena longitudinal lateral; propodeo ligeramente alveolado, peciolo dorsalmente liso, lateralmente y ventralmente carenado. Especie cercana a *A. exiguus*, de la que se diferencia por la espina escutelar delgada en toda su longitud y recta en vista lateral y por tener los orificios foveales profundos.

Material estudiado (2♂♂ & 4♀♀): 2♂♂. **COLOMBIA.** **Boyacá,** Iguaque, Santuario de Fauna y Flora, Qda. Carrizal. 5°25'N 73°27'O, 3.350 m. 23-sep-11-oct-2000. Reina, P. [1 en IAvH, 1 en UB]; 1♀. Mismos datos, Cabaña Mamarramos. 5°25'N 73°27'O, 2.855 m. 07-21-ene-2001. Reina, P. [IAvH]; 1♀. Mismos datos, Cerro Pan de Azúcar. 5°25'N 73°27'O, 3.300 m. 12-sep-13-oct-2001. Reina, P. [UB]; 1♀. Mismos datos, Lagunillas. 5°25'N 73°27'O, 3.380 m. 09-28-mar-2001. Reina, P. [IAvH]; 1♀. Mismos datos, Lagunillas. 5°25'N 73°27'O, 3.380 m. 28-mar-16-abr-2001. Reina, P. [IAvH].

Distribución: Especie citada para Ecuador, Nicaragua (Ros-Farré *et al.* 2003) y Venezuela (Pujade-Villar *et al.* 2009); primera cita para Colombia.

***Acanthaegilips venezuelensis* Pujade-Villar & Restrepo-Ortiz, 2009**

Diagnosis: Especie caracterizada por presentar en el escudo estrias transversales en vez de escultura areolada. Esta característica es compartida con *A. colombiensis*, especie cercana de la cual se diferencia porque el surco malar está curvado suavemente, presenta dos celdas medias en el margen posterior del escudo entre la base de los notaulos, la carena interfoveal es completa y la espina escutelar no se encuentra escultrada en la parte distal.

Material estudiado (18♀♀): 2♀♀. COLOMBIA. Boyacá, Santuario de Fauna y Flora Iguaque, Cabaña Mamarramos. 5°25'N 73°27'O, 2.855 m. 21-dic-2000-07-ene-2001. Reina, P. [UB]; 3♀♀. Mismos datos, Lagunillas. 5°25'N 73°27'O, 3.380 m. 16-abr-2000-02-feb-2001. Reina, P. [IAvH]; 2♀♀.

Mismos datos, 09-28-mar-2001. Reina, P. [IAvH]; 2♀♀. Mismos datos, 28-mar-16-abr-2001. Reina, P. [IAvH]; 2♀♀. Mismos datos, 02-18-may-2001. Reina, P. [IAvH]; 4♀♀. Mismos datos, 10-28-jun-2001. Reina, P. [IAvH]. 1♀. Mismos datos, 28-jun-19-jul-2001. Reina, P. [UB]. 1♀. **Cauca**, Parque Nacional Natural Gorgona, El Roble. 2°58'N 78°11'O, 130 m. 12-27-jun-2011. Torres, H. [UB]. 1♀. **Cundinamarca**, Parque Nacional Natural Chingaza, La Siberia. 4°31'N 73°45'O, 3.170 m. TM, 14-31-abr-2001. Raigoso, E. [UB].

Distribución: Venezuela (Pujade-Villar *et al.* 2009); primera cita para Colombia.

***Acanthaegilips palmirae* n. sp.**

Diagnosis: Especie morfológicamente muy parecida a *Acanthaegilips levis*, con la que comparte la celda radial cerrada,

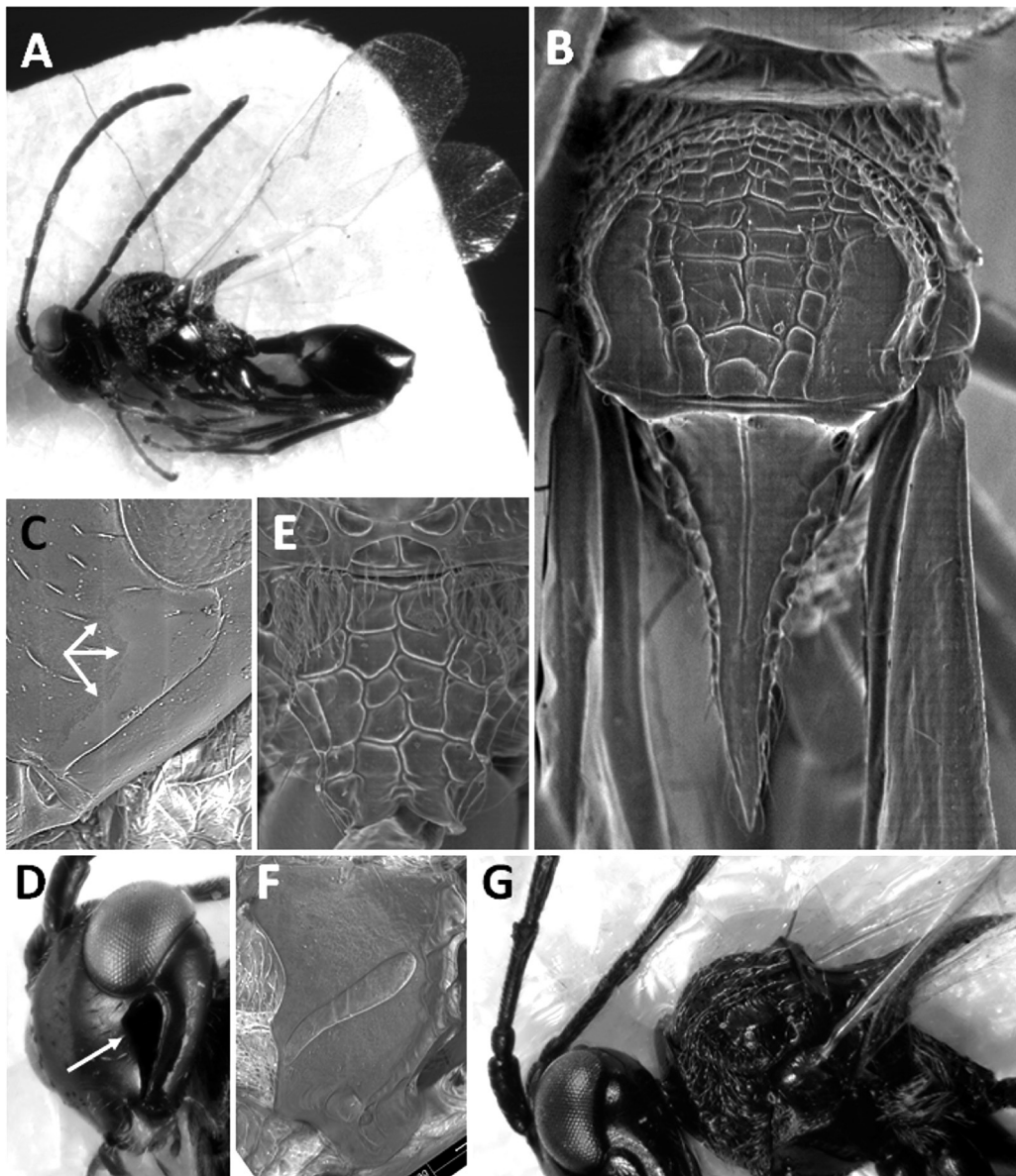


Figura 1. *Acanthaegilips palmirae* n. sp. A. Individuo en vista lateral. B. Mesosoma en vista dorsal. C. Detalle de la línea anterior malar. D. Detalle del área malar. E. Propodeo. F. Mesopleura. G. Vista latero-dorsal del mesosoma.

un surco malar poco curvado, la ausencia de surco postorbital y de diente en la parte más elevada de la placa pronotal. Se distingue claramente de esta especie y del resto de especies del género por la presencia de una línea coriácea en la parte anterior del área malar.

Material estudiado: HOLOTYPE ♀ con las siguientes etiquetas: “COLOMBIA. Boyacá, SFF Iguaque, Lagunillas, 5°25'N 73°27'O, 3380 m, Malaise, 28.06-19.07.2001. P. Reina leg)” (etiqueta blanca); “Holotypus of *Acanthaegilips palmirae* n. sp., design. J.P-V 2012” (etiqueta roja). (depositado en IAvH).

Descripción. Longitud: 2,6 mm.

Coloración: Cabeza, mesosoma y metasoma negros. Mandíbulas rojizas. Antena negra en los segmentos basales y alutácea oscura en los segmentos finales. Patas de color rojizo oscuro. Venas de las alas amarillentas.

Cabeza: En vista dorsal, 2,2 veces más ancha que larga; en vista frontal, 1,3 veces más ancha que alta. Cabeza lisa, brillante, margen posterior de la gena sin una línea de setas; surco postocular ausente; cara prácticamente glabra excepto por unas pocas setas esparcidas. Surco malar curvado, 0,6 veces la altura del ojo; área malar lisa delimitada por el surco malar y una línea anterior coriácea (Figs. 1C, 1D). Zona clipeal muy débilmente marcada. Diámetro de los toruli mayor que la distancia entre toruli y la distancia de los toruli al ojo. Línea transfacial igual en altura a los ojos. Ojos glabros. Relación POL:OOL:LOL = 5.5:5:2.5. Frente lisa y glabra; carena occipital ausente.

Antena: Pubescente. Flagelómeros cilíndricos, ligerament ensanchados hacia el ápice en F1 y F2, sensílias placodeas ausentes en F1, presentes a partir de F2. Fórmula antenal de la hembra: 11(4.5), 4.5(3), 16.5(2.5), 12(2.5), 10(3), 9(3), 7(3), 6,5(3.5), 6(3.5), 6(3.5), 5(3), 5,5(3), 10.5(3.5).

Mesosoma: Carena pronotal redondeada, no proyectada dorsalmente. Placa pronotal con abundantes setas y superficie esculturada. Mesoescudo en visión lateral 1,7 veces más largo que ancho; en vista dorsal 1,4 veces más ancho que largo. Escudo fuertemente areolado entre los notaulos y en la parte anterior, coriáceo en la región comprendida entre los notaulos y las carenas laterales (Fig. 1B). Notaulos incompletos, hasta 2/3 de la longitud total del mesoescudo. Presencia de surco medio aparente. Escutelo en visión dorsal 1,6 veces la longitud del mesoescudo. Carena media del escutelo incompleta, de manera que las fosetas no están completamente definidas. Fosetas escutelares lisas. Orificios foveales redondeados y pequeños, 1,6 veces más largos que anchos. Espina escutelar ancha estrechándose gradualmente hacia el ápice; en visión lateral recta y ligeramente proyectada hacia arriba, siendo 1/2 de la longitud total del escutelo. Mesopleura alutácea y glabra (Fig. 1F), cruzada por un surco oblicuo con algunas carenas internas transversales. Triángulo mesopleural pubescente. Escultura del propodeo alveolada, sin carenas media y lateral definidas (Fig. 1E).

Alas: Celda radial abierta, 3,2 veces más larga que ancha. Vena marginal ausente; en su lugar aparece una línea de setas. Pilosidad marginal en el 1/3 apical del ala.

Metasoma: Peciolo dos veces más largo que ancho (casi tan largo como la metacoxa), carenado lateralmente y liso en su cara dorsal. En visión dorsal, tercer segmento abdominal igual en longitud al cuarto segmento.

Derivatio nominis: En honor a Palmira Ros-Farré en reconocimiento a la labor realizada en el conocimiento del género *Acanthaegilips*.

Biología: Desconocida

Distribución: Colombia.

Discusión

Las muestras colectadas aportan nueva información sobre la distribución y diversidad del género *Acanthaegilips*. A las dos especies citadas hasta el momento para Colombia (*A. colombiensis* y *A. macropennis*) se añaden cuatro especies ya descritas colectadas por primera vez en este país (*A. ashmeadi*, *A. diazi*, *A. huggerti* y *A. venezuelensis*) y una nueva especie, *A. palmirae*. Con la descripción de esta nueva especie el número de especies de *Acanthaegilips* asciende a quince.

Las especies de *Acanthaegilips* pueden reunirse en dos grandes grupos morfológicos de acuerdo con la escultura del mesoescudo. En un grupo el escudo presenta una escultura areolada más o menos marcada, con los notaulos formados por varias areolas consecutivas, mientras que en el segundo grupo, que incluye solamente *A. colombiensis* y *A. venezuelensis*, el escudo presenta un carenado transversal y notaulos continuos. La nueva especie descrita, *Acanthaegilips palmirae*, pertenece al grupo de escudo areolado; se distingue claramente del resto de especies de este grupo por la presencia de una línea coriácea que delimita anteriormente el área malar y por la mesopleura alutácea. Otras tres especies también pertenecen al grupo con escudo areolado (*A. ashmeadi*, *A. diazi* y *A. huggerti*), mientras que las otras dos corresponden a las dos especies con el escudo carenado. De acuerdo a esta información, en Colombia encontramos bien representados ambos tipos.

Con las cinco nuevas especies, en Colombia ya han sido recolectadas cerca del 50% de las especies de *Acanthaegilips*, lo que lo convierte en el segundo país en diversidad de *Acanthaegilips* luego de Venezuela. A falta de nuevos datos, parece ser que el máximo de diversidad de este género se concentra en el norte de Sudamérica. El presente estudio ha aportado nuevos datos, en lo que a la distribución geográfica de cada especie se refiere. Para *A. ashmeadi* y *A. huggerti* ha supuesto la ampliación de su área de distribución a tres y cuatro países respectivamente, mientras que para *A. diazi* y *A. venezuelensis* se amplía su área de distribución a un segundo país. Es especialmente interesante el caso de *A. diazi*, hasta ahora tan sólo citado en Tucumán, Argentina (Ros-Farré 2003; Restrepo-Ortiz 2010). Su presencia en Colombia sugiere una amplia distribución a lo largo del continente sudamericano, aunque faltarían datos, de otros países para poder confirmar esta suposición. Por último, conviene destacar que tanto *A. colombiensis* como *A. palmirae* se encuentran de momento citados únicamente para Colombia.

La descripción de la hembra de *A. colombiensis* aporta nueva información sobre esta especie. Como en los demás miembros del género las diferencias radican en: el número de artejos del flagelo (11 para la hembra y 12 para el macho), la presencia de flagelómeros con expansiones dorsolaterales

(con la excepción de *A. alienus*), la morfología del metasoma y la coloración (Ros-Farré *et al.* 2003, Pujade-Villar *et al.* 2009). En el caso de *A. venezuelensis* y *A. palmirae*, todos los ejemplares encontrados son hembras, de modo que el macho de ambas especies continúa siendo desconocido.

Para algunos Anacharitinae se han citado como hospedadores las larvas depredadoras de las familias Hemerobiidae y Chrysopidae (Neuroptera) (Ronquist 1999). No obstante, la biología del género *Acanthaegilips* continúa siendo desconocida. Dada su amplia distribución en toda la región Neotropical y su posible importancia como regulador biológico de las poblaciones de otros insectos, es importante continuar con el estudio de este taxón.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Claudia Medina por el préstamo del material sin identificar usado en este estudio. A Amador Viñolas y Mar Ferrer-Suay (UB) por las fotografías, y a Palmira Ros-Farré (UB) por las imágenes de SEM. Este estudio ha sido financiado gracias al proyecto CGL2011-22889 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Literatura citada

PUJADE-VILLAR, J., RESTREPO-ORTIZ, C. X., GARCÍA, J. L., ROS-FARRÉ, P. 2009. Redescrípción de *Acanthaegilips* As-

hmead 1897 y descripción de dos nuevas especies (Figitidae: Anacharitinae). *Dugesiana* 16 (2): 57-65.

- RESTREPO-ORTIZ, C. X., PUJADE-VILLAR, J. 2010a. The validity of *Hexacharis* Kieffer Oith taxonomic notes on Anacharitinae genera (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Zootaxa* 2400: 16-28.
- RESTREPO-ORTIZ, C. X., ROS-FARRÉ, P., DÍAZ, N. B., GARCÍA, J. L., PUJADE-VILLAR, J. 2010b. Nuevos aportes al conocimiento del género *Acanthaegilips* (Hymenoptera: Figitidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 69 (1-2): 09-16.
- RICHARDS, O. O. 1977. Hymenoptera. Introduction and key to families. 2ª ed. In: *Handbooks for the identification of British Insects*. Londres, British Museum/ Royal Entomological Society, V. 6, pt.1, p.1-100.
- RONQUIST, F. 1995. Phylogeny and early evolution of the Cynipoidea (Hymenoptera). *Systematic Entomology* 20: 309-335.
- RONQUIST, F. 1999. Phylogeny, classification and evolution of the Cynipoidea. *Zoologica Scripta* 28 (1-2): 139-164.
- ROS-FARRÉ, P., RONQUIST, F., PUJADE-VILLAR, J. 2000. Redescription of *Acanthaegilips* Ashmead 1897, Oith characterization of the Anacharitinae and Aspiceratinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Zoological Journal of Linnean Society* 129: 467-488.
- ROS-FARRÉ, P., SPORRONG, M., RONQUIST, F., PUJADE-VILLAR, J. 2003. Revision of the Neotropical Anacharitinae genus *Acanthaegilips* (Hym., Cynipoidea, Figitidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 43 (2): 11-30.

Recibido: 21-ene-2013 • Aceptado: 22-abr-2013

Preferencia de oviposición del barrenador del amaranto, *Aerenea quadriplagiata* (Coleoptera, Cerambycidae) en condiciones de campo

Oviposition preference of the amaranth stem borer, *Aerenea quadriplagiata* (Coleoptera, Cerambycidae) under field conditions

MARÍA BEGOÑA RIQUELME V.^{1,2}, MARÍA AGUSTINA ANSA^{1,3} y MARINA VILMA SANTADINO^{1,4}

Resumen: El amaranto es considerado como un “cultivo estratégico” debido a su variabilidad genética, su rusticidad y su valor nutritivo. Una de sus principales adversidades fitosanitarias en la Región Pampeana argentina es el cerambycido barrenador, *Aerenea quadriplagiata*. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la preferencia de oviposición de este insecto sobre distintos cultivares y características morfológicas de la planta amaranto. En el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján, se sembraron durante dos años consecutivos, parcelas con diferentes cultivares de *Amaranthus*. Se relacionaron la presencia y el número de oviposiciones y la proporción de oviposiciones efectivas (con desarrollo de larvas) con el cultivar, la altura y el diámetro de las plantas. El cultivar hortícola presentó la menor proporción de oviposiciones efectivas, el menor porcentaje de plantas con oviposiciones y el mayor diámetro con un 50% de probabilidades de ser ovipuesto. Estos resultados sugieren que la preferencia de las hembras del barrenador está influenciada tanto por el cultivar como por el diámetro de la planta y que *A. mantegazzianus* L. cv hortícola es la variedad más aconsejada en zonas con una alta incidencia del barrenador.

Palabras clave: *Amaranthus*. Interacción planta-insecto. Insecto endofitófago.

Abstract: Amaranth is currently considered a “strategic grain crop” because of its broad genetic variability, hardiness, and nutritional value. In the Argentinean Pampas Region, one of its major pests is the cerambycid stem borer, *Aerenea quadriplagiata*. This study aimed to evaluate the oviposition preference of this pest related to both different cultivars and morphometric characteristics of the amaranth plant. In the experimental field of the Universidad Nacional de Luján, plots with different cultivars of *Amaranthus* were planted in two consecutive years. The presence and number of oviposition and oviposition effective ratio (with development of larvae) were related to the cultivar, the height and the stem diameter. The horticultural cultivar presented the lowest oviposition effective ratio, the lowest percentage of plants with oviposition and larger stem diameter with a 50% chance of being oviposited by *A. quadriplagiata*. These results suggest that the behavior of female stem borer is influenced by both the cultivar and stem diameter and that *A. mantegazzianus* L. cv hortícola is the most recommended cultivar in areas where there is high incidence of the stem borer.

Key words: *Amaranthus*. Insect-plant interaction. Endophytophagous insect.

Introducción

El género *Amaranthus* L. abarca más de setenta especies vegetales, la mayoría de las cuales son nativas de América y se cultivan desde mucho antes de la colonización española. Históricamente en Argentina, fuera del cultivo practicado por los pueblos originarios, los amarantos graníferos solo habían sido cultivados desde principios del siglo pasado en parcelas experimentales o en pequeños lotes asociados con maíz en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca (Covas 1994). Sin embargo, este panorama ha ido cambiando debido a su promoción como cultivo alternativo para la Región Pampeana semiárida, el Noroeste Argentino y la Región Patagónica Norte, por su elevada adaptabilidad a diversas condiciones ambientales y el alto valor nutritivo de sus hojas y granos (Covas 1994; Martín de Troiani *et al.* 2005).

Entre las adversidades fitosanitarias asociadas a este cultivo, se han documentado varios insectos con hábito barrenador (Vilca y Jeri 1991; Phogat *et al.* 1994; Louw *et al.* 1995; Banjo 2007; Tara *et al.* 2009; Pérez Torres *et al.* 2011). Dado su régimen alimentario, los barrenadores ingresan al tallo y realizan galerías en el mismo, dificultando la circulación de agua y nutrientes (Arguedas 2006). Aunque en general se ha

observado que los daños asociados a estos insectos permiten que las plantas de amaranto se desarrollen por completo (Ansa, 2012) y no disminuya el rendimiento del cultivo (Torres Saldaña *et al.* 2004), en otros casos se produce una elevada proporción de panojas y plantas quebradas que podrían afectar la producción (Martínez y Riquelme Virgala 2007).

En Argentina se han citado dos coleópteros como principales plagas de hábito barrenador para el cultivo de amaranto. En la provincia de La Pampa, una especie del género *Conotrachelus* (Schöngerr, 1845) (Curculionidae) presenta una gran incidencia (Niveyro *et al.* 2008), mientras que en la provincia de Buenos Aires, un barrenador de la familia Cerambycidae *Aerenea quadriplagiata* (Boheman, 1859), fue registrado en varios estudios en Luján (De Haro y Martínez 1995; Sbravatti 1999; Cordo *et al.* 2004) y en otras localidades de la misma provincia y de la provincia de Mendoza (Di Iorio 2003, 2006). Posteriormente, Martínez y Riquelme Virgala (2007) confirmaron que *A. quadriplagiata* es la principal plaga del cultivo de amaranto en el noreste bonaerense por su elevada incidencia y sus daños.

Diversos factores inciden en la selección de la planta por un insecto herbívoro (Bernays 1994). Para los insectos de hábitos endofitófagos como los cerambycidos, son las hembras

¹ Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Rutas Nacionales 5 y 7, (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina. ² Doctora en Cs. Biológicas. Laboratorio de Zoología Agrícola. mbriquelme@hotmail.com. Autor para correspondencia. ³ Ingeniera agrónoma. Laboratorio de Conservación del Sistema Agropecuario. agus3287@hotmail.com. ⁴ Ingeniera agrónoma. Laboratorio de Zoología Agrícola. msantadino@yahoo.com.ar.

adultas las que a través de señales físicas y químicas deben encontrar y seleccionar la planta adecuada para oviponer, en cuanto que las larvas no tendrán la capacidad de dispersarse en busca de nuevos hospedantes. Estas señales pueden estar dadas por el material genético y las características morfológicas de la planta (Paulino Neto 2005; Marquina *et al.* 2006), factores que podrían ser manejados a través de la elección de la especie y del cultivar y la distribución espacial del cultivo (Niveyro y Salvo 2012). Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la preferencia de oviposición del barrenador del amaranto asociado a distintos cultivares y características morfológicas de la planta, con el fin de buscar herramientas para el manejo integrado de esta plaga.

Materiales y métodos

Las observaciones se realizaron en parcelas de amaranto ubicadas en el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján, provincia de Buenos Aires (latitud 34°36'S y longitud 59°04'O, a 28 msnm), en las temporadas 2010/11 y 2011/12. Las especies y cultivares empleados fueron: *Amaranthus mantegazzianus* L. cv. hortícola, *A. hypochondriacus* L. cv. artasa 9122, *A. cruentus* L. cv. don guiem, *A. cruentus* L. cv. mejicano. Las observaciones se realizaron cuando los cultivares se encontraban en la etapa fenológica de fructificación. El diseño experimental de ambos ensayos fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y cada parcela constó de tres (primer ciclo) y cinco (segundo ciclo) líneas de 3 m de largo, con una distancia entre surcos de 70 cm. Las parcelas se sembraron a chorrillo, el control de malezas fue manual y no se realizaron raleos ni tratamientos fitosanitarios.

Primer ciclo de cultivo. Se tomaron muestras de diez plantas con síntomas de oviposición por parcela. El daño por oviposición en esta especie es muy característico, la hembra realiza un pequeño corte transversal para colocar un único huevo en la parte apical del orificio y luego el tejido que se encuentra alrededor de la herida se torna castaño oscuro (Ansa 2012).

En laboratorio, a cada planta se le midió el diámetro a los 20 cm del cuello, la altura hasta la base de la panoja y se contabilizó el número de oviposiciones. El diámetro del tallo se determinó empleando un calibre automático de 0,01 mm de precisión y, posteriormente, se diseccionó cada tallo con un bisturí para observar la presencia de galerías.

Se registraron las siguientes variables: N° de oviposiciones por planta (O), N° de galerías de más de 1 cm por planta (G) y porcentaje de oviposiciones efectivas (OE) definido como: $OE (\%) = (G/O) \times 100$. Cabe aclarar que el porcentaje de oviposiciones efectivas representa los casos en los que la larva se desarrolló y, por lo tanto, se evidenció el daño, sin diferenciar si la mortalidad ocurrió en el estado de huevo o de larva neonata. Se realizó un análisis de varianza para comparar cada una de estas variables entre los cultivares (tratamiento) y en los casos en los que resultó significativo, se separaron las medias a posteriori con la prueba de Tuckey. Para evaluar si el número de oviposiciones por planta se relaciona linealmente con las características morfológicas de la misma se realizaron, para cada cultivar por separado, los análisis de correlación correspondientes para relacionar a cada variable (O, G y OE) con el diámetro y la altura. Para ello se estimó el coeficiente de correlación lineal de Pearson y su significancia (Zar 1996).

Segundo ciclo de cultivo. Para evaluar la preferencia de oviposición entre cultivares, se eligieron al azar diez plantas por parcela en las que se registró el número de plantas con al menos una oviposición y el diámetro del tallo a 20 cm del cuello. Se realizó un ANCOVA con la variable porcentaje de plantas con oviposición, considerando como tratamiento a los cultivares y como covariable al diámetro medio de las plantas de la muestra y se separaron las medias con la prueba de Tuckey. Posteriormente, se hizo un análisis de regresión logística para cada cultivar con la variable binomial: con oviposición vs. sin oviposición, cuya variable independiente fue el diámetro de la planta. La significancia se estudió utilizando el estadístico de Wald. Posteriormente se calculó el *odds* y el diámetro de la planta con un 50% de chances de ser oviposicionado. El *odds* es un parámetro que corresponde a las chances que tiene de ocurrir el evento estudiado por cada incremento de la variable independiente (Agresti 1996).

En todos los análisis estadísticos se tuvo en cuenta un error estadístico del 5% y se utilizaron los módulos ANOVA/MANOVA, MULTIPLE REGRESSION y GZM (Generalized Linear Models) del programa estadístico STATISTICA (versión 2000).

Resultados y discusión

Efecto de los cultivares. El número de oviposiciones y el de galerías por planta (Fig. 1) no presentaron diferencias significativas entre los cultivares (Oviposición: $F_{3,6} = 3,91$; $P = 0,07$; Galerías: $F_{3,6} = 0,12$; $P = 0,94$). Sin embargo, cuando ambas variables se relacionaron para obtener el porcentaje de oviposiciones efectivas, este índice sí reflejó diferencias estadísticas ($F_{3,6} = 3,23$; $P = 0,005$). El cultivar hortícola presentó el menor valor, con solo un 30% de oviposiciones en las que prosperó el desarrollo de la larva (Fig. 1). Esto podría estar asociado a una menor calidad nutricional del tejido o a la presencia de metabolitos secundarios que limiten el desarrollo inicial del barrenador.

Existen antecedentes, para otras especies de ceraméricos xilófagos, de que las plantas pueden defenderse de su ataque produciendo sustancias resinosas o de origen polifenólico que no permiten la emergencia del huevo y/o el desarrollo

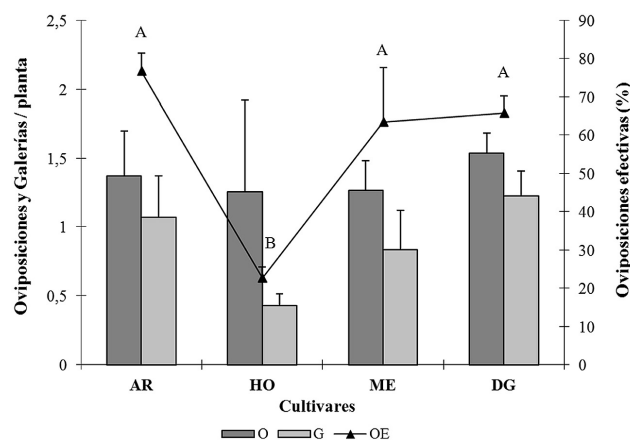


Figura 1. Oviposiciones por planta (O), galerías por planta (G) y oviposiciones efectivas (OE) de *Aerenea quadriplagiata* asociadas a distintos cultivares de *Amaranthus* spp. AR: cultivar artasa; HO: cultivar hortícola; ME: cultivar mexicano; DG: cultivar don guiem. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre cultivares para la variable OE.

de la larva (Brugnoli 1980) o que otras condiciones como el contenido de humedad de los tejidos pueden ser fundamentales para la supervivencia de las mismas (Hanks *et al.* 1999).

En el segundo ensayo el % de plantas con oviposición fue estadísticamente diferente entre los materiales genéticos ($F_{3,7} = 5,87$; $P = 0,025$). Del mismo modo, Torres Saldaña *et al.* (2004) observaron en México que el número de larvas y el porcentaje de barrenación por *Hypolixus truncatulus* (F.) (Coleoptera, Curculionidae) y *Amauromyza abnormalis* (Malloch, 1913) (Diptera, Agromyzidae), fueron significativamente diferentes entre los dos cultivares de amaranto que estudiaron. El cultivar hortícola fue el menos preferido por la hembra del barrenador, mostrando diferencias significativas con los demás cultivares (Prueba de Tuckey $P < 0,05$, Fig. 3). Este resultado junto con el menor porcentaje de oviposiciones efectivas observado para este cultivar en el ciclo anterior, sugieren una relación entre la selección de las hembras al oviponer y la supervivencia inicial de su descendencia. Este comportamiento ha sido observado en otras especies de ceraméricidos (Hanks *et al.* 1995; Morewood *et al.* 2003) y concuerda con una de las hipótesis ecológicas que relaciona la preferencia de oviposición con el mejor desempeño de la progenie (Thompson 1987). Además, se ha visto que la probabilidad de que esta hipótesis se cumpla es mayor en aquellos insectos con oviposiciones endofíticas, debido a que insertar los huevos en el tejido vegetal en el que las larvas se desarrollarán, ofrece la oportunidad de detectar las señales de las plantas que indican la calidad del sitio de oviposición (Price 1994).

Efecto de las características morfológicas de la planta.

La altura de las plantas no se relacionó con ninguna de las variables, lo que sugiere que esta característica morfológica no influye sobre el ataque del barrenador, mientras que la correlación fue positiva y estadísticamente significativa para la relación entre el diámetro con el número de oviposiciones por planta en todos los cultivares (Fig. 2). En concordancia, durante el segundo ensayo la presencia de oviposiciones en la planta estuvo significativamente afectada por el diámetro en todos los cultivares. El coeficiente de regresión logística fue positivo en todos los casos (Tabla 1), lo que significa que a medida que aumenta el diámetro del tallo, aumentan las probabilidades de que una planta sea ovipuesta por el barrenador. De esta manera, el diámetro parece jugar un papel de relevancia sobre la selección de la hembra al oviponer y sobre el número de huevos que ésta coloca en una misma planta, lo que ha sido observado en otras especies de ceraméricidos (Shibata *et al.* 1994; Diodato *et al.* 1997; Suárez Hernández 2003; Paulino Neto *et al.* 2005). Específicamente en el cul-

Tabla 1. Análisis de regresión logística (RL) entre el diámetro del tallo y la presencia de oviposiciones de *Aerenea quadriplagiata* en cuatro cultivares de *Amaranthus* spp.

Cultivar	Coefficiente de RL ¹	P	Odds	Diámetro 50%
Artasa	1,95 (0,90-2,99)	0,04	7,02	5,53
Mexicano	1,31 (-0,19-2,82)	0,04	3,71	5,87
Don Guiem	1,05 (-1,15-3,26)	0,02	2,86	5,80
Hortícola	1,18 (-0,97-3,33)	0,01	3,25	7,29

¹ Intervalo de confianza del 95%.

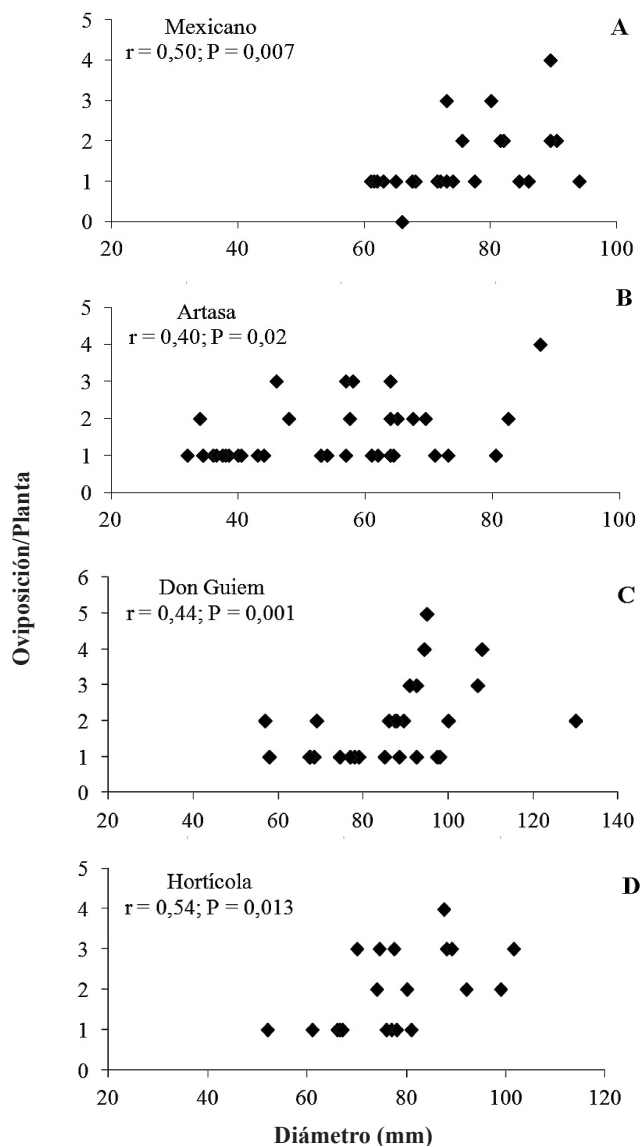


Figura 2. Correlación entre el diámetro de las plantas de amaranto y el número de oviposiciones por planta. **A.** Cultivar mexicano. **B.** Cultivar artasa. **C.** Cultivar don guiem. **D.** Cultivar hortícola.

tivo de amaranto, Niveyro y Salvo (2012) observaron una menor incidencia de gorgojos barrenadores en *A. hypochondriacus* cv artasa cuando fue cultivado a alta densidad, lo que estos autores relacionaron al menor diámetro de los tallos con respecto a cultivos sembrados menos densos. Sin embargo, estos resultados se contradicen con los observados por Torres Saldaña *et al.* (2004), quienes encontraron que el diámetro de las plantas de amaranto no influyó sobre la incidencia de los barrenadores *H. truncatulus* y *A. abnormalis*.

El diámetro del tallo con un 50% de probabilidad de presentar oviposición varió entre 5,53 y 7,29 mm para artasa y hortícola, respectivamente. De manera similar, Sbravatti (1999) observó que el barrenado de tallos por *A. quadriplagiata* se presenta a partir de los 6 mm de diámetro del tallo de amaranto. El diámetro del tallo depende en gran medida del material genético y de la densidad de siembra, por lo que conocer el diámetro susceptible para cada cultivar es un dato relevante para el manejo de la distribución espacial del cultivo.

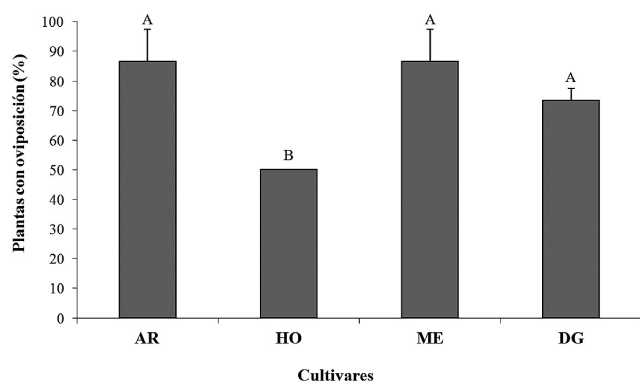


Figura 3. Porcentaje de plantas de distintos cultivares de *Amaranthus* spp. con oviposición de *Aerenea quadriplagiata*. AR: cultivar artasa; HO: cultivar hortícola; ME: cultivar mexicano; DG: cultivar don guiem. Letras distintas indican diferencias significativas (Prueba de Tuckey $P < 0,05$) entre cultivares.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo indicarían que las hembras de *Aerenea quadriplagiata* prefieren las plantas para oviponer tanto por características propias del material genético como por el diámetro del tallo y que esta selección podría estar relacionada a la mayor supervivencia de su progenie en dichos materiales. Estas observaciones se podrían resumir en el comportamiento del barrenador asociado al cultivar Hortícola. Este cultivar fue en principio el material genético menos elegido para oviponer, luego las hembras sólo lo seleccionan si el diámetro de tallo es aproximadamente un 30% mayor que el de los demás cultivares y por último la supervivencia de la progenie se ve significativamente reducida. Por lo tanto, el material *A. mantegazzianus* cv. hortícola es la variedad más aconsejada en zonas en donde existe una alta incidencia del barrenador. Futuros estudios relacionados a la fecha y densidad de siembra serían recomendables para reducir en mayor medida la incidencia del barrenador.

Agradecimientos

Agradecemos especialmente a la Ingeniera Carmen Martínez por iniciarnos en este tema en el que ella fue pionera. Agradecemos además al equipo docente de Conservación del Sistema Agropecuario por la provisión de las semillas, obtenidas en el marco del proyecto de extensión universitaria "Proyecto de promoción, desarrollo e integración asociativa de productores vinculados a producciones alternativas en la Cuenca del Río Luján y sus alrededores" y por las tareas de siembra y mantenimiento de las parcelas.

Literatura citada

AGRESTI, A. 1996. An introduction to categorical data analysis. Wiley & Sons, Inc. University of Florida, EEUU. 293 p.
 ANSA, A. 2012. Observaciones sobre la entomofauna asociada a cinco cultivares de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivados. Tesis (ingeniero agrónomo). Universidad Nacional de Luján, Argentina. 47 p.
 ARGUEDAS, M. 2006. Clasificación de tipos de daños producidos por insectos forestales. Segunda parte. Revista Forestal Costa Rica 3 (9): 1-8.

BANJO, A. D. 2007. Bio-ecology and life history of *Gasteroclisus rhomboidalis* (Coleoptera: Curculionidae) a pest of *Amaranthus cruentus* (L.) Sauer. Journal of Entomology 4 (4): 308-316.
 BERNAYS, E.; CHAPMAN, R. 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman & Hall, New York. 296 p.
 BRUGNONI, H. 1980. Plagas forestales. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 216 p.
 CORDO, H. A.; LOGARZO, G.; BRAUN, K.; DI IORIO, O. 2004. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones. Buenos Aires, Argentina. 734 p.
 COVAS, G. 1994. Perspectivas del cultivo de los amarantos en la República Argentina. EE INTA Anguil, La Pampa, Argentina. Publicación miscelánea N°13. 10 p.
 DE HARO, A. M.; MARTÍNEZ, C. L. 1995. Especies animales asociadas al cultivo de *Amaranthus* sp. En: Actas del III Congreso Argentino de Entomología, Mendoza, Argentina, p. 165.
 DI IORIO, O. R.; RIQUELME, A. H.; ESTEBAN-DURAN, J. R. 2003. Cerambycidae (Coleoptera) of the province of Mendoza, Argentina. Spanish Journal of Agricultural Research 1 (4): 15-29.
 DI IORIO, O. R.; FARINA, J. 2006. La fauna de Cerambycidae (Coleoptera) de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales 8 (2): 261-287.
 DIODATO, L.; DARCHUK, E.; NOTARIO, A.; CASTRESANA, L. 1997. Estudio sobre el comportamiento de oviposición del "cor-tapalos" *Oncideres guttulata* Thompson (Coleoptera, Cerambycidae) sobre "quebracho colorado", *Schinopsis quebracho colorado* (Shelecht) Bark et Meyer. Boletín Sanidad Vegetal Plagas 23: 257-261.
 HANKS, L. M.; MILLAR, J. G.; PAINE, T. D. 1995. Biological constraint on host-range expansion by the wood-boring beetle *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae). Annals of the Entomological Society of America 88 (2): 183-188.
 HANKS, L. M.; PAINE, T. D.; MILLAR, J. G.; CAMBELL, CH. D.; SCHUCH, U. K. 1999. Water relations of host trees and resistance to the phloem-boring beetle *Phoracantha semipunctata* F. (Coleoptera: Cerambycidae). Oecologia 119: 400-407.
 LOUW, S.; VAN EEDEN, C. F.; WEEKS, W. J. 1995. Curculionidae (Coleoptera) associated with wild and cultivated *Amaranthus* spp. (Amarantaceae) in South Africa. African Crop Science Journal 3 (1): 93-98.
 MARTÍN de TROIANI, R.; REINAUDI, N.; TASSONE, M. 2005. El amaranto en su mesa. En: Actas del X Cong. Arg. de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Mar del Plata, Argentina. Disponible en: <http://www.agro.unlpam.edu.ar/publicaciones-pdf/EI%20amaranto%20en%20su%20mesa.pdf> [Fecha revisión: 5 agosto 2012].
 MARTÍNEZ, C. L.; RIQUELME VIRGALA, M. B. 2007. Fauna asociada a algunos cultivos hortícolas, aromáticos, medicinales y condimentarios. Horticultura Argentina 26 (61): 101.
 MOREWOOD, W. D.; NEINER, P. R.; McNEIL, J. R.; SELLMER, J. C.; HOOVER, K. 2003. Oviposition preference and larval performance of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera, Cerambycidae) in four eastern North American hardwood tree species. Environmental Entomology 32 (5): 1028-1034.
 NIVEYRO, S.; SALVO, A. 2012. Prácticas culturales exitosas para disminuir el ataque de insectos barrenadores de *Amaranthus hypocondriacus*. Libro de Resúmenes del VIII Congreso Argentino de Entomología, p. 288.
 NIVEYRO, S.; BAUDINO, E.; FALKENSTEIN, L.; SÁENZ, C. 2008. Assessment of the arthropods associated with the amaranth crop in the central Argentina. Proceedings V Internacional Symposium of the European Amaranth Association, Slovak Republic, p. 44-47.
 PAULINO NETO, H. F.; ROMERO, G.; VASCONCELLOS NETO, J. 2005. Interactions between *Oncideres humeralis* Thompson (Coleoptera, Cerambycidae) and Melastomataceae: Hos-plant

- selection and patterns of host use in Southeast Brazil. *Neotropical Entomology* 34 (1): 7-14.
- PÉREZ TORRES, B. C.; ARAGÓN GARCÍA, A.; PÉREZ AVILÉS, R.; HERNÁNDEZ, L. R.; LÓPEZ OLGUÍN, J. F. 2011. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) en Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2 (3): 359-371.
- PHOGAT, B. S.; BHALLA, S.; MAL, B. 1994. Seasonal incidence of stem weevil (*Hypolyxus truncatulus*) and its effect on growth and grain yield of amaranth (*Amaranthus hypocondriacus*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 64: 261-262.
- PRICE, P. W. 1994. Phylogenetic constraints, adaptive syndromes, and emergent properties: from individuals to population dynamics. *Researches on Populations Ecology* 36: 1-12.
- SBRAVATTI, A. M. 1999. Aspectos biológicos de *Aerenia quadripagiata* (Bohemian 1858) (Coleoptera, Cerambycidae) barrenador del tallo de *Amaranthus* spp. Tesis (ingeniero agrónomo). Universidad Nacional de Luján, Argentina. 75 p.
- SHIBATA, E.; WAGUCHI, Y.; YONEDA, Y. 1994. Role of tree diameter on the damage caused by the sugi bark borer (Coleoptera, Cerambycidae) to the Japanese cedar, *Cryptomeria japonica*. *Environmental Entomology* 23 (1): 76-79.
- SUÁREZ HERNÁNDEZ, L. A. 2003. Prospección del daño ocasionado por dos insectos xilófagos asociados a renovales de *Notophagus* en las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue, Décima Región. Tesis (ingeniero forestal). Universidad Austral de Chile. 47 p.
- TARA, J. S.; AZAM, M.; AYRI, S.; FERROZ, M.; RAMAMURTHY, V. 2009. Bionomics of *Hypolyxus truncatulus* (Coleoptera, Curculionidae, Lixinae, Lixini), a major pest of *Amaranthus caudatus* L. *Munis Entomology & Zoology* 4 (2): 510-518.
- THOMPSON, J. 1987. Evolutionary ecology of the relationship preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 47: 3-14.
- THOMPSON, J.; PELLMYR, O. 1990. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology* 36: 65-89.
- TORRES SALDAÑA, G.; TRINIDAD SANTOS, A.; TRUJILLO, T. R.; CASTILLO JUÁREZ, H.; BAUTISTA MARTINEZ, N.; DE LEON GONZALEZ, F. 2004. Barrenación del tallo de amaranto por *Hypolyxus truncatulus* (Coleoptera: Curculionidae) y *Amauromyza abnormalis* (Diptera: Agromyzidae). *Acta Zoológica Mexicana* 20 (1): 131-140.
- VILCA, J.; JERI, A. 1991. Daños del barrenador del tallo (Coleoptera: Curculionidae) en germoplasma de "Achita" (*Amaranthus caudatus* L.) en Ayacucho. En: *Actas del VII Congreso Internacional sobre cultivos andinos*, La Paz, Bolivia, 1991, pp. 159-161.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, EEUU. 918 p.

Recibido: 21-nov-2012 • Aceptado: 23-may-2013

Preferencia alimentaria de *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) en plantas acuáticas de diferente valor nutritivo

Food preference *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) by aquatic plants of different nutritional value

FEDRA SOLANGE MARTÍNEZ^{1,2}, M. CELESTE FRANCESCHINI^{1,3} y ALICIA POI^{1,3}

Resumen: *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) es un herbívoro asociado a los camalotales de *Eichhornia crassipes* y *E. azurea* de áreas nativas. Los objetivos de este trabajo fueron: (1) evaluar la preferencia alimentaria de los adultos de *N. eichhorniae* bajo condiciones naturales, utilizando especies de macrófitas nativas que coexisten con las dos plantas huéspedes y (2) analizar la preferencia alimentaria en relación con el contenido de nitrógeno, fósforo y lignina, como indicadores del valor nutritivo de las hojas. Las especies de plantas estudiadas fueron: *E. crassipes*, *E. azurea*, *Oxycaryum cubense*, *Thalia multiflora*, *Salvinia biloba*, *Pistia stratiotes*, *Ludwigia peploides* y *Nymphaea prolifera*. Se realizaron pruebas de preferencia de opción doble y múltiple, utilizando raciones de las macrófitas, en presencia y ausencia de las plantas huéspedes. Se cuantificó, respectivamente, el área total dañada por macrófita y por curculiónido y se correlacionó con el valor nutritivo de las hojas. Las plantas huéspedes, cuya superficie dañada varió entre 115 y 284,76 mm², fueron las especies preferidas. La superficie dañada tuvo correlación positiva con el contenido de nitrógeno de las hojas de las distintas especies de plantas. El contenido de fósforo, lignina y el cociente L: N no tuvieron relación con la preferencia. *Neochetina eichhorniae* tuvo especificidad por ambas plantas huéspedes, cuyas hojas tuvieron alto contenido de nitrógeno. Estos resultados constituyen una contribución preliminar debido a que todavía es poco conocido el efecto del valor nutritivo de las macrófitas sobre la preferencia alimentaria de los invertebrados herbívoros en los sistemas acuáticos subtropicales.

Palabras clave: Herbivoría. Gorgojos. *Eichhornia crassipes*. Especificidad. Nitrógeno.

Abstract: *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) is one herbivore associated to *Eichhornia crassipes* and *E. azurea* floating meadows in native areas. The aims of this study were: (1) to evaluate the feeding preference of adults of *N. eichhorniae* under natural conditions, using native species of macrophytes that coexist with the two host plants, and (2) to assess feeding preference in relation to nitrogen, phosphorous and lignin content as indicators of the nutritive value of the leaves. The plant species included in this study were: *E. crassipes*, *E. azurea*, *Oxycaryum cubense*, *Thalia multiflora*, *Salvinia biloba*, *Pistia stratiotes*, *Ludwigia peploides* and *Nymphaea prolifera*. Double and multiple-feeding choice tests were performed under natural conditions, using feeding rations, including and excluding the host plants. Total damaged area per macrophyte and leaf area damaged by weevil were quantified and correlated with the different nutritional values of leaves. The host plants, with damage area varied between 115 and 284.76 mm², were the most preferred plants. There was a positive correlation between the damage area and the leaf nitrogen content of the plant species. Feeding preference was unrelated to either phosphorous and lignin content or L: N ratio. *Neochetina eichhorniae* have high specificity for both host plants, which leaves had high nitrogen content. Because the effect of the nutritive value on the feeding preference of invertebrate herbivores from the subtropical aquatic systems remain still unknown, these results are an preliminary contribution

Key words: Herbivory. Weevil. *Eichhornia crassipes*. Specificity. Nitrogen.

Introducción

Neochetina eichhorniae (Warner, 1970) (Coleoptera: Curculionidae) tiene su ciclo de vida estrechamente asociado a *Eichhornia crassipes* (Mart.) (Solms-Laubach, 1883) y también ha sido encontrado en *E. azurea* (Swartz.) (Kunth, 1843) (Pontederiaceae) (Morrone y O'Brien 1999; Cordo *et al.* 2004). El área de distribución de este curculiónido abarca desde México hasta el sur de América del Sur (O'Brien 1976) y sus plantas huéspedes son malezas altamente invasivas (DeLoach *et al.* 1976c; Cordo *et al.* 1978) caracterizadas por formar extensos camalotales en los lagos de las planicies inundables de los grandes ríos y humedales sudamericanos (Barrett y Forno 1982; Rodríguez 1996; Neiff *et al.* 2001; Neiff 2003) en especial *Eichhornia crassipes*, cuya naturaleza invasiva que le ha permitido colonizar numerosos lagos tropicales y subtropicales del mundo (Gopal 1973; Waterhouse

y Norris 1987). Los adultos de *N. eichhorniae* se alimentan de las plantas huéspedes removiendo la capa epidérmica y subepidérmica formando pequeñas máculas en la lámina y parte superior del peciolo, mientras que las larvas forman galerías a lo largo del peciolo (DeLoach y Cordo 1976b). Las especies de *Neochetina* y *Cornops aquaticum* (Bruner, 1906) (Orthoptera: Acrididae) constituyen las poblaciones más abundantes de invertebrados herbívoros en los camalotales de *E. crassipes* y *E. azurea* del nordeste de Argentina (Casco y Poi de Neiff 1998; Poi de Neiff y Casco 2003; Franceschini *et al.* 2007; Franceschini *et al.* 2010; Franceschini *et al.* 2011a, 2011b), su herbivoría alcanza hasta el 19 % de la superficie foliar y consumen hasta el 30% de la biomasa de la lámina de la hoja por m² (Franceschini *et al.* 2010; 2011b).

Numerosas especies de curculiónidos asociados a ambientes acuáticos han sido utilizados en pruebas de preferencia alimentaria debido a que las plantas huéspedes

¹ Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CECOAL-CONICET). Ruta 5 km 2,5 3400 Corrientes, Argentina. ² Becaria Doctoral Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Licenciada en Ciencias Biológicas. fedrasolange@yahoo.com.ar. Autor para correspondencia. ³ Catedra de Limnología. Universidad Nacional del Nordeste. Doctora en Biología. celestefranceschini@yahoo.com.ar; guadalupepoi@gmail.com, respectivamente.

son altamente invasivas (DeLoach *et al.* 1976c; Cordo *et al.* 1978; Forno *et al.* 1983; Sheldon y Creed 1995; Sousa 2008). Las pruebas de preferencia muestran en general que los curculiónidos consumen en laboratorio la planta huésped pero pueden también alimentarse de otras plantas, no consumidas en condiciones naturales (Cordo *et al.* 1981; Cordo y DeLoach 1982a; Cordo y DeLoach 1982b; Buckingham y Bennett 1998). En otros casos, los insectos consumen en pruebas de laboratorio las mismas plantas que en la condición de campo (Cordo *et al.* 1978; Cordo *et al.* 1981; Sheldon y Creed 1995; Hill 1998).

La selección de la planta huésped por los insectos herbívoros está relacionada con las propiedades químicas y el valor nutritivo que presentan las plantas, especialmente con el contenido de lignina y nutrientes presentes en los tejidos (Rosenthal y Beranbaum 1992; Bernays y Chapman 1994; Heard y Winterton 2000). El efecto del alto contenido de nitrógeno en los tejidos vegetales ha sido bien documentado por varios autores (Mattson 1980; Room *et al.* 1989; Center y Wright 1991; Morehouse y Rutowski 2010), tanto en los ambientes terrestres como en los acuáticos.

La alimentación y especificidad del género *Neochetina* fue estudiada en poblaciones de *N. bruchi* y *N. affinis*, criadas en laboratorio (DeLoach 1976; DeLoach y Cordo 1976b; Ding *et al.* 2002; Chen *et al.* 2005). En general, se encontró una alta especificidad de las especies de *Neochetina* hacia *E. crassipes*. DeLoach y Cordo (1981) registraron que los adultos de *N. affinis* O'Brien, 1976 durante las pruebas de laboratorio prefirieron a *E. azurea* y, en menor grado, *Pontederia* (= *Reussia*) *rotundifolia* (L. f., 1783), *E. crassipes* y *P. cordata* (L., 1753). La preferencia de *N. eichhorniae* utilizando a *E. crassipes* como planta huésped fue estudiada en áreas no nativas, bajo condiciones de laboratorio, incluyendo en las pruebas de alimentación plantas cultivadas y otras macrófitas (Shih *et al.* 1994).

Por su alta especificidad, *N. eichhorniae* junto con *N. bruchi*, están siendo utilizadas como agentes de control biológico de *E. crassipes* en áreas nativas y no nativas (DeLoach y Cordo 1976a, 1983; Cordo 1999; Center *et al.* 2002). En este contexto, las pruebas de opción múltiple y doble con diferentes macrófitas, incluyendo y excluyendo a las plantas huéspedes (Sheppard *et al.* 2005) son de mucha utilidad para realizar predicciones sobre la preferencia y comportamiento de las poblaciones de herbívoros, especialmente cuando la abundancia y cobertura de las plantas huéspedes disminuyen drásticamente por algún factor ambiental. Sumado a esto, en la amplia área nativa de distribución de estos curculiónidos, cada región presenta un ensamble particular de macrófitas que coexisten con las plantas huéspedes, que deben ser incluidas en las pruebas de preferencia. En ecosistemas no nativos donde los herbívoros son introducidos como agentes de control, este ensamble de macrófitas puede resultar aún bastante diferente respecto a las áreas nativas.

El objetivo de este trabajo fue 1) determinar la preferencia alimentaria de los adultos de *N. eichhorniae* bajo condición de campo, incluyendo plantas acuáticas que coexisten con las plantas huéspedes; 2) analizar la preferencia en relación al contenido de nitrógeno, fósforo y lignina, como indicadores del valor nutritivo de las hojas.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

1) *Neochetina eichhorniae* tiene mayor preferencia por *E. crassipes*.

2) El consumo es mayor en las hojas de las macrófitas que tienen mayor contenido de nitrógeno y menor contenido de lignina.

Materiales y métodos

Las plantas acuáticas utilizadas en las pruebas de preferencia fueron colectadas en una laguna de la planicie de inundación del río Paraná (Chaco: 27°26'S 58°51'O) y en una laguna no conectada a un sistema fluvial (Corrientes: 27°30'S 58°45'O), donde predominan camalotales de *E. crassipes* y *E. azurea*, respectivamente.

Las experiencias se realizaron en el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL) (26°46'S 58°50'O) durante el verano y bajo la influencia del clima local, pero sin exposición solar directa, debido a que en los meses de verano se registran los picos de abundancia de las poblaciones de herbívoros en los ambientes naturales (Casco y Poi de Neiff 1998; Franceschini *et al.* 2007, 2011a; Franceschini 2008) y un mayor porcentaje de lámina foliar dañada en las plantas huéspedes (DeLoach y Cordo 1976a; Franceschini *et al.*, 2010, 2011b). El CECOAL está ubicado en las cercanías de los ambientes naturales donde se obtuvieron las plantas y los individuos de *Neochetina*. La temperatura promedio durante las experiencias varió entre 19,2 y 34,2 °C.

Para analizar la preferencia se realizaron pruebas de opción múltiple y doble con y sin las plantas huéspedes siguiendo el criterio de Sheppard *et al.* (2005). Se utilizaron las siguientes especies de macrófitas: *E. crassipes* y *E. azurea* (Pontederiaceae), *Oxycaryum cubense* (Poepp y Kunth, 1908) Palla (Cyperaceae), *Thalia multiflora* (Horkel ex Körn, 1862) (Marantaceae), *Salvinia biloba* (Raddi, 1825) (Salviniaceae), *Pistia stratiotes* (L., 1753) (Araceae), *Ludwigia peploides* (Kunth) (P. H. Raven, 1963) (Onagraceae), *Nymphaea prolifera* (Wiersema, 1984) (Nymphaeaceae).

Para armar las raciones se cortaron porciones de 25 cm² de las hojas de cada especie de planta (Cronin *et al.* 1998; Dorn *et al.* 2001), cuidando de no incluir en las mismas algún tipo de daño. Las raciones se distribuyeron en ocho tratamientos (Tabla 1) con seis repeticiones en el tratamiento 5 y cinco repeticiones en los tratamientos restantes.

Las raciones se colocaron en recipientes transparentes de 32 cm longitud, 23 cm de ancho x 11 cm profundidad, con una base de algodón y papel de filtro humedecido y fueron tapados en la parte superior para mantener un microclima con elevada humedad, característico de los camalotales. Los gorgojos utilizados en los ensayos fueron obtenidos de poblaciones naturales con dominancia de *N. eichhorniae*.

Se colocaron diez curculiónidos por recipiente, alcanzando un N total de 387 individuos al final de la experiencia. Previamente, los curculiónidos fueron sometidos a cuatro horas de ayuno con la intención de descartar los posibles errores metodológicos relacionados con los mecanismos de saciedad (Basset 1994), experiencia y aprendizaje (Bernays 1989; Bernays y Simpson 1990; Bernays y Chapman 1994; Sheppard *et al.* 2005).

Para analizar la preferencia, las especies de plantas se sometieron al consumo de los adultos durante 24 horas; transcurrido ese tiempo, las plantas ofrecidas se retiraron de los recipientes y la preferencia se evaluó considerando que la planta preferida es la más consumida. El consumo se evaluó contando el número de máculas producidas por los gorgojos en cada especie de planta. Como la superficie promedio de

Tabla 1. Preferencia alimentaria de *Neochetina eichhorniae* mostrando el área dañada total para cada macrófita (mm²), área dañada por curculiónido (mm²) y los resultados obtenidos con MGL Mixtos (P < 0,05). Letras distintas indican diferencias significativas con el post test.

Tratamientos y número de curculiónidos	Especies de plantas	Área dañada total (mm ²)		Área dañada por curculiónido (mm ²)		Valores de p
N° 1 (N=46)	<i>Eichhornia crassipes</i> ^a	156,78	± 45,75	17,42	± 6,15	<0,0001
	<i>Ludwigia peploides</i> ^b	6,65	± 7,22	0,73	± 0,77	
	<i>Nymphaea prolifera</i> ^b	1,66	± 3,71	0,17	± 0,37	
	<i>Pistia stratiotes</i> ^b	4,99	± 5,32	0,57	± 0,67	
	<i>Salvinia biloba</i> ^b	0,00	± 0	0,00	± 0	
N° 2 (N=46)	<i>Eichhornia azurea</i> ^a	284,76	± 52,86	30,86	± 4,03	<0,0001
	<i>Ludwigia peploides</i> ^b	6,65	± 5,03	0,71	± 0,55	
	<i>Nymphaea prolifera</i> ^b	15,51	± 16,68	1,62	± 1,66	
	<i>Pistia stratiotes</i> ^b	2,22	± 4,95	0,22	± 0,49	
	<i>Salvinia biloba</i> ^b	6,65	± 5,74	0,73	± 0,63	
N° 3 (N=45)	<i>Ludwigia peploides</i> ^a	2,22	± 2,31	0,25	± 0,24	0,1963
	<i>Nymphaea prolifera</i> ^a	3,88	± 4,63	0,46	± 0,57	
	<i>Pistia stratiotes</i> ^a	13,30	± 20,85	1,45	± 2,32	
	<i>Salvinia biloba</i> ^a	17,73	± 13,08	1,96	± 1,32	
N° 4 (N=47)	<i>Eichhornia azurea</i> ^a	192,24	± 30,38	20,51	± 3,35	<0,0001
	<i>Eichhornia crassipes</i> ^b	149,58	± 60,24	15,90	± 6,31	
	<i>Ludwigia peploides</i> ^c	6,65	± 6,95	0,71	± 0,73	
	<i>Nymphaea prolifera</i> ^c	4,99	± 6,00	0,55	± 0,66	
	<i>Pistia stratiotes</i> ^c	1,11	± 1,51	0,12	± 0,16	
N° 5 (N=57)	<i>Eichhornia crassipes</i> ^a	127,88	± 36,72	13,36	± 3,39	<0,0001
	<i>Eichhornia azurea</i> ^a	113,57	± 64,91	12,16	± 7,30	
	<i>Oxycaryum cubense</i> ^b	2,77	± 5,54	0,31	± 0,61	
	<i>Thalia multiflora</i> ^b	0,92	± 2,26	0,10	± 0,25	
N° 6 (N=49)	<i>Eichhornia azurea</i> ^a	170,63	± 72,16	17,62	± 8,06	<0,0001
	<i>Oxycaryum cubense</i> ^b	0,55	± 1,23	0,06	± 0,12	
	<i>Thalia multiflora</i> ^b	1,66	± 3,71	0,17	± 0,37	
N° 7 (N=50)	<i>Oxycarium cubense</i> ^a	14,96	± 15,37	1,50	± 1,53	>0,9999
	<i>Thalia multiflora</i> ^a	14,96	± 12,32	1,50	± 1,23	
N° 8 (N=47)	<i>Eichhornia crassipes</i> ^a	115,23	± 81,31	11,82	± 7,92	0,1582
	<i>Eichhornia azurea</i> ^a	192,79	± 76,15	20,82	± 8,60	

la mácula es de 2,77 mm² en el haz y 0,87 mm² en el envés (Franceschini *et al.* 2010), una vez contado el número de máculas, se calculó la superficie dañada para cada hoja. Se calculó el daño por cada individuo, no considerando aquellos gorgojos que al refugiarse quedaban atrapados en la cama de algodón; este número siempre fue inferior a dos por cada recipiente, sobre un total de diez. Finalizada las experiencias, los gorgojos fueron fijados en alcohol al 70% y se procedió a la identificación taxonómica (DeLoach 1975), que requiere

para la separación de las especies de *Neochetina* una cuidadosa observación bajo microscopio estereoscópico de los caracteres morfológicos. Las repeticiones donde se detectó la presencia de *N. bruchi* fueron excluidas de este estudio.

Para analizar el valor nutritivo de las hojas, se tomaron muestras de diez hojas de cada especie de macrófita, las cuales se secaron en estufa a 60 °C para el posterior análisis del contenido de nitrógeno y fósforo (Método de Kjendahl) y lignina (método de análisis de fibra de Ankon) en los tejidos.

Los análisis químicos fueron realizados por el Laboratorio de Análisis de la Universidad Católica Argentina (Buenos Aires, Argentina) y el Laboratorio de Química-Física de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Nordeste (Corrientes, Argentina).

Los valores se expresaron como promedio (\bar{x}) y desvío estándar. Para analizar las diferencias en el consumo entre especies de plantas y determinar la preferencia se utilizaron los Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLG Mixtos), ya que estos contemplan la dependencia existente entre tratamientos y son más potentes que otros modelos (Mangeaud y Videla 2005). Se consideraron significativas las diferencias con un $P < 0,05$. Se realizaron correlaciones utilizando el coeficiente de Spearman para probar las asociaciones entre los factores químicos indicadores del valor nutritivo de las plantas estudiadas y el consumo total de cada una de ellas. Los análisis estadísticos se realizaron con el Software Infostat (versión 2011).

Resultados

Preferencia alimentaria de *N. eichhorniae*. Los valores de superficie dañada oscilaron entre 115 y 156 mm² para *E. crassipes* y para *E. azurea* entre 113,57 y 284,76 mm² (Tabla 1). Independiente que estuvieran o no las plantas huéspedes, los valores de consumo para *O. cubense*, *T. multiflora*, *S. biloba*, *P. stratiotes*, *L. peploides*, *N. prolifera* fueron inferiores a 17,7 mm² (Tabla 1). La superficie dañada por *N. eichhorniae* varió significativamente entre las especies de plantas utilizadas en los tratamientos 1 (MLG Mixtos $F = 41,61$; $P = < 0,0001$) y 2 (MLG Mixtos $F = 121,75$; $P = < 0,0001$) resultando *E. crassipes* y *E. azurea* las plantas preferidas en cada tratamiento, respectivamente (Tabla 1). En el tratamiento 3 el consumo no varió significativamente entre las especies de plantas analizadas (MLG Mixto $F = 1,75$; $P = 0,1963$).

Por lo contrario, en el tratamiento 4 la superficie dañada por los adultos de *N. eichhorniae* fue significativamente diferente entre las distintas especies de plantas (MLG Mixtos $F = 46,15$; $P = < 0,0001$). El post test separó a *P. stratiotes*, *N. prolifera*, *L. peploides* con bajos valores de superficie dañada, de *E. crassipes* y *E. azurea* que resultaron las plantas preferidas. En el tratamiento 5 la superficie dañada por los adultos de *N. eichhorniae* en *E. crassipes* y *E. azurea* fue significativamente mayor respecto de *T. multiflora* y *O. cubense* (MLG mixtos $F = 20,34$; $P = < 0,0001$). La superficie dañada

por *N. eichhorniae* varió significativamente entre *E. azurea*, *O. cubense* y *T. multiflora* en el tratamiento 6 (MLG Mixtos $F = 27,51$; $P = < 0,0001$) en el cual *E. azurea*, resultó la especie preferida.

Cuando no se incluyeron a las plantas huéspedes (tratamiento 7), el consumo no varió significativamente entre *O. cubense* y *T. multiflora* (MLG Mixtos $F = 0,00$; $P = > 0,9999$). No hubo diferencias significativas entre el daño registrado en *E. crassipes* y *E. azurea* (MLG Mixtos $F = 2,42$; $P = 0,1582$) en el tratamiento 8, que consideró sólo a las dos plantas huéspedes. En las hojas de *E. azurea*, la superficie dañada registrada en el haz ($\bar{x} = 76,45$) no fue significativamente diferente (MLG Mixtos $F = 1,49$; $P = 0,2573$) respecto al envés ($\bar{x} = 116,34$). En *E. crassipes* tampoco se observaron diferencias significativas (MLG Mixtos $F = 0,73$; $P = 0,4172$) entre el daño producido en el haz ($\bar{x} = 43,77$) y el envés ($\bar{x} = 71,47$) de la hoja.

Valor nutritivo de las macrófitas y preferencia de *N. eichhorniae*. *Eichhornia azurea* fue la macrófita que presentó mayor porcentaje de nitrógeno; estos valores también fueron altos en *L. peploides* y *E. crassipes*, mientras que fueron bajos en *S. biloba*, *O. cubense*, *P. stratiotes* y *T. multiflora*. *E. azurea* registró también el mayor contenido de fósforo, seguida en orden de importancia por *E. crassipes* (Tabla 2). En cuanto al contenido de lignina, los porcentajes más altos correspondieron a *S. biloba*, *T. multiflora* y los más bajos a *E. crassipes* y *E. azurea*. En *S. biloba* los valores de lignina fueron menores en las hojas (15,47%) que en las lacinias (17,24%). El coeficiente de correlación de Spearman obtenido entre el contenido de nitrógeno y consumo total de cada especie de planta fue de 0,76 (prueba de Spearman $p < 0,05$). El contenido de lignina, el cociente lignina- nitrógeno y contenido de fósforo no tuvieron correlación con el consumo total de cada especie de planta (prueba de Spearman $P = > 0,05$).

Discusión

Existen diversos estudios que demuestran la importancia de *N. eichhorniae* como herbívoro, por el daño que ocasiona a los camalotales de *E. crassipes* en áreas nativas (Poi de Neiff *et al.* 1977; Casco y Poi de Neiff 1998; Poi de Neiff y Casco 2003; Franceschini *et al.* 2010) y no nativas (Julien *et al.* 2001). Los resultados de este estudio bajo condiciones controladas durante las pruebas de preferencia de opción múltiple, muestran que *N. eichhorniae* prefiere por igual a las dos plantas huéspedes. Bajo condiciones de laboratorio y utilizando plantas enteras en las pruebas de preferencia, DeLoach (1976) registra un mayor consumo de *E. crassipes* respecto a *E. azurea* por este curculiónido. Similares valores de daño en el haz y envés de las hojas de las plantas huéspedes es coincidente con lo encontrado por DeLoach y Cordo (1976b). En condiciones de campo no hemos observado poblaciones de *Neochetina* spp. en los camalotales de *E. azurea*, a diferencia de lo que ocurre en *E. crassipes*. Si bien en las hojas de ambas plantas huéspedes se ha obtenido similar valor nutritivo y según Sculthorpe (1967) presentan similares características anatómicas, la arquitectura de la planta de *E. crassipes*, principalmente las hojas envainadas dispuestas en rosetas, proporcionarían refugio para los adultos de *Neochetina* spp. creando un hábitat propicio (DeLoach y Cordo 1976b).

En experiencias de preferencia realizadas con larvas de *Bagous affinis* (Hustache, 1926) (Coleoptera: Curculioni-

Tabla 2. Valor nutritivo de las especies de las macrófitas analizadas en las pruebas de preferencia de *Neochetina eichhorniae*. L: Lignina; N: Nitrógeno; P: Fósforo; L/N: cociente Lignina Nitrógeno.

Especies de plantas	Componentes químicos de las plantas			
	L (%)	N (%)	P (%)	L/N (%)
<i>Eichhornia crassipes</i>	2,76	3,48	0,36	0,79
<i>Eichhornia azurea</i>	3,20	3,70	0,38	0,86
<i>Oxycaryum cubense</i>	2,14	1,79	0,20	1,20
<i>Thalia multiflora</i>	19,17	2,26	0,33	8,48
<i>Pistia stratiotes</i>	9,07	2,09	0,23	4,34
<i>Salvinia biloba</i>	15,47	1,31	0,22	11,81
<i>Ludwigia peploides</i>	2,87	3,68	0,34	0,78
<i>Nymphaea prolifera</i>	4,38	3,13	0,23	1,40

dae) con tallos y tubérculos de *Hydrilla verticillata* (L. filis.) (Royle, 1839), los tubérculos, con menor contenido de nitrógeno fueron preferidos sobre los tallos debido a que son más apropiados como hábitat para el crecimiento y desarrollo larval (Wheeler y Center 2007). En *Salvinia molesta* (D.S. Mitchell, 1972) y *S. minima* (Baker, 1886) (Salviniaceae) la elección de planta huésped por *Cyrtobagous salviniae* (Calder y Sands, 1985) (Coleoptera: Curculionidae), se basó en el tamaño de la planta, siendo más preferidas las plantas con rizoma de suficiente diámetro para la actividad minadora de las larvas (Tipping y Center 2005).

DeLoach (1976) encontró que las poblaciones de *Neochetina bruchi* del centro de Argentina son altamente específicas de *E. crassipes* y que raras veces se alimentan y oviponen en *E. azurea* y otras Pontederiaceae. Coincidentemente, en áreas no nativas, *N. eichhorniae* y *N. bruchi* muestran también alta preferencia alimentaria por *E. crassipes* (Shih *et al.* 1994; Ding *et al.* 2002; Chen *et al.* 2005).

Los valores bajos de preferencia registrados en este estudio para *P. stratiotes*, *L. peploides*, *T. multiflora*, *O. cubense*, *N. prolifera* y *S. biloba* indican que estas especies no serían consumidas en condiciones naturales por *N. eichhorniae*. En el área de estudio, Poi de Neiff y Casco (2003) y Casco y Poi de Neiff (1998) registran otras especies de Curculionidae asociadas a estas macrófitas.

Los resultados en este estudio muestran que los insectos prefirieron en general las plantas con mayor contenido de nitrógeno. Según Bernays y Chapman (1994), este nutriente es requerido para el desarrollo y crecimiento óptimo de los insectos herbívoros. Los valores de proteína bruta registrados en *E. crassipes*, *N. prolifera* y *P. stratiotes* por otros autores (Boyd 1969; Boyd y Blackburn 1970; Linn *et al.* 1975; Henry-Silva y Camargo 2006) indican que el contenido de nitrógeno obtenido para estas macrófitas en este estudio, está dentro de ese rango de valores.

Las plantas con mayor contenido de lignina fueron en general las menos preferidas. Esto es coincidente con lo mencionado por varios autores que puntualizan que este compuesto actúa como elemento disuasorio de la alimentación, interviniendo en la dureza de los tejidos y reduciendo la palatabilidad (Rosenthal y Beranbaum 1991; Zamora *et al.* 1999; Elger *et al.* 2006). Los valores de lignina registrados en *S. biloba* fueron comparables a los obtenidos para *S. molesta* (Moozhiyil y Pallauf 1986). Según estos autores, la alta cantidad de lignina de esta especie reduce la aceptación y la digestibilidad y, por lo tanto, el uso de esta macrófita como potencial recurso alimentario para los rumiantes. La concentración de lignina de *P. stratiotes* registrado en este estudio, es comparable al encontrado por Rodríguez y Palma (2000) quienes mencionan la limitación del uso de esta especie como alimento. El valor de lignina de *N. prolifera* es similar al registrado para *N. tuberosa* por Linn *et al.* (1975). Las plantas más preferidas, *E. azurea* y *E. crassipes*, presentaron porcentajes bajos de lignina, coincidiendo con lo obtenido por Poi de Neiff *et al.* (2006). Sin embargo, nuestros resultados muestran que la alimentación de *N. eichhorniae* está correlacionada solamente con los niveles de nitrógeno.

En el caso de *N. prolifera* y *L. peploides* hay que destacar que, si bien registró un alto contenido de nitrógeno y bajo de lignina, estas especies fueron consumidas en bajas proporciones, por lo que serían otros factores los que limitarían su selección por parte de los curculiónidos. Bolser *et al.* (1998) señalan que la palatabilidad de las macrófitas está

determinada principalmente por la dureza de los tejidos y también por la cantidad de productos químicos disuasivos, mientras que para Newman *et al.* (1996) la calidad nutritiva de los tejidos puede también influir en la palatabilidad, pero es de importancia secundaria en la preferencia del herbívoro. Según Lodge *et al.* (1998) para que una macrófita tenga un alto consumo por un invertebrado herbívoro, debe tener una estructura morfológica y consistencia adecuada de los tejidos, ser nutritiva y carecer de sustancias químicas disuasivas. Los resultados de preferencia obtenidos indican la especificidad de *N. eichhorniae* hacia las dos plantas huéspedes, por lo tanto se acepta parcialmente la primera hipótesis propuesta. La segunda hipótesis, i.e. que el consumo de *N. eichhorniae* es mayor en macrófitas que tienen mayor contenido de nitrógeno y menor contenido de lignina, también es aceptada parcialmente, debido a que algunas macrófitas fueron poco consumidas aún cuando presentaron alto contenido de nitrógeno y bajos valores de lignina.

En la mayoría de las macrófitas consideradas en las pruebas de preferencia, el nitrógeno fue un factor determinante en la preferencia de *N. eichhorniae*. Sin embargo en el caso de *N. prolifera* y *L. peploides* se plantea que el valor nutritivo no es el único motivo de selección por parte de los curculiónidos, y que sería aconsejable evaluar factores tales como la presencia de otras sustancias químicas, la consistencia de las hojas, las características morfoanatómicas de las plantas, entre otras.

En síntesis, *N. eichhorniae* tiene especificidad hacia las plantas huéspedes y los valores de consumo se relacionan con el contenido de nitrógeno de las hojas. Estos resultados constituyen una contribución preliminar debido a que todavía es poco conocido el efecto del valor nutritivo de las macrófitas sobre la preferencia alimentaria de los invertebrados herbívoros en los sistemas acuáticos subtropicales.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el proyecto PICT 07-12755 y PICT 2011-2160 del FONCYT (Argentina).

Literatura citada

- BARRETT, S. C. H.; FORNO, I. W. 1982. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (water hyacinth). *Aquatic Botany* 13: 299-306.
- BASSET, Y. 1994. Palatability of tree foliage to chewing insects: a comparison between a temperate and a tropical site. *Acta Oecologica* 15 (2): 181-191.
- BERNAYS, E. A. 1989. *Insect plant interactions*. Vol. I. CRC Press. Florida. Estados Unidos. 198 p.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. 1994. *Host-plant selection by phytophagous insects*. Chapman & Hall. New York. Estados Unidos. 312 p.
- BERNAYS, E. A.; SIMPSON, S. J. 1990. Nutrition. pp. 105-128. En: Chapman, R. F.; Joern, A. (Eds.). *Biology of grasshoppers*. John Wiley & Sons. New York. Estados Unidos. 563 p.
- BOLSER, R. C.; HAY, M. E.; LINDQUIST, N.; FENICAL, W.; WILSON, D. 1998. Chemical defenses of freshwater macrophytes against crayfish herbivory. *Journal of Chemical Ecology* 24 (10): 1639-1658.
- BOYD, C. E. 1969. The nutritive value of three species of water weed. *Economic Botany* 23 (2): 123-127.
- BOYD, C. E.; BLACKBURN, R. D. 1970. Seasonal changes in the proximate composition of some common aquatic weeds. *Hyacinth Control Journal* 8 (2): 42-44.

- BUCKINGHAM, G. R.; BENNETT, C. A. 1998. Host range studies with *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae), an indian weevil that feeds on *Hydrilla* tubers. *Environmental Entomology* 27 (2): 469-470.
- CASCO, S. L.; POI DE NEIFF, A. S. 1998. Daño ocasionado por adultos de *Neochetina* spp. (Coleoptera: Curculionidae) a *Eichhornia crassipes* en la planicie del río Paraná. *FACENA* (Argentina) 14: 31-43.
- CENTER, T. D.; WRIGHT, A. D. 1991. Age and phytochemical composition of waterhyacinth (Pontederiaceae) leaves determine their acceptability to *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology* 20 (1): 323-334.
- CENTER, T. D.; HILL, M. P.; CORDO, H.; JULIEN, M. H. 2002. Waterhyacinth. pp. 41-64. En: Van Driesche, R. G.; Blossey, B.; Hoddle, M.; Lyon, S.; Reardon, R. (Eds.). *Biological control of invasive plants in the eastern United States*. USDA-Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. Morgantown. West Virginia. Estados Unidos. 413 p.
- CHEN, R. X.; YE, G. Y.; WANG, Y. J.; GU, B. Q.; ZHANG, C. F.; YING, X. L.; SHEN, J. 2005. The host specificity of water hyacinth weevils and their controlling effects against water hyacinth in Ningbo district. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* (China) 17 (2): 74-78.
- CORDO, H. A. 1999. New agents for biological control of water hyacinth. pp. 68-74. En: Hill, M. P.; Julien, M. H.; Center, T. D. (Eds.). *Proceeding of the first IOBC global working group meeting for the biological and integrated control of water hyacinth*. Plant Protection Research Institute. Pretoria. Sudáfrica. 182 p.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J. 1982a. Notes on the weevils *Tyloderma*, *Auleutes*, and *Onychylis* that feed on *Ludwigia* and other aquatic plants in southern South America. *The Coleopterists Bulletin* 36 (2): 291-297.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J. 1982b. Weevils *Listronotus marginicollis* and *L. cinnamomeus* that feed on *Limnium* and *Myriophyllum* in Argentina. *The Coleopterists Bulletin* 36 (2): 302-308.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J.; RUNNACLES, J.; FERRER, R. 1978. *Argentinorhynchus bruchi*, a weevil from *Pistia stratiotes* in Argentina: biological studies. *Environmental Entomology* 7 (2): 329-333.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J.; FERRER, R. 1981. Biological studies on two weevils, *Ochetina bruchi* and *Onychylis cretatus*, collected from *Pistia* and other aquatic plants in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 74 (4): 363-369.
- CORDO, H. A.; LOGARZO, G.; BRAUN, K.; DI IORIO, O. R. 2004. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. South American Biological Control Laboratory USDA-ARS y Sociedad Entomológica Argentina. Buenos Aires. Argentina. 734 p.
- CRONIN, G.; WISSING, K. D.; LODGE, D. M. 1998. Comparative feeding selectivity of herbivorous insects on water lilies: aquatic vs. semi-terrestrial insects and submersed vs. floating leaves. *Freshwater Biology* 39: 243-257.
- DELOACH, C. J. 1975. Identification and biological notes on the species of *Neochetina* that attack Pontederiaceae in Argentina (Coleoptera: Curculionidae: Bagoiini). *The Coleopterists Bulletin* 29 (4): 257-266.
- DELOACH, C. J. 1976. *Neochetina bruchi*, a biological control agent of waterhyacinth: host specificity in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 69 (4): 635-642.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1976a. Ecological studies of *Neochetina bruchi* and *N. eichhorniae* on waterhyacinth in Argentina. *Journal of Aquatic Plant Management* 14: 53-59.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1976b. Life cycle and biology of *Neochetina bruchi*, a weevil attacking waterhyacinth in Argentina, with notes on *N. eichhorniae*. *Annals of the Entomological Society of America* 69 (4): 643-652.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1981. Biology and host range of the weevil *Neochetina affinis*, which feeds on Pontederiaceae in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 74 (1): 14-19.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1983. Control of waterhyacinth by *Neochetina bruchi* (Coleoptera: Curculionidae: Bagoiini) in Argentina. *Environmental Entomology* 12 (1): 19-23.
- DELOACH, C. J.; DELOACH, A. D.; CORDO, H. A. 1976c. *Neohydronomus pulchellus*, a weevil attacking *Pistia stratiotes* in South America: biology and host specificity. *Annals of the Entomological Society of America* 69 (5): 830-834.
- DING, J.; CHEN, Z.; FU, W.; FAN, Z.; WANG, R. 2002. The biology and host range of water hyacinth weevil, *Neochetina eichhorniae*, an insect agent for the control of the weed. *Chinese Journal of Biological Control* 18 (4): 153-157.
- DORN, N. J.; CRONIN, G.; LODGE, D. M. 2001. Feeding preferences and performance of an aquatic lepidopteran on macrophytes: plant hosts as food and habitat. *Oecologia* 128: 406-415.
- ELGER, A.; BARRAT-SEGRETAIN, M. H.; WILLBY, N. J. 2006. Seasonal variability in the palatability of freshwater macrophytes: a case study. *Hydrobiologia* 570: 89-93.
- FORNO, I. W.; SANDS, D. P. A.; SEXTON, W. 1983. Distribution, biology and host specificity of *Cyrtobagous singularis* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) for the biological control of *Salvinia molesta*. *Bulletin of Entomological Research* 73 (1): 85-95.
- FRANCESCHINI, M. C. 2008. Biología y ecología de la tucura semiacuática *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae: Leptysminae) en relación a dos macrofitas dominantes en humedales del nordeste de Argentina: *Eichhornia crassipes* y *E. azurea* (Pontederiaceae). Universidad de la Plata. La Plata. Argentina. 222 p.
- FRANCESCHINI, M. C.; ADIS, J.; POI DE NEIFF, A. S.; DE WY-SIECKI, M. L. 2007. Fenología de *Cornops aquaticum* Bruner (Orthoptera: Acrididae: Leptysminae), en un camalotal de *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) en Argentina. *Amazoniana* 19: 149-158.
- FRANCESCHINI, M. C.; POI DE NEIFF, A.; GALASSI, M. E. 2010. Is the biomass of water hyacinth lost through herbivory in native areas important?. *Aquatic Botany* 92: 250-256.
- FRANCESCHINI, M. C.; DE WYSIECKI, M. L.; POI DE NEIFF, A.; GALASSI, M. E.; MARTÍNEZ, F. S. 2011a. The role of the host-specific grasshopper *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) as consumer of native *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) floating meadows. *Revista de Biología Tropical* 59 (3): 1407-1418.
- FRANCESCHINI, M. C.; MARTÍNEZ, F. S.; POI, A. S. 2011b. Herbivoría en hojas de *Eichhornia azurea* y *E. crassipes* (Pontederiaceae). IX Congreso Venezolano de Ecología. Instituto Nacional de Investigaciones. Venezuela. 335 p.
- GOPAL, B. 1973. A survey of the indian studies on ecology and production of wetland and shallow water communities. *Polish Archives of Hydrobiology* 20 (1): 21-29.
- HEARD, T. A.; WINTERTON, S. L. 2000. Interactions between nutrient status and weevil herbivory in the biological control of water hyacinth. *The Journal of Applied Ecology* 37: 117-127.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. 2006. Composição química de macrofitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Planta Daninha* 24 (1): 21-28.
- HILL, M. P. 1998. Life history and laboratory host range of *Stenopelmus rufinus*, a natural enemy for *Azolla filiculoides* in South Africa. *Biocontrol* 43 (2): 215-224.
- JULIEN, M. H.; HILL, M. P.; CENTER, T. D.; Ding, J. 2001. Biological and integrated control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. *Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth*, Beijing, China, 9-12 October 2000. Australian Centre for International Agricultural Research Proceedings N° 102. Canberra. Australia. 152 p.
- LINN, J. G.; STABA, E. J.; GOODRICH, R. D.; MEISKE, J. C.; OTTERBY, D. E. 1975. Nutritive value of dried or ensiled aqua-

- tic plants. I. Chemical composition. *Journal of Animal Science* 41 (2): 601-609.
- LODGE, D. M.; CRONIN, G.; VAN DONK, E.; FROELICH, A. J. 1998. Impact of herbivory on plant standing crop: comparisons among biomes, between vascular and nonvascular plants, and among freshwater herbivore taxa. pp. 149-174. En: Jeppesen, E.; Søndergaard, M.; Søndergaard, M.; Christoffersen, K. (Eds.). *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. Springer-Verlag. New York. Estados Unidos. 452 p.
- MATTSON, W. J. JR. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 119-161.
- MANGAUD, A.; VIDELA, M. 2005. En busca de la independencia perdida: la utilización de modelos lineales generalizados mixtos en pruebas de preferencia. *Ecología Austral* 15 (2): 199-206.
- MOOZHILYIL, M.; PALLAUF, J. F. 1986. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and its potential as feed source for ruminants. *Economic Botany* 40 (3): 375-383.
- MOREHOUSE, N. I.; RUTOWSKI, R. L. 2010. Developmental responses to variable diet composition in the cabbage white butterfly, *Pieris rapae*: the role of nitrogen, carbohydrates and genotype. *Oikos* 119: 636-645.
- MORRONE, J. J.; O'BRIEN, C. W. 1999. The aquatic and semiaquatic weevils (Coleoptera: Curculionidae: Curculionidae, Dryophthoridae and Eirrhinidae) of Argentina, with indication of their host plants. *Physis Sección C* 57 (132-133): 25-37.
- NEIFF, J. J. 2003. Distribución de la vegetación acuática y palustre del Iberá. pp. 3-15. En: Poi de Neiff, A. (Ed.) *Limnología del Iberá. Aspectos físicos, químicos y biológicos de las aguas*. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. Argentina. 191 p.
- NEIFF, J. J.; NEIFF, A. P.; CASCO, S. A. L. 2001. The effect of prolonged floods on *Eichhornia crassipes* growth in Paraná river floodplain lakes. *Acta Limnologica Brasiliensia* 13 (1): 51-60.
- NEWMAN, R. M.; KERFOOT, W. C.; HANSCOM III, Z. 1996. Watercress allelochemical defends high-nitrogen foliage against consumption: effects on freshwater invertebrate herbivores. *Ecology* 77 (8): 2312-2323.
- O'BRIEN, C. W. 1976. A taxonomic revision of the New World subaquatic genus *Neochetina* (Coleoptera: Curculionidae: Bagoini). *Annals of the Entomological Society of America* 69 (2): 165-174.
- POI DE NEIFF, A. S.; CASCO, S. L. 2003. Biological agents that accelerate winter decay of *Eichhornia crassipes* Mart. Solms. in northeastern Argentina. pp. 127-144. En: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.). *Ecología e manejo de macrófitas acuáticas*. Maringá. Brasil. 341 p.
- POI DE NEIFF, A.; NEIFF, J. J.; BONETTO, A. 1977. Enemigos naturales de *Eichhornia crassipes* en el nordeste argentino y posibilidades de su aplicación al control biológico. *Ecosur* 4 (8): 137-156.
- POI DE NEIFF, A.; NEIFF, J. J.; CASCO, S. L. 2006. Leaf litter decomposition in three wetland types of the Paraná river floodplain. *Wetlands* 26 (2): 558-566.
- RODRÍGUEZ, R. J. C. 1996. Estudios taxoecológico y de la dinámica poblacional de macrófitas acuáticas flotantes en la Laguna Castellero de Caicara del Orinoco, estado Bolívar. Informe Final, Proyecto CI-2011-00685/94. Universidad de Oriente. Venezuela. 177 p.
- RODRÍGUEZ, R. J. C.; PALMA, J. 2000. Valor nutritivo del repollito de agua (*Pistia stratiotes* L.) y su posible uso en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical* (Venezuela) 18 (2): 213-226.
- ROOM, P. M.; JULIEN, M. H.; FORNO, I. W. 1989. Vigorous plants suffer most from herbivores: latitude, nitrogen and biological control of the weed *Salvinia molesta*. *Oikos* 54 (1): 92-100.
- ROSENTHAL, G. A.; BERENBAUM, M. R. 1991. Herbivores. Their interactions with secondary plant metabolites. Vol I: The Chemical participants. Academic Press INC. New York. Estados Unidos. 468 p.
- ROSENTHAL, G. A.; BERENBAUM, M. R. 1992. Herbivores. Their interactions with secondary plant metabolites. Vol. II: Evolutionary and ecological processes. Academic Press INC. New York. Estados Unidos. 493 p.
- SCULTHORPE, C. D. 1967. The biology of aquatic vascular plant. Edward Arnold, Ltd. Londres. Inglaterra. 610 p.
- SHEPPARD, A. W.; VAN KLINKEN, R. D.; HEARD, T. 2005. Scientific advances in the analysis of direct risks of weed biological control agents to non-target plants. *Biological Control* 35: 215-226.
- SHELDON, S. P.; CREED, R. P. JR. 1995. Use of a native insect as a biological control for an introduced weed. *Ecological Applications* 5 (4): 1122-1132.
- SHIH, C. I. T.; CHEN, H. Y.; WANG, C. J. 1994. Host range and preference of water hyacinth weevils, *Neochetina eichhorniae* Warner (Coleoptera: Curculionidae). *Chinese Journal of Entomology* 14: 281-290.
- SOUZA, O. W. 2008. Curculionídeos (Insecta, Coleoptera) associados às macrófitas aquáticas no pantanal Mato-Grossense e Amazônia Central: Taxonomia, ecologia, testes alimentar e de mergulho. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil. 179 p.
- TIPPING, P. W.; CENTER, T. D. 2005. Influence of plant size and species on preference of *Cyrtobagous salviniae* adults from two populations. *Biological Control* 32: 263-268.
- WATERHOUSE, D. F.; NORRIS, K. R. 1987. *Eichhornia crassipes* (Marthius) Solms-Laubach. pp. 332-341. En: Waterhouse, D. F.; Norris, K. R. (Eds.). *Biological control pacific prospect*. Inkata Press. Melbourne. Australia. 454 p.
- WHEELER, G. S.; CENTER, T. D. 2007. Hydrilla stems and tubers as hosts for three *Bagous* species: two introduced biological control agents (*Bagous hydrillae* and *B. affinis*) and one native species (*B. restrictus*). *Environmental Entomology* 36 (2): 409-415.
- ZAMORA, R. J.; HODAR, A.; GÓMEZ, J. M. 1999. Plant-herbivore interaction beyond a binary vision. pp. 677-718. En: Pugnaire, F.; Valladares, F. (Eds.). *Handbook of functional plant ecology*. Marcel Dekker. New York. Estados Unidos. 920 p.

Recibido: 17-abril-2012 • Aceptado: 24-abr-2013

Scarabaeidae y Trogidae (Coleoptera) necrófilos de Acahuizotla, Guerrero, México

Necrophilous Scarabaeidae and Trogidae beetles (Coleoptera) from Acahuizotla, Guerrero, Mexico

CUAUHTÉMOC DELOYA^{1,2,3}, MARTHA MADORA-A.¹ y DANTE COVARRUBIAS-M.²

Resumen: Durante un año de muestreos sistemáticos mensuales de octubre 2007 a septiembre 2008 en Acahuizotla, Guerrero, utilizando la necro-trampa permanente del tipo NTP-80 en dos fragmentos de bosque tropical caducifolio, un bosque de encino y un acahual (vegetación perturbada) establecidos en un gradiente altitudinal entre los 790 m y 956 m, se obtuvieron 4,180 especímenes de Scarabaeidae y Trogidae que representan nueve géneros con 19 especies. *Canthon*, *Onthophagus* y *Phanaeus* suman el 52,63% de la riqueza obtenida. Los sitios más distantes fueron en parte los más complementarios en su composición de especies. La menor complementariedad se presentó entre los fragmentos con bosque tropical caducifolio y el bosque de encino/acahual.

Palabras clave: Necrófilos. Diversidad. Scarabaeidae. Trogidae. México.

Abstract: Monthly surveys were conducted over a year, between October 2007 and September 2008, in Acahuizotla, State of Guerrero, in two fragments of a tropical deciduous forest, a disturbed area vegetation (acahual) and an oak forest of oak, established in a altitudinal gradient ranging from 790 m to 956 m. The total of 4,180 specimens Scarabaeidae and Trogidae were captured through a permanent NTP-80 trap, representing nine genera and 19 species. *Canthon*, *Onthophagus* and *Phanaeus* represent 52.63% of the richness of Scarabaeidae. The more distant sites were complementary in their species composition. The lowest complementarity occurred between sites with tropical deciduous forest and an oak forest/disturbed vegetation.

Key words: Necrophilous. Diversity. Scarabaeidae. Trogidae. Mexico.

Introducción

México posee uno de los patrimonios biológicos más importantes del mundo, motivo por el cual es incluido en los 12 países que poseen mayor biodiversidad (Mittermeier y Goettsch 1992), entendiéndose ésta como la variabilidad de formas de vida así como sus interacciones entre sí y con el ambiente físico (Soulé 1991). Esta diversidad es resultado de muchos factores, como la gran variedad de hábitats, la mezcla de flora y fauna de diferente origen biogeográfico, resultado de la historia geológica del país, así como un alto índice de endemismos; ello hace que la diversidad biológica no se encuentre distribuida equitativamente y existan zonas privilegiadas donde es mayor que en otras. El estado de Guerrero ocupa el cuarto lugar con mayor diversidad en el país después de Oaxaca, Chiapas y Veracruz (Mittermeier y Goettsch 1992). Es por todos conocido que el cambio de uso del suelo en todas sus formas impacta los sistemas naturales, y como lo han enfatizado Sánchez *et al.* (2008), impacta negativamente la permanencia de la biodiversidad del país e impone grandes retos para su conservación.

Con el estudio de la entomofauna necrófila de la región de Jojutla, Morelos (Deloya *et al.* 1987) se inició el proyecto “Escarabajos necrófilos asociados al bosque tropical caducifolio de México”. A la fecha se han estudiado siete localidades más: Acahuizotla, Guerrero (Delgado *et al.* 1989), Tepexco, Puebla (Deloya 1992), Tepoztlán, “Los Hornos” y Huautla, Morelos (Deloya 1996, 2003; Gómez Jaimes 2005), El Salto, Guerrero (Reyes Cabrera 2001) y Malinalco, México (Trevilla-Rebollar *et al.* 2010). En estos 25 años, en las ocho localidades, se ha documentado la distribución de 50 especies de la escarabeidofauna necrófila asociada al bosque tropical

caducifolio de la Cuenca del Balsas, donde se ha observado una riqueza entre 13 (Jojutla) y 28 especies (Malinalco).

Ante lo escaso o lo incompleto de estudios realizados en el estado de Guerrero que permitan monitorear el efecto de los cambios en el ambiente en comunidades naturales y modificadas, se realizó el presente estudio, cuyo objetivo fue analizar la diversidad, fenología, abundancia y riqueza de las especies de escarabajos necrófilos (Scarabaeidae y Trogidae) que habitan en una área transicional -bosque tropical caducifolio y bosque de *Quercus*- en Acahuizotla, Guerrero, además de realizar una comparación con otras faunas equivalentes previamente estudiadas a nivel paisaje en la Cuenca del Balsas, México.

Área de estudio. La Sierra del Alquitrán (Acahuizotla-Buenavista) es considerada en la Agenda Ambiental del estado de Guerrero, como una “área o ecosistema prioritario”. Biológicamente es zona de gran importancia, por la confluencia de elementos neárticos y neotropicales con ecotonos poco usuales. En general, las partes medias y altas están cubiertas por bosque de pino o pino-encino y las bajas por bosque tropical caducifolio, aunque en varios lugares esta distribución en pisos altitudinales se encuentra invertida. En algunas ocasiones, entre ambas comunidades se intercala un bosque de encino-pino o bosque de encino (BE), como sucede en Acahuizotla.

Acahuizotla (830 msnm) es una localidad del municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México en la Sierra Madre del Sur. El clima es cálido subhúmedo A(C)w₀(w)(i)w”, con precipitación anual de 771,5 mm y temperatura media anual de 22,49 °C (Estación climática Chilpancingo, CONAGUA 2007-2008; García, 1988). La vegetación en

^{1,2,3} Dr. Instituto de Ecología, A.C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México. cuauhtemoc.deloya@inecol.edu.mx. Autor para correspondencia. ² Dr. Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Guerrero, México. dcova@uagro.mx. ³ Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Universidad s/n, Chilpancingo, Guerrero, México.

mosaicos presenta bosque de *Quercus* (BQ), bosque tropical caducifolio (BTC), bosque de galería (BG) y pastizales inducidos (PI). Ojendiz Aley y Rodríguez López (2011) registran para Acahuizotla 83 familias, 221 géneros con 266 especies de Magnoliophyta (95,87%) y Pteridophyta (4,13%) en el BTC, BG y PI; las formas biológicas están representadas por el estrato arbóreo (25%), arbustivo (20%), herbáceo (40%), bejucos (14%) y epifitas (1%). Con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Sideroxylon capiri* (DC.) Pittier, 1912 (Sapotaceae) y *Zinnia violacea* Cav., 1791 (Asteraceae) se encuentran en la categoría de amenazadas; *Bouvardia loesneriana* Standl., 1936 (Rubiaceae) en protección especial, y *Sideroxylon cartilagineum* (Cronquist) Penn., 1990 (Sapotaceae) y *Dalbergia congestiflora* Pittier, 1922 (Fabaceae) en peligro de extinción.

Se seleccionaron dos fragmentos del bosque tropical caducifolio (BTC), un acahual o vegetación secundaria y un fragmento de bosque de encino (BE): a) BTC-1 (17°21'2,80"N 99°26'56,59"O) ubicado a 790 msnm, estrato arbóreo con altura entre 10-15 m, cobertura vegetal del 59,8%, especies dominantes de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., 1860, *Ficus* spp., *Plumeria rubra* L. 1753, *Guazuma ulmifolia* Lam., 1789 y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., 1844; el fragmento fue perturbado por ampliación de vereda a camino de terracería para introducir cableado eléctrico a la comunidad de San Roque; b) BTC-2 (17°22'1,5"N 99°27'36,9"O) ubicado a 877 msnm, estrato arbóreo con altura entre 8-12 m, cobertura vegetal de 76,96%, especies dominantes de *Coccoloba barbadensis* Jacq., 1760, *Anona* sp., *Psidium guajava* L., 1753 y arbustos como *Brosimum alicastrum* Swartz, 1788 y *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch, 1834; c) acahual (17°22'37,17"N 99°27'17,13"O) a 944 msnm, estrato arbóreo de 4-6 m, cobertura vegetal del 41,5% con vegetación secundaria compuesta por *Acacia pennatula* (Schlechtendall & Cham.) Benth., 1842 y *Acacia hindsii* (Benth., 1842); d) BE (17°21'59"N 99°28'12,06"O) a 956 msnm, estrato arbóreo de 3-4 m, cobertura vegetal del 37,42%, especies de *Quercus conspersa* Benth., 1842 y *Q. magnifolia* Née, 1801, con algunos manchones puros y mezclados de *Pinus* hacia la periferia, y con menor abundancia *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, 1821.

Material y métodos

Los muestreos sistemáticos mensuales se realizaron entre octubre 2007 a septiembre del 2008. En cada sitio se colocaron cuatro necro trampas permanentes del tipo NTP-80 (Morón y Terrón 1984), obteniendo 192 muestras.

Análisis de datos. Registro del número de especies obtenidas (Riqueza específica S = diversidad alfa) y número total de ejemplares (N) para cada sitio. Para evaluar el esfuerzo de muestreo se utilizaron cuatro estimadores no paramétricos, ACE, Cho 1, Jack 1 y Bootstrap, obtenidos por medio del programa EstimateS versión 8.2 (Colwell 2009). Para medir la disimilitud en la composición de especies entre pares de localidades, se utilizó la complementariedad (C_{AB}), que se calcula a través de la riqueza total para ambos sitios combinados, $S_{AB} = a + b - c$, donde a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B y c es el número de especies en común entre los sitios A y B, y el número de especies únicas en cualquiera de los dos sitios $U_{AB} = a + b - 2c$. A partir de estos dos valores se calcula la complementariedad de los sitios A y B como:

$C_{AB} = U_{AB} / S_{AB}$. Así, la complementariedad varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en cuanto a composición de especies, hasta uno, cuando las especies de cada sitio son completamente distintas (Moreno 2001).

Para establecer si existe correlación entre la precipitación y la riqueza mensual obtenida, se realizó la correlación de Spearman (Zar 1999). Para determinar la distribución en términos de abundancia que siguen las especies dominantes en las cinco comunidades estudiadas, se utilizó el modelo de dominancia/diversidad o Whittaker plots, obtenido del log10 de la proporción de individuos de cada una de las especies (Magurran 1989). Para la diversidad beta con otras localidades de México, con condiciones similares a Acahuizotla, se utilizó el coeficiente de similitud de Sorensen cualitativo, que expresa el grado en que dos lugares son semejantes por las especies presentes en ellos, se calcula por la fórmula $Q_s = 2s / (N_1 + N_2)$, donde Q_s es la proporción de similitud, s el número de especies compartidas, N_1 el número de especies del sitio 1 y N_2 el del sitio 2 (Magurran 1989). Parte de los especímenes estudiados se encuentran depositados en la Colección Entomológica IEXA, Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa, Veracruz, México).

Resultados y discusión

Se obtuvieron 4.108 especímenes de Scarabaeidae y Trogidae que representan nueve géneros con 19 especies (Tabla 1).

Riqueza específica y abundancia. A nivel familia, la mayor riqueza específica se observó en Scarabaeidae con 17 especies. Trogidae sólo representa el 10,52% de la riqueza obtenida. Los géneros *Canthon*, *Onthophagus* y *Phanaeus* incluyen el 52,63% de las especies de Scarabaeidae. A nivel de comunidad, la mayor riqueza se obtuvo en el BTC-1 y BTC-2 ($S = 16$), mientras que en el acahual donde la cobertura vegetal primaria ha sido removida (cobertura vegetal 41,5%), y esto influye en la menor presencia de especies umbrofilas, se obtuvo la menor riqueza ($S = 11$). En contraste con la riqueza, la mayor abundancia se obtuvo en el BTC-2 (39,87%), sitio que actualmente presenta una mayor cobertura vegetal (76,96%) y, por lo tanto, las condiciones originales de sombra y humedad tienden a mantenerse, en comparación con su equivalente del BTC-1 que ha sido severamente alterado por la ampliación de una vereda y la introducción de servicios de energía eléctrica al poblado de San Roque, donde la abundancia representa el 22%.

Coprophanaeus pluto fue la especie dominante en el BTC-1 (44,57%) y BTC-2 (29,05%) y *A. rodriguezi* en el acahual (43,21%) y BE (41,03%). Estas dos especies y otras cinco más abundantes (*D. amplicollis*, *D. g. sublaeve*, *C. edmonsi*, *D. tumidum*, *A. halfpteri*) se encuentran presentes en los cuatro sitios y reúnen el 77,06% del total de la abundancia relativa (Tabla 1). Se ha observado en otras localidades que *C. pluto* habita tanto en terrenos boscosos como abiertos (Deloya *et al.* 1987; Deloya 1992, 2003, 1996; Rabadán Gutiérrez *et al.* 2002). En Acahuizotla es la especie más abundante y ocurre en los cuatro sitios.

Hasta el momento *O. villanuevai* es una especie endémica del estado de Guerrero, exclusiva de Acahuizotla y descrita originalmente del BTC-2 con 213 especímenes (Delgado y Deloya 1990). Después de 20 años solo se capturaron 33 especímenes, esto podría sugerir que las condiciones del hábitat han cambiado en un periodo corto de tiempo y que han

Tabla 1. Abundancia y riqueza de Scarabaeidae y Trogidae en Acahuizotla, Guerrero, México (BTC-1, BTC-2: bosque tropical caducifolio; BE: bosque de encino).

Especie / Sitios	BTC-1	BTC-2	Acahual	BE	Total
<i>Ateuchus halfpteri</i> Kohlmann, 1981	8	5	27	55	95
<i>Ateuchus rodriguezi</i> (DeBorre, 1886)	71	45	344	316	776
<i>Canthidium smithi</i> Bates, 1889	1	1	0	3	5
<i>Canthon femoralis</i> (Chevrolat, 1834)	31	202	4	0	237
<i>Canthon edmonsi</i> Arnaud, 1997	15	108	19	3	145
<i>Canthon antoniomartinezi</i> Rivera-C. y Halfpiter, 1999	4	1	0	0	5
<i>Canthon c. cyanellus</i> LeConte, 1859	5	15	4	9	33
<i>Coprophanaeus pluto</i> (Harold, 1863)	403	476	236	294	1.409
<i>Deltochilum gibbosum sublaeve</i> Bates, 1887	41	20	95	60	216
<i>Deltochilum tumidum</i> Howden, 1966	28	55	8	1	92
<i>Dichotomius amplicollis</i> (Harold, 1869)	280	98	43	7	428
<i>Omorgus rodriguezae</i> Deloya, 2005	7	15	11	7	40
<i>Omorgus rubricans</i> Robinson, 1946	0	240	2	0	242
<i>Onthophagus hoepfneri</i> (Harold, 1869)	0	1	0	0	1
<i>Onthophagus rostratus</i> (Harold, 1869)	1	324	0	0	325
<i>Onthophagus villanuevai</i> Delgado y Deloya, 1990	1	32	0	0	33
<i>Phanaeus daphnis</i> Harold, 1863	5	0	0	0	5
<i>Phanaeus florhi</i> Nevinson, 1892	3	0	0	0	3
<i>Phanaeus halfpteriorum</i> Edmonds, 1979	0	0	3	15	18
Abundancia	904	1.638	796	770	4.108
Riqueza	16	16	12	11	19

afectado la población de esta especie. Lo que podría sugerir que *O. villanuevai* es una especie en peligro de extinción y que se necesitan realizar estudios autoecológicos para definir el estatus de su población.

En Acahuizotla se han registrado nueve géneros con 21 especies necrófagas de Scarabaeidae y Trogidae atraídas a las necro trampas (Delgado Castillo *et al.* 1989). Las 19 especies obtenidas muestran una disminución del 9,52% en la riqueza específica en esta localidad; además en algunas especies la abundancia fue mayor, como *O. rostratus* y *C. pluto* que pasaron de uno y 325 especímenes, en 1989, a 325 y 1409 especímenes, respectivamente, en 2007-2008. Estas diferencias podrían sugerir que la estructura de la comunidad ha cambiado. De acuerdo con Halfpiter *et al.* (2001), los escarabajos copro-necrófagos, pueden ser considerados un grupo indicador afín a otros grupos no inventariables (flora y fauna) y permiten evaluar los cambios ambientales, evaluando el impacto por diferentes tipos de perturbaciones. Si esto es correcto, entonces para Acahuizotla se podría sugerir que la estructura del paisaje ha sido modificada drásticamente y está afectando las poblaciones de estos insectos. Como ya fue mencionado para *O. villanuevai*, podríamos estar observando el proceso de extinción de una especie endémica, o de otras especies de escarabajos a nivel local, debido a efectos de las actividades humanas, como el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias, sobre explotación de los recursos naturales que simplifican el paisaje y, probablemente, ha provocado que especies sensibles a estos cambios ya no estén presentes en la localidad. Estudios realizados en Colombia con escarabajos coprófagos (Medina y Kattan 1996; Escobar 1997; Amat *et al.* 1997; Escobar 2000), en distintos tipos

de bosques se ha observado que las modificaciones drásticas como la fragmentación y transformación de los hábitats, modifican la riqueza, abundancia y composición de las especies a causa de los cambios en las condiciones micro climáticas y oferta del recurso. Barraza *et al.* (2010) observaron la sensibilidad del gremio coprófago a distintos niveles de intervención antrópica en un paisaje de bosque tropical seco, en Santa Marta, Colombia.

De las 19 especies obtenidas, ocho se encuentran asociadas al bosque tropical caducifolio y acahual, nueve están distribuidas en los cuatro sitios. *P. halfpteriorum* y *C. smithi* son más abundantes en el BE que en el acahual (Tabla 1). Con excepción del BTC-2 (65-89%), el esfuerzo de muestreo refleja que se obtuvo un porcentaje superior al 78% para cada uno de los ambientes (BTC-1: 78-90%; acahual: 82-100%; BE: 86-100%). Las estimaciones obtenidas son similares para otros estudios realizados en el Sur de Morelos, Cuernavaca, Centro de Veracruz, Los Tuxtlas y Malinalco (Deloya *et al.* 1993, 1995, 2007; Favila 2005; Trevilla-Rebollar *et al.* 2010). *Coprophanaeus pluto*, *A. halfpteri*, *D. amplicollis*, *O. rostratus* y *O. rubricans*, reúnen el 77,38% de la abundancia relativa. El BTC-2 obtuvo la mayor abundancia relativa (39,87%).

Con excepción de marzo, los escarabajos necrófilos se encuentran activos todo el año (Fig. 1). La mayor riqueza se presentó en agosto (15), noviembre (13), octubre (11), junio (11) y julio (11) y la menor durante enero (3), febrero (1) y abril (1). La abundancia mensual es similar a la observada en otros estudios por Morón *et al.* (1988), Deloya *et al.* (1996), Trevilla-Rebollar *et al.* (2010), en Chamela, Jalisco, Sur de Morelos y Malinalco, México, donde la abundancia es mayor al inicio (n = 666) y al final de la época de lluvias (n =

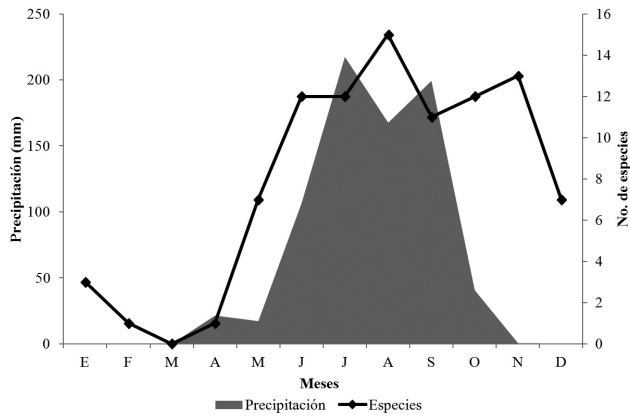


Figura 1. Riqueza y precipitación mensual de las especies de Scarabaeidae y Trogidae de Acahuizotla, Guerrero, México.

1.201), decreciendo en la época de secas de diciembre-abril (Tabla 2). Este patrón de abundancia puede deberse a que algunas especies de Scarabaeinae presentan su mayor abundancia al inicio de las lluvias y otras un mes después (Delgado 1989; Deloya 1992, 2003). *Ateuchus halfptieri*, *C. pluto* y *D. gibbosum*, que han sido registradas como bivoltinas en Acahuizotla, Guerrero (Delgado 1989), en Tepexco, Puebla son univoltinas (Deloya 1992); mientras que en “Los Hornos” (Morelos) *C. pluto* y *D. gibbosum* son univoltinas y *C. cyanellus* trivoltina (Deloya 2003). En el presente estudio, *C. pluto* y *D. amplicollis* pueden considerarse bivoltinas.

Diversidad. El BTC-2 obtuvo la mayor diversidad de especies ($H' = 2,028$) y equidad ($E' = 0,4747$). Aunque el BTC-1

($H' = 1,557$) y el acahual ($H' = 1.533$) presentan similar diversidad de especies, el acahual presenta mayor equidad ($E' = 0,386$), en cambio la menor diversidad se presentó en el BE ($H' = 1,387$) y la menor equidad en el BTC-1 (0,2966).

Estacionalidad y altitud. La región presenta una marcada estacionalidad, con una época de lluvias corta de junio-septiembre donde se concentra el 89,56% de la precipitación anual (691 mm), y una época de secas larga de octubre-mayo con precipitaciones no mayores a 80,5 mm. La actividad inicia en mayo y se incrementa durante la época lluviosa en los cuatro sitios. Esta relación con la precipitación ha sido observada en Malinalco, donde además se alcanzan los valores máximos de riqueza (Trevilla *et al.* 2010). En Acahuizotla los valores máximos al inicio de las lluvias se observan el BTC-1, Acahual y BE, en el BTC-2 los valores más altos se observan hacia el final de época lluviosa (octubre-noviembre). La correlación de Spearman entre la precipitación y la riqueza mensual, fue positiva en el BTC-1 ($r = 0,792185$, $P < 0,05$) y acahual ($r = 0,756661$, $P < 0,05$), y sin correlación en el BTC-2 ($r = 0,558722$, $P < 0,05$) y BE ($r = 0,238745$, $P < 0,05$). Sin embargo habría que considerar que los datos de precipitación y temperatura fueron obtenidos de Chilpancingo, estación meteorológica que a pesar de estar relativamente cercana a la localidad de estudio, se observan diferencias a nivel altitudinal y de vegetación.

En la época de lluvias coexisten 16 especies y en la de secas 14 especies. Once especies se encuentran presentes en las dos épocas, cinco especies en lluvias (*P. florhi*, *P. halfptierorum*, *P. daphnis*, *O. rostratus* y *O. hoepfneri*) y tres en secas (*C. antoniomartinezi*, *C. smithi*, *O. rubricans*).

En el pequeño gradiente altitudinal (790-956 msnm) se puede observar que conforme se incrementa la altitud dis-

Tabla 2. Abundancia mensual de Scarabaeidae y Trogidae en Acahuizotla, Guerrero, México.

Especies / Mes	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	Total
<i>Ateuchus halfptieri</i>	2	3	0	0	0	0	1	5	60	11	6	7	95
<i>Ateuchus rodriguezi</i>	491	146	43	2	0	0	0	1	56	21	4	12	776
<i>Canthidium smithi</i>	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Canthon antoniomartinezi</i>	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Canthon cyanellus</i>	5	2	1	0	0	0	0	14	9	1	1	0	33
<i>Canthon edmonsi</i>	58	21	2	0	0	0	0	0	33	9	14	8	145
<i>Canthon femoralis</i>	71	143	5	0	1	0	0	0	12	1	3	1	237
<i>Coprophanaeus pluto</i>	379	80	4	0	0	0	0	1	163	326	302	154	1.409
<i>Deltochilum g. sublaeve</i>	25	12	2	1	0	0	0	14	55	62	30	15	216
<i>Deltochilum tumidum</i>	12	1	0	0	0	0	0	35	17	16	9	2	92
<i>Dichotomius amplicollis</i>	122	3	0	0	0	0	0	0	250	38	12	3	428
<i>Omorgus rodriguezae</i>	0	0	1	0	0	0	0	27	5	4	3	0	40
<i>Omorgus rubricans</i>	0	240	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	242
<i>Onthophagus hoepfneri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Onthophagus rostratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	186	78	325
<i>Onthophagus villanuevai</i>	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	33
<i>Phanaeus daphnis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
<i>Phanaeus florhi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
<i>Phanaeus halfptierorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	6	1	18
Abundancia	1.201	657	58	5	1	0	1	97	666	561	579	282	4.108
Riqueza específica	12	13	7	3	1	0	1	7	12	12	15	11	19
Precipitación (mm)	40,7	0,6	0,4	0	0	0	21,5	17,3	107	217	168	199	771,5

Tabla 3. Similitud específica de la fauna necrófila de Scarabaeidae y Trogidae de Acahuizotla, Guerrero, con otras localidades de la Cuenca del Balsas (Deloya *et al.* 1987; Deloya 1992, 1996, 2003; Rabadán Gutiérrez *et al.* 2002).

Especie / Localidad	Acahuizotla Guerrero	Centro Guerrero	Los Hornos Morelos	Jojutla Morelos	Tepexco Puebla	Tepoztlán Morelos
Muestreo (año)	X-2007 / IX-2008	II-2000 / I-2001	IV-1999 / III-2000	VIII-1984 / VI-1985	V-1989 / VI-1990	V-1990 / IV-1991
Altitud (msnm)	873	1.250	1.000	1.200	1.230	1.500
Número de especies	19	12	15	13	21	19
especies compartidas		9	9	7	8	7
Distancia (km)		32	132	138	162	183
Similitud (QS: Sorensen, 1948)		0,59	0,53	0,44	0,40	0,37

minuye la riqueza ($S_{790m} = 16$; $S_{877m} = 16$; $S_{944m} = 12$; $S_{956m} = 11$). Resultados similares han sido observados en gradientes altitudinales mayores como el bosque mesófilo de montaña (1.000-1.400 msnm) en Veracruz y Malinalco (1.253-2.300 msnm), México (Deloya *et al.* 2007; Trevilla-Rebollar *et al.* 2010). Nueve especies coexisten en los cuatro sitios (*C. pluto*, *A. rodriguezi*, *D. amplicollis*, *D. g. sublaeve*, *C. edmonsi*, *D. tumidum*, *A. halfferi*, *C. cyanellus*, *O. rodriguezi*), y al menos una especie, con menos de dos individuos, puede considerarse en la categoría de rara. El 47,36% de la riqueza específica se encuentra ampliamente distribuida en los cuatro sitios, un 10,52% son exclusivas del BTC-1 y el 5,26% del BTC-2. En las curvas de dominancia/diversidad (Fig. 2), se observa que la abundancia general presenta muchas especies abundantes (10), y pocas raras o con pocos ejemplares que representan solo el 1,70% de la riqueza. Este resultado es diferente al observado por Deloya *et al.* (2007), Navarrete y Halffer (2008) y Trevilla-Rebollar *et al.* (2010), quienes registran un patrón de pocas especies dominantes y una tendencia de muchas especies con poca abundancia, con excepción del acahual donde las abundancias se encuentran más equidistantes.

Diversidad beta. Las distancias entre pares de sitios varían entre 1,04 Km a 2,71 Km y las similitudes obtenidas son mayores a 0,65 (acahual/BE_{1,04 Km} = 0,86; BTC-1/BTC-2_{1,85 Km}

= 0,80; BTC-2/acahual_{1,26 Km} = 0,75; BTC-2/BE_{1,04 Km} = 0,71; BTC-1/BE_{2,57 Km} = 0,69; BTC-2/acahual_{2,71 Km} = 0,66).

Al comparar la fauna necrófila de Scarabaeidae y Trogidae de Acahuizotla con otras localidades ubicadas en la parte alta de la Cuenca del Balsas (Deloya *et al.* 1987; Deloya 1992, 1996, 2003; Rabadán Gutiérrez *et al.* 2002), se observa que conforme más alejadas estén entre sí, menor es la similitud específica (QS: Sorensen 1948), la mayor similitud es con la localidad más cercana (32 Km), Región Centro de Guerrero (0,58) y la menor con Tepoztlán (Morelos) separada 183 Km (Tabla 3), tal vez debido a la ubicación fisiográfica de la Provincia del Eje Neovolcánico en Morelos y de la subprovincia Sur de Puebla, en donde penetran los elementos característicos de la Cuenca del Balsas.

Complementariedad. El mayor número de especies compartidas fue de 14 y los pares de sitios con mayor complementariedad fueron los dos fragmentos de BTC con el Acahual (0,44), seguido por los fragmentos del BTC con el BE (0,41). Los sitios con menor complementariedad o más parecidos fueron los fragmentos entre sí del BTC (0,22) y el BE-Acahual (0,23), fragmentos que comparten un estrato arbóreo mayor (entre 8 - 15 m) o menor (3 - 6 m) y por ende mayor (59,8 - 76,9%) o menor (37,42 - 41,5%) cobertura vegetal, lo cual les confiere condiciones micro ambientales similares.

De los estudios previos realizados con las faunas necrófilas, se ha observado que los bosques tropicales perennifolios establecidos en Boca del Chajul (Chiapas) y “Los Tuxtlas” (Veracruz) coexisten entre 12 y 13 géneros y de 16 a 20 especies (Morón *et al.* 1985; Deloya y Morón 1998); en cambio los bosques tropicales caducifolios establecidos en la Cuenca del Balsas (“Los Hornos” y Jojutla-Morelos, Tepexco-Puebla, Región Centro-Guerrero) y Pacífico Mexicano (Chame-la, Jalisco y Puerto Ángel, Oaxaca) presentan menor riqueza genérica (8 - 11), pero la riqueza específica puede ser elevada entre 12 y 21 especies (Deloya *et al.* 1987; Noguera y Morón 1988; Deloya 1992, 2003; Deloya y Morón 1998; Rabadán Gutiérrez *et al.* 2002).

Agradecimientos

A Jesús Villanueva†, Guadalupe y Alicia Villanueva Jimón, por su hospitalidad en Acahuizotla. A Yanet Flores, Pablo García, Noé Gómez, Paulo Díaz, Elier Ramírez, Liliana Luna, Antonio Núñez, Galia Reyes, Wilfrido Bautista, Cauhtémoc Pérez y Cauhtémoc Tavira, por su invaluable apoyo en los muestreos. Al Dr. Ascencio Villegas Arrizón†, Rector de la Universidad Autónoma de Guerrero, por el apoyo reci-

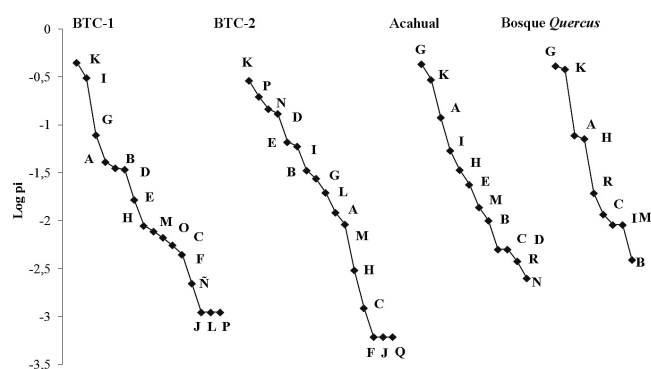


Figura 2. Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker 1965; Magurran 2004) de las especies de Scarabaeidae y Trogidae en Acahuizotla, Guerrero, México (BTC: bosque tropical caducifolio), A= *D. gibbosum sublaeve*, B= *D. tumidum*, C= *C. cyanellus*, D= *C. femoralis*, E= *C. edmonsi*, F= *C. antoniomartinezi*, G= *A. rodriguezi*, H= *A. halfferi*, I= *Dichotomius amplicollis*, J= *C. smithi*, K= *C. pluto*, L= *O. villanuevai*, M= *O. rodriguezae*, N= *O. rubricans*, Ñ= *P. daphnis*, O= *P. florhi*, P= *O. rostratus*, Q= *O. hoepfneri*, R= *P. halfferorum*.

bido para la realización de la estancia de investigación sabática del primer autor (abril 2011-marzo 2012).

Literatura citada

- AMAT, G.; LOPERA, A. T.; AMEZQUITA, S. 1997. Patrones de distribución de escarabajos coprófagos en relicto del bosque altoandino Cordillera Oriental de Colombia. *Caldasia* 19 (1-2): 191-204.
- BARRAZA, M., J.; MONTES F., J.; MARTÍNEZ H., N.; DELOYA, C. 2010. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del bosque tropical seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 36 (2): 285-291.
- COLWELL, R. K. 2009. Estimates 8.2.0 Statistical estimation of species richness and shared. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Programa libre.
- CONAGUA. 2008. Datos de precipitación temperatura. www.conagua.gob.mx/DLGro.
- DELGADO CASTILLO, L. L. 1989. Fauna de coleópteros Lamellicornios de Acahuizotla, Guerrero, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 154 p.
- DELGADO C., L.; DELOYA, C. 1990. Una nueva especie mexicana de *Onthophagus* Latreille 1802, del grupo "clypeatus" (Col. Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Annales de la Société Entomologique de France* 26 (3): 301-306.
- DELGADO C., L.; DELOYA, C.; MORÓN, M. A. 1989. Los macrocoleópteros necrófagos de Acahuizotla, Guerrero, México. pp. 95-96. En: Resúmenes del XXIV Congreso Nacional de Entomología, Oaxtepec, Morelos. Sociedad Mexicana de Entomología, México.
- DELOYA, C. 1992. Necrophilous Scarabaeidae and Trogidae beetles of tropical deciduous forests in Tepexco, Puebla, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 52: 1-13.
- DELOYA, C. 1996. Los macro-coleópteros necrófilos de Tepoztlán, Morelos, México (Scarabaeidae, Trogidae, Silphidae). *Folia Entomológica Mexicana* 97: 39-54.
- DELOYA, C. 2003. Coleoptera Scarabaeidae y Trogidae necrófilos del Valle de Vázquez ("Los Hornos") Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 42 (2): 265-272.
- DELOYA, C.; MORÓN, M. A. 1998. Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) necrófagos de "Los Tuxtlas", Veracruz y Puerto Ángel, Oaxaca, México. *Dugesiana* 5 (2): 17-28.
- DELOYA, C.; RUIZ-LIZÁRRAGA, G.; MORÓN, M. A. 1987. Análisis de la entomofauna necrófila de Jojutla, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 73: 157-171.
- DELOYA, C.; BURGOS, A.; BLACKALLER, J.; LOBO, J. M. 1993. Los coleópteros lamellicornios de Cuernavaca, Morelos, México (Passalidae, Trogidae, Scarabaeidae y Melolonthidae). *Boletín Sociedad Veracruzana de Zoología* 3 (1): 15-55.
- DELOYA, C.; MORÓN, M. A.; LOBO, J. M. 1995. Coleoptera Lamellicornia (MacLeay, 1819) del sur del estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 65: 1-42.
- DELOYA, C.; PARRA-T., V.; DELFÍN-G., H. 2007. Fauna de Coleópteros Scarabaeidae- Laparosticti y Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al bosque mesófilo de montaña, cafetales bajo sombra y comunidades derivadas en el Centro de Veracruz, México. *Neotropical Entomology* 36 (1): 5-21.
- 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. 2000. Diversidad y Distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. pp. 197-210. Martín-Piera, F., J. J. Morrone y A. Melic (Eds.). Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica.
- FAVILA, M. E. 2005. Diversidad alfa y beta de los escarabajos del estiércol (Scarabaeinae) en Los Tuxtlas, México, pp. 209-219. En: Halffter G.; Soberón J.; Koleff P.; Melic, A. (Eds.). Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. M3m-monografías tercer milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS y CONACYT, Zaragoza, España. 242 p.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. En: Enriqueta García de Miranda, D.R. 1981. México, 217 p.
- GÓMEZ JAIMES, G. 2005. Los macro-coleópteros necrófilos (Scarabaeidae, Trogidae y Silphidae) de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis Profesional UNAM-Facultad de Estudios Superiores Iztacala, 64 p.
- HALFFTER, G.; MORENO, C. E.; PINEDA, E. 2001. Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T – Manuales y tesis SEA, vol. 2. Zaragoza, España. 79 p.
- MAGURRAN, A. E. 1989. Ecological diversity and its measurement. Croom Helm, Londres, Inglaterra. 256 p.
- MEDINA, C.; KATTÁN, G. 1996. Diversidad de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la Reserva Forestal de Escalerete. *Cespedesia* 21 (68): 89-102.
- MITTERMEIER, R.; GOETTSCHE, C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. pp. 57-62. En: Sarukan, J. A.; Dirzo, R. (Eds.). México ante los retos de la biodiversidad CONABIO, México.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.
- MORÓN, M. A.; TERRÓN, R. A. 1984. Distribución altitudinal de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 3: 1-47.
- MORÓN, M. A.; VILLALOBOS, F. J.; DELOYA, C. 1985. Fauna de Coleópteros Lamellicornios de Boca del Chajul, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 66: 57-118.
- MORÓN, M. A.; DELOYA, C.; DELGADO, L. 1988. Fauna de Coleópteros Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae de la región de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana* 77: 313-378.
- NAVARRETE, D.; HALFFTER, G. 2008. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: the effects of anthropogenic changes. *Biodiversity Conservation*. 17: 2869-2898.
- NOGUERA, F.; MORÓN, M. A. 1988. Diversidad y estacionalidad de los coleópteros lamellicornios necrófilos en la Costa del Estado de Jalisco. pp. 110-111. En: Resúmenes XXIII Congreso Nacional de Entomología, Morelia, Michoacán, México.
- NOM-059-SEMARNAT. 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30/12/2010.
- OJENDIZ ALEY, A.; RODRÍGUEZ LÓPEZ, R. 2011. Estudio florístico y vegetación de la localidad de Acahuizotla, Municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México. Tesis Profesional. Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, México. 73 p.
- RABADÁN G., Y. C.; DOMÍNGUEZ-ROSALES, M. S.; DELOYA, C. 2002. La macro-coleopterofauna necrófila de la Región Centro del estado de Guerrero, México. pp. 138-142. En: Romero-N. J.; Estrada V., E. G.; Equihua-M., A. (Eds.). Entomología Mexicana, Volumen 1. Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Posgraduados, México, 1112 p.
- REYES CABRERA, G. 2001. Los coleópteros saprófagos (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) del "Salto de las Granadas", Guerrero, México. Tesis Profesional. ENEP-Iztacala, UNAM, México. 71 p.
- SÁNCHEZ C., V.; ILLOLDI, P.; LINAJE, M.; FULLER, T.; SARKAR, S. 2008. Por qué hay un costo en posponer la conservación de la diversidad biológica en México. *Biodiversitas* 76: 7-12.

- SOULÉ, M. E. 1991. Conservation: Tactics for a constant crisis. *Science, New Series* 253: 744-750.
- SORENSEN, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5: 1-34.
- TREVILLA R., A.; DELOYA, C.; PADILLA R., J. 2010. Coleópteros Necrófilos (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) de Malinalco, Estado de México, México. *Neotropical Entomology* 39 (4): 486-495.
- WHITTAKER, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147: 250-260.
- ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth edition. Prentice Hall, New Jersey, EEUU. 663 p.

Recibido: 17-may-2012 • Aceptado: 22-abr-2013

Especies nocturnas de Scarabaeoidea (Coleoptera: Polyphaga) en el norte de Sinaloa, México

Nocturnal species of Scarabaeoidea (Coleoptera: Polyphaga) in northern Sinaloa, Mexico

GABRIEL A. LUGO^{1,4}, MIGUEL Á. MORÓN², AGUSTÍN ARAGÓN³, LAURA D. ORTEGA¹,
ÁLVARO REYES-OLIVAS⁴ y BARDÓ H. SÁNCHEZ⁴

Resumen: Con la finalidad de inventariar la fauna de escarabajos lamellicornios en el norte de Sinaloa, entre julio y diciembre de 2008 se realizaron colectas con trampas de luz en tierras de cultivo, bosque caducifolio, bosque espinoso y matorral xerófilo, establecidos entre los 8 y 84 m de altitud en ocho localidades de los municipios de Ahome y El Fuerte, Sinaloa. Se obtuvieron 38.619 ejemplares que representan a 29 especies de los géneros *Phyllophaga*, *Diplotaxis*, *Paranomala*, *Pelidnota*, *Cyclocephala*, *Dyscinetus*, *Strategus*, *Xyloryctes*, *Ligyris*, *Oxygryllus*, *Megasoma*, *Omorgus*, *Copris*, *Digitonthophagus*, *Dichotomius*, *Hybosorus* y *Ptichopus*. La mayor riqueza correspondió a *Phyllophaga*, representado por 10 especies, entre las que predomina *Phyllophaga opaca*. Las especies más abundantes en las zonas de estudio fueron: *Cyclocephala sinaloae* (45,06%), *Oxygryllus ruginasus* (28,66%), *Phyllophaga opaca* (25,03%) y *Ph. cristagalli* (0,24%). La mayor abundancia de todas se presentó en julio (51,38%) lo cual coincidió con el inicio del periodo de lluvias. La mayor riqueza se observó en el Cerro de las Microondas, con 17 especies capturadas. *Phyllophaga yaqui*, *Diplotaxis ambigua*, *Dyscinetus picipes* y *Xyloryctes corniger* se registran por primera vez para el estado de Sinaloa.

Palabras clave: Dynastinae. Hybosoridae. Melolonthinae. Passalidae. *Phyllophaga*. Rutelinae. Scarabaeinae. Trogidae.

Abstract: Abundance and richness of nocturnal species of Scarabaeoidea in northern Sinaloa, were recorded by mean of light traps operated during July to December, 2008. Samples were obtained in cultivated lands, tropical deciduous forest and xeric scrub of eight localities of municipalities of Ahome and El Fuerte, located between 8 and 84 m of elevation. A total of 38,619 specimens belonging to 29 species of the genera *Phyllophaga*, *Diplotaxis*, *Paranomala*, *Pelidnota*, *Cyclocephala*, *Dyscinetus*, *Strategus*, *Oxygryllus*, *Megasoma*, *Dichotomius*, *Copris*, *Digitonthophagus* and *Hybosorus* were collected. *Phyllophaga* was the richest genus, with 10 species, among them *Phyllophaga opaca* was predominant. The most abundant species were: *Cyclocephala sinaloae* (45.06%), *Oxygryllus ruginasus* (28.66%), *Phyllophaga opaca* (25.03%) and *Ph. cristagalli* (0.24%). The highest number of scarab beetles (51.38%) was collected during July, coinciding with beginning of the rainy season. The locality with the greatest scarab richness was Cerro de las Microondas, where 17 species were collected. *Phyllophaga yaqui*, *Diplotaxis ambigua*, *Dyscinetus picipes* and *Xyloryctes corniger*, are recorded for the first time in the state of Sinaloa.

Key words: Dynastinae. Hybosoridae. Melolonthinae. Passalidae. *Phyllophaga*. Rutelinae. Scarabaeinae. Trogidae.

Introducción

El territorio del estado de Sinaloa ha sido poco explorado por los escarabeidólogos. La mayor parte de los datos existentes a la fecha proceden de colectas esporádicas publicados en trabajos monográficos o, en menor proporción, obtenidos en colectas regionales recientes. De las 1.713 especies de Scarabaeoidea citadas para México, de las cuales 151 se encuentran en Sinaloa (Morón *et al.* 1997; Lugo-García *et al.* 2011a, b), 45 de ellas son Scarabaeidae, cuatro Trogidae, 98 son Melolonthidae y cuatro de Passalidae. Sin embargo, dadas las condiciones climáticas cálidas a templadas, húmedas a secas, que se combinan en el estado y los numerosos tipos de vegetación silvestre establecidos en la intrincada topografía de la vertiente del Pacífico mexicano, asociadas con la escasa representatividad de las muestras disponibles, nos permiten estimar que pueden existir más de 250 especies de escarabaeoideos en el estado de Sinaloa.

Según Morón (2006a) es necesario realizar estudios faunísticos de Scarabaeoidea en las regiones menos exploradas de México para detectar las especies endémicas que nos

ayuden como indicadores para desarrollar hipótesis sobre los centros de diversificación y los refugios bióticos. Al mismo tiempo se puede obtener información sobre las especies con importancia agrícola y ambiental, para proponer otros estudios sobre regulación de escarabajos nocivos o manejo de especies que enriquecen las redes tróficas. Los resultados obtenidos durante los últimos 35 años con los estudios faunísticos de Scarabaeoidea en otras 26 localidades de 14 estados mexicanos, están siendo de utilidad para apoyar investigaciones de tipo agroecológico, sistemático y biogeográfico (Morón 2006a, b).

Con fundamento en lo antes citado, los objetivos del presente trabajo son contribuir al conocimiento de la riqueza, abundancia y distribución estacional de los Coleoptera Lamellicornia en el norte de Sinaloa, México, así como incluir una clave para determinar las especies encontradas.

Área de estudio. El área de estudio comprende terrenos agrícolas, vegetación natural y suburbana de dos municipios del norte de Sinaloa: 1) Ahome: El Colorado, Tosalibampo y El Carrizo; 2) El Fuerte: Presa Josefa Ortiz de Domínguez, Los

¹ Dr. Entomología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, 56230 Estado de México, México. gabriel_lugo9010@hotmail.com. ² Dr. Red de Biodiversidad y Sistemática, Instituto de Ecología A. C. Apartado Postal 63, Xalapa, 91000 Veracruz, México. miguel.moron@inecol.edu.mx, autor para correspondencia. ³ Dr. Departamento de Agroecología y Ambiente, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, San Manuel, 72570 Puebla, México. agustin.aragon@correo.buap.mx. ⁴ Dr. A. Reyes-Olivas., Ingeniero B. H. Sánchez. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Juan José Ríos, Ahome, 81110 Sinaloa, México. reyes_olivas@hotmail.com.

Terreros, Cerro de las Microondas, Jahuara II y Rancho Olguín (Tabla 1). La vegetación natural corresponde a bosque caducifolio, bosque espinoso y matorral xerófilo. El clima en las localidades dentro del área de estudio corresponde a los tipos muy secos (BW) y secos (BS), con precipitaciones de 326 a 607 mm anuales, temperaturas promedio de 23,5-25,6°C y extremas mensuales de 4,0 y 40,7 °C. La elevación varía entre los 8 y 84 msnm.

De acuerdo con Shreve (1937) en Sinaloa la especie dominante es *Acacia cymbispina* Sprengue et Riley [Fabaceae] que forma bosques abiertos como parques en la parte norte del estado, en cambio en el centro y sur de la misma entidad los bosques son bastante densos. Estos bosques alcanzan entre 5 y 8 m de altura y son relativamente ricos en su composición florística. Los árboles que se citan como más frecuentes cerca de Culiacán, Sinaloa son: *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm.) Britt. ("cardón") [Cactaceae], *Ipomoea arborescens* (H&B) Don ("palo blanco") [Convolvulaceae], *Acacia cymbispina* ("espinoso"), y *Prosopis laevigata* (H&B) Willd. ("mezquite" actualmente denominado *P. yaquiana* Palacios) [Fabaceae], así como *Jatropha cordata* (Ort.) Muell. [Euphorbiaceae], *Caesalpinia platyloba* Wats., *Cassia emarginata* L., *Cercidium torreyanum* (Wats.) Sarg., *Lonchocarpus megalanthus* Pitt., *Lysiloma divaricata* (Jacq.) Macbr., *Piscidia mollis* Rose, *Pithecellobium sonora* Wats., [Fabaceae], y *Zizyphus sonorensis* Wats. [Rhamnaceae], entre otros.

Gentry (1946) citó los siguientes árboles en el bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa: *Tabebuia palmeri* Rose, *T. chrysantha* (Jacq.) Nich. [Bignoniaceae], *Bombax palmeri* Wats., *Ceiba acuminata* (Wats.) Rose [Bombacaceae], *Bursera* spp. [Burseraceae], *Acacia cymbispina*, *Conzattia sericea* Stand., *Haematoxylon brasiletto* Karst., *Lysiloma divaricata* [Fabaceae] y *Psidium sartorianum* (Berg.) Nied. [Myrtaceae]. Del matorral de dunas costeras (dominado por plantas sarcocaulas) Reyes-Olivas (datos inéditos) ha encontrado: *Bursera laxiflora* S. Watson [Burseraceae], *Cylindropuntia fulgida* (Engelm.) F.M. Knut, *Ferocactus herrerae* J.G. Ortega, *Mammillaria mazatlanensis* K. Schum. ex Gürke, *Opuntia rileyi* J.G. Ortega, *Pachycereus schottii* (Engelm.) D.R. Hunt., *Stenocereus alamosensis* (J.M.Coult.)

A.C.Gibson & K.E.Horak, *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxbaum [Cactaceae], *Maytenus phyllanthoides* Benth. (Celastraceae), *Atriplex barclayana* (Benth.) D. Dietr., *Suaeda fruticosa* Forssk. [Chaenopodiaceae], *Euphorbia californica* Benth., *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll. Arg. [Euphorbiaceae], *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. [Fabaceae], *Fouquieria macdougalii* Nash [Fouquieriaceae] y *Phaulothamnus spinescens* Gray (Phytolaccaceae). En el matorral espinoso las especies predominantes son *Haematoxylon brasiletto*, *Mimosa laxiflora* Benth. *Pithecellobium sonora* y *Prosopis juliflora* [Fabaceae].

Materiales y métodos

Colecta de adultos. Durante julio a diciembre de 2008 en cada localidad se realizaron colectas nocturnas con una trampa de luz tipo pantalla provista con dos lámparas de luz fluorescente blanca de 150 W, abastecida con un generador portátil de gasolina, y una trampa de luz fluorescente negra de 20 watts tipo embudo, con un recipiente colector de 19 litros de capacidad, abastecida con una batería para automóvil, las cuales operaron de las 19:00 a 24:00 h. Los escarabajos se sacrificaron con vapores de acetato de etilo y etiquetaron con los datos de colecta. De esta forma se trasladaron al laboratorio de Entomología de la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte (UAS), en donde se procesaron con las técnicas convencionales de montaje en alfileres entomológicos. Se siguió el esquema de clasificación propuesto por Morón (2010) según el cual los Scarabaeoidea de México están representados por las familias Scarabaeidae, Melolonthidae, Cetoniidae, Geotrupidae, Ochodaeidae, Hybosoridae, Pleocomidae, Glaresidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. La determinación taxonómica se realizó con la ayuda de las claves dicotómicas de Vaurie (1958, 1960), Morón (1986, 1994), Morón *et al.* (1998) y se consultaron colecciones de referencia como las del Instituto de Ecología A. C. de Xalapa (IEXA) e Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (DAGAM). Los ejemplares estudiados están depositados en las colecciones entomológicas del DAGAM, IEXA y Universidad Autónoma de Sinaloa.

Tabla 1. Localidades de colecta y datos climáticos de la estación más cercana. Sinaloa, México.

Localidad	Coordenadas	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Altitud	Vegetación
El Colorado (Ahome)	25°48'46,2"N 109°19'3,0"O	326,2	24,5	9 m	Dunas costeras
Tosalibampo (Ahome)	25°59'13,0"N 109° 06'52,5"O	450,5	25,6	18 m	Matorral espinoso
El Carrizo (Ahome)	26°18'19,1"N 108°56'44,5"O	353,7	24,4	36 m	Cultivo de maíz
Cerro de las Microondas (Ahome)	26°19'00"N 108°53'59"O	390,9	24,1	63 m	Matorral espinoso
Presa JOD (El Fuerte)	26°25'00"N 108°43'0,03"O	607,5	24,4	98 m	Bosque espinoso
Los Terreros (El Fuerte)	26°21'1,30"N, 108°42'39,5"O	528,3	23,5	80 m	Cultivos de frijol, cacahuete y maíz de temporal
Rancho Olguín (El Fuerte)	26°25'30"N 108°35'52,8"O	607,5	24,4	95 m	Bosque espinoso
Jahuara II (El Fuerte)	26°13'37"N 108°57'19,0"O	353,7	24,0	30 m	Cultivo de maíz

Tabla 2. Lamelicornios colectados con trampas de luz en el norte de Sinaloa, México.

Familias	Subfamilias	Tribus	Especies	Ejs.	
Melolonthidae	Melolonthinae	Melolonthini	<i>Phyllophaga totoreana</i>	7	
			<i>Phyllophaga opaca</i>	9.670	
			<i>Phyllophaga lenis</i>	4	
			<i>Phyllophaga cristagalli</i>	94	
			<i>Phyllophaga nogueirana</i>	20	
			<i>Phyllophaga sinaloana</i>	3	
			<i>Phyllophaga juvenilis</i>	4	
			<i>Phyllophaga yaqui</i>	18	
			<i>Phyllophaga</i> sp.1	2	
			<i>Phyllophaga</i> sp.2	28	
		Diplotaxini	<i>Diplotaxis ambigua</i>	11	
			<i>Diplotaxis</i> sp.	24	
	Dynastinae	Cyclocephalini	<i>Cyclocephala sinaloae</i>	17.404	
			<i>Cyclocephala lunulata</i>	15	
			<i>Dyscinetus picipes</i>	4	
		Pentodontini	<i>Ligyrrus sallei</i>	17	
			<i>Oxygryllus ruginasus</i>	11.070	
		Oryctini	<i>Strategus aloeus</i>	33	
			<i>Xyloryctes corniger</i>	2	
		Dynastini	<i>Megasoma pachecoi</i>	16	
		Rutelinae	Anomalini	<i>Paranomala flavilla</i>	18
				<i>Paranomala</i> aff. <i>inconstans</i>	6
			Rutelini	<i>Pelidnota virescens</i>	41
Scarabaeidae	Scarabaeinae	Coprini	<i>Dichotomius colonicus</i>	2	
			<i>Copris lecontei</i>	1	
		Onthophagini	<i>Digitonthophagus gazella</i>	78	
Hybosoridae	Hybosorinae	-----	<i>Hybosorus illigeri</i>	23	
Trogidae	Troginae	-----	<i>Omorgus tessellatus</i>	3	
Passalidae	Passalinae	Passalini	<i>Ptichopus angulatus</i>	1	
Totales	5	7	11	29	38.619

Resultados y discusión

Se colectaron 38.619 ejemplares representantes de cinco familias, siete subfamilias, 11 tribus, 17 géneros y 29 especies (Tabla 2). Entre los géneros el más representado fue *Phyllophaga* con 10 especies. A continuación se indican los datos sobre la abundancia, hábitos, fenología y distribución geográfica de las taxa identificadas hasta el nivel de especie, y en el Apéndice 1 se incluye una clave para distinguirlas.

Melolonthidae, Melolonthinae

***Phyllophaga (Phytalus) totoreana* Morón, 2006a** (Fig. 2A). En agosto se colectaron cinco ejemplares en la presa Josefa Ortiz de Domínguez y dos en el cerro de las Microondas. En julio se encontró un ejemplar en la Bolsa de Tosalibampo. Solo se ha registrado para Sinaloa en El Zapotillo (aprox. 170 km al SO de El Fuerte), durante julio, en un bosque tropical caducifolio establecido a 25 m de altitud (Morón 2006c).

***Phyllophaga (Phytalus) sinaloana* Saylor, 1935** (Fig. 2C). En julio se localizaron tres machos en la Bolsa de Tosalibampo. Está incluida en el grupo “*pruinosa*” y se encuentran en diversos ambientes tropicales poco húmedos. Los adultos vuelan en julio y agosto, se desconocen sus huéspedes vegetales. Registrada en Nayarit y Sinaloa (Morón 2003b).

***Phyllophaga (Phyllophaga) opaca* (Moser, 1918)**. Se capturó en mayor abundancia en Lázaro Cárdenas, donde se colectaron 8.100 individuos en julio y agosto. En el Rancho Olguín y Los Terreros se localizaron solo en agosto 1.198 y 129 individuos respectivamente. En Jahuara II se capturaron 243 ejemplares. Está registrada en Chihuahua, Michoacán, Nayarit, Sinaloa y Sonora (Morón 2003b; Lugo-García *et al.* 2011a, b).

***Phyllophaga (Phyllophaga) lenis* (Horn, 1887)**. En total se colectaron cuatro ejemplares en agosto: uno en Lázaro Cárdenas, uno en Los Terreros, uno en El Colorado y uno en el Rancho Olguín. Los adultos se han observado consumiendo el follaje de “guapinol” (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae)



Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio en el norte del estado de Sinaloa, México.

en Nayarit (Morón *et al.* 1997) y está registrada en Chiapas, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Veracruz (Morón 2003b).

***Phyllophaga (Listrochelus) cristagalli* (Arrow, 1933).** En Lázaro Cárdenas se capturaron 60 individuos, durante julio y agosto. En Los Terreros y Rancho Olguín se capturaron 16 y 18 ejemplares respectivamente. Está registrada en Sinaloa y Sonora (Morón 2003b).

***Phyllophaga (Listrochelus) nogueirana* Morón, 2002** (Fig. 2B). En agosto se colectaron ocho ejemplares en el Cerro de las Microondas y dos en la Bolsa de Tosalibampo. En la presa Josefa Ortiz de Domínguez se capturaron 10 individuos en agosto y septiembre. Esta especie se ha encontrado en Sinaloa consumiendo el follaje de *Atriplex barclayana* ("chunary") (Chenopodiaceae), *Parkinsonia florida* ("brea") (Fabaceae), *Parkinsonia praecox* ("brea") (Fabaceae), *Prosopis juliflora* ("mezquite") (Fabaceae), *Fouquieria macdougalli* ("torote verde") (Fouquieriaceae), *Caesalpinia platyloba* ("palo colorado") (Fabaceae), y *Parkinsonia aculeata* ("bacaporo") (Fabaceae) (Aragón *et al.* 2010). Se ha registrado en Sonora y Sinaloa principalmente en selva baja caducifolia entre los 250 y 470 msnm (Morón 2003b).

***Phyllophaga (Listrochelus) yaqui* Saylor, 1940.** Perteneció al grupo "timida" y solo se había encontrado en las regiones de los valles del Yaqui y del Mayo, Empalme y Rancho Nuevo, Sonora (Morón 2002). En julio y agosto se colectaron 18 ejemplares en la Bolsa de Tosalibampo. Nuevo registro para Sinaloa.

***Phyllophaga (Listrochelus) juvenilis* (Fall, 1932).** Se colectaron cuatro ejemplares en agosto: uno en la Presa Josefa Ortiz de Domínguez, uno en la Bolsa de Tosalibampo y dos en el Cerro de las Microondas. Está registrada en Arizona, Sonora y Sinaloa (Morón 2003b). Los adultos se alimentan del follaje de *Mimosa laxiflora* ("mimosa") (Fabaceae) en el norte de Sinaloa (Aragón *et al.* 2010).

***Diplotaxis* Kirby, 1837.** Representado en las zonas de estudio por dos especies: se colectaron 11 ejemplares de *D. ambigua* Fall, 1909 (Fig. 1D) el 24 septiembre en la Bolsa de Tosalibampo, que forma parte del grupo "planidens" y se encuentra en Sonora (Morón *et al.* 1997). Se registra por primera vez para Sinaloa. Otra especie de *Diplotaxis*, nueva para la Ciencia y en proceso de descripción, estuvo representada en septiembre por 12 individuos encontrados en el Cerro de las Microondas, un ejemplar en El Colorado, y 11 individuos en la Bolsa de Tosalibampo.

Melolonthidae, Dynastinae

***Cyclocephala lunulata* Burmeister, 1847** (Fig. 2E). En Los Terreros durante agosto se capturaron seis individuos, uno en Lázaro Cárdenas; tres en El Colorado y cinco en la bolsa de Tosalibampo. Tiene una amplia distribución en casi todo México. Los adultos son una plaga importante para los frutos de varias especies cultivadas (Morón 1999). En el Valle del Carrizo, Sinaloa, Aragón *et al.* (2010) los encontraron alimentándose de los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) (Myrtaceae).

***Cyclocephala sinaloae* Howden & Endrödi, 1966.** Estuvo representada en las ocho localidades, lo cual manifiesta la

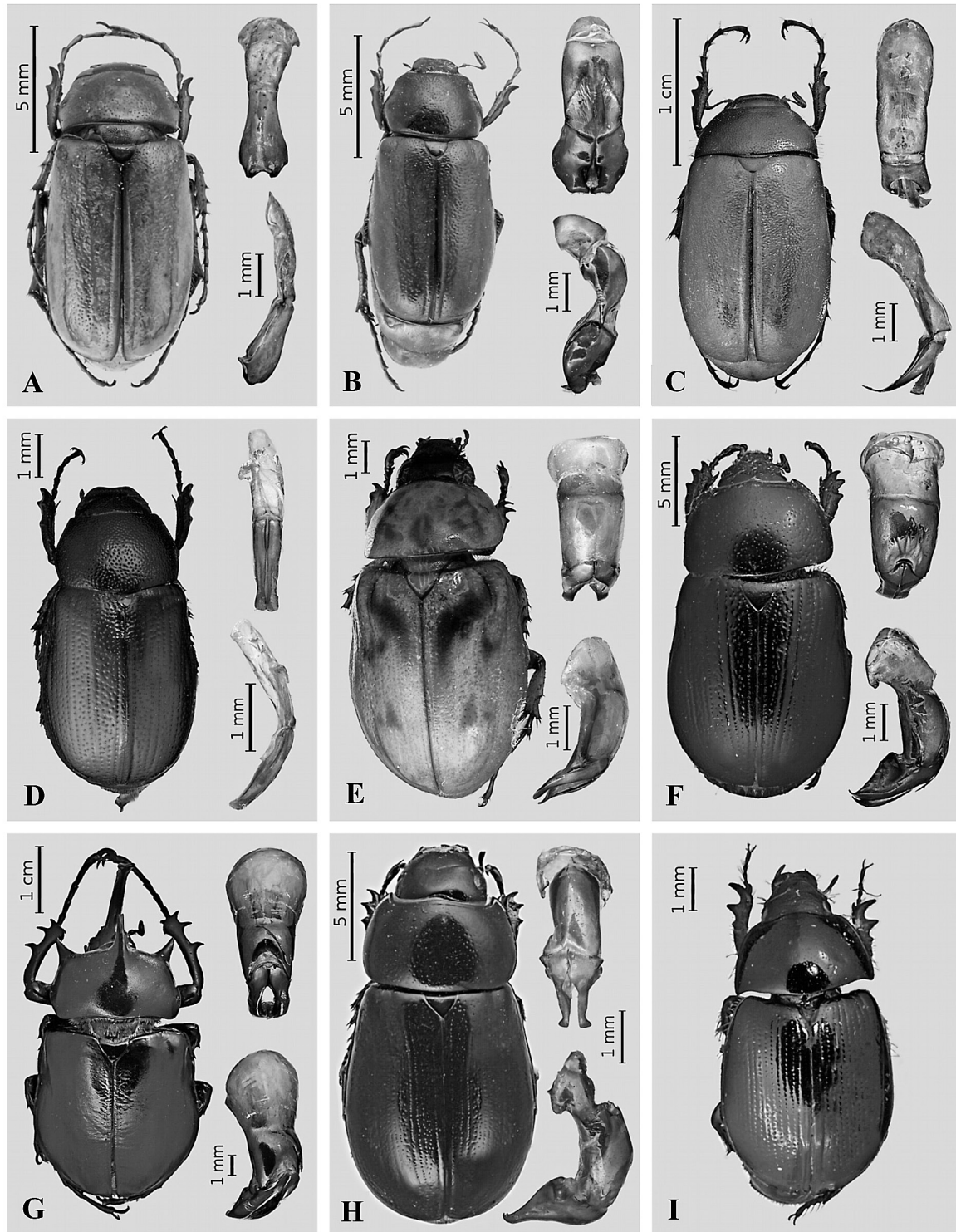


Figura 2. Habitus dorsal y cápsula genital masculina. **A.** *Phyllophaga totoreana*. **B.** *Ph. nogueirana*. **C.** *Ph. sinaloana*. **D.** *Diplo-taxis ambigua*. **E.** *Cyclocephala lunulata*. **F.** *Ligyrrus sillei*. **G.** *Megasoma pachei*. **H.** *Dyscinetus picipes*. **I.** *Hybosorus illigeri*.

amplia adaptabilidad que tiene en la zona de estudio. En julio se recolectaron 17.401 ejemplares en la zona agrícola, a diferencia de El Colorado donde en agosto presentó su mayor abundancia con únicamente tres ejemplares. Esta especie forma parte de la fauna restringida entre los estados de Sinaloa y Jalisco (Morón *et al.* 1998).

Dyscinetus picipes (LeConte, 1874) (Fig. 2H). Durante agosto en Lázaro Cárdenas se capturaron dos machos, una hembra en la presa Josefa Ortiz de Domínguez y en el Rancho Olguín se recolectó otro macho. Esta especie está registrada en los estados de Coahuila, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, San Luis Potosí,

Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y en el Distrito Federal, así como en el sur de EUA (Morón *et al.* 1997). Éste representa un nuevo registro para Sinaloa.

***Oxygryllus ruginasus* (LeConte, 1856).** Esta especie habita en el bosque tropical caducifolio, matorrales xerófilos, pastizales y comunidades vegetales secundarias establecidas entre el nivel del mar y los 1.500 m de altitud, en el suroeste de los EUA, Nuevo León, San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur (Morón *et al.* 1997). Las larvas se desarrollan en el suelo consumiendo raíces y materia orgánica. Los adultos con frecuencia son atraídos por la luz eléctrica y consumen el follaje de *Fouquieria macdougalii* ("torote verde") (Fouquieriaceae), *Antigonon leptopus* ("san miguelito") (Polygonaceae), *Haematoxylum brasiletto* ("brasil") (Fabaceae), *Parkinsonia aculeata* ("bacaporo") (Fabaceae), *Parthenium argentatum* ("estafiate") (Asteraceae) y *Ficus thonningii* ("macapule") (Moraceae) (Aragón *et al.* 2010; Morón *et al.* 1997). Se colectaron adultos entre agosto y octubre en todas las localidades de estudio presentado la mayor abundancia en septiembre. En total se obtuvieron 10,138 individuos en El Carrizo, 306 en El Rancho Olguín, 150 en la Presa Josefa Ortiz de Domínguez y 435 ejemplares en Los Terreros. En el Cerro de las Microondas se colectaron 24 ejemplares; 10 en la Bolsa de Tosalibampo y siete en El Colorado.

***Ligyris (Ligyrodes) sallei* Bates, 1888** (Fig. 2F). Se colectaron 12 ejemplares en Rancho Olguín; tres en Lázaro Cárdenas; uno en el Cerro de las Microondas y otro en la Presa Josefa Ortiz de Domínguez, de agosto a septiembre. Se desconocen los hábitos alimentarios de los adultos, pero las larvas consumen materia orgánica y es común encontrarlas en estiércol humificado y desechos agrícolas (Aragón *et al.* 2001). Se distribuye en Aguascalientes, Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz (Morón *et al.* 1997).

***Strategus aloeus* (Lineé, 1758).** En Lázaro Cárdenas se capturaron 17 ejemplares durante agosto y septiembre. En el Cerro de las Microondas se encontraron cinco machos y una hembra en septiembre; en el Rancho Olguín se recolectaron 10 ejemplares en octubre. Se distribuye en casi todo México (excepto Baja California) y tanto los adultos como las larvas se alimentan de materia orgánica del suelo, raíces, tubérculos o tallos subterráneos y en ocasiones se les ha encontrado barrenando tejidos xilosos (Morón *et al.* 1997). En Jalisco se le ha considerado una plaga para el cultivo de agave tequilero (Pérez-Domínguez *et al.* 2010; Lugo-García *et al.* 2011c).

***Xyloryctes corniger* Bates, 1888.** Se colectaron dos ejemplares en Rancho Olguín en agosto. Esta especie se ha citado de Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit y Oaxaca (Morón *et al.* 1997). Nuevo registro para Sinaloa.

***Megasoma pachei* Cartwright, 1963** (Fig. 2G). Durante septiembre en Lázaro Cárdenas se capturaron ocho ejemplares; en Rancho Olguín se colectaron seis ejemplares y en el Cerro de las Microondas una pareja. Esta especie habita el bosque espinoso ubicado entre 100 y 500 msnm. Los adultos son atraídos por las luces eléctricas, pero durante el día, gene-

ralmente en condiciones muy cálidas (hasta 42 °C) se alimentan con el cambium de las ramas de "palo brea" (*Cercidium torreyanum*) (Caesalpinaceae), o bacaporo", (*Parkinsonia aculeata*) (Fabaceae). Sus larvas se desarrollan en troncos en descomposición. Es una especie localizada en Esperanza, Tezopaco, Hornos, Ciudad Obregón, Valle del Yaqui y Navojoa, Sonora; en El Carrizo y 35 millas al norte de Los Mochis, Sinaloa (Ratcliffe y Morón, 2005).

Melolonthidae, Rutelinae

***Paranomala* Casey, 1915.** Representado en la región estudiada por dos especies: en agosto se colectaron 18 ejemplares de *P. flavilla* (Bates, 1988) en el Cerro de las Microondas. Está registrada para Baja California Sur, Chiapas, Colima, Durango, Jalisco, Nayarit, Sinaloa y Tamaulipas (Morón *et al.* 1997). En el Cerro de las Microondas se localizaron en agosto seis individuos de una especie afín a *P. inconstans* (Burmeister, 1847), la cuál habita en muy diversas comunidades vegetales establecidas entre los 600 y 1.500 m de altitud, en localidades de Nayarit, Jalisco, México, Morelos, Guerrero, Oaxaca, Hidalgo y Chiapas (Morón *et al.* 1997).

***Pelidnota* Mac Leay, 1819.** Durante agosto se capturaron nueve individuos de *P. virescens* Burmeister 1844, en Lázaro Cárdenas y 16 en Rancho Olguín. Es una especie con amplia distribución en la vertiente del Pacífico mexicano y la depresión del río Balsas, y se la ha registrado alimentándose de follaje de distintos árboles como *Guazuma ulmifolia* y *Acacia* sp. (Morón *et al.* 1997).

Hybosoridae

***Hybosorus* MacLeay, 1819** (Fig. 2I). Se colectaron 15 ejemplares de *H. illigeri* Reiche, 1853 en el Rancho Olguín y ocho especímenes en Lázaro Cárdenas en agosto. Habita en varios tipos de vegetación secundaria ubicados entre el nivel del mar y los 900 m de altitud. Es una especie posiblemente originaria de la región mediterránea, que se distribuye desde el sur de Europa hasta Sudáfrica y Madagascar, el Medio Oriente, la India, Vietnam y China, desde donde ha llegado hasta las costas del sureste de los Estados Unidos, Cuba y las Bermudas posiblemente transportada con el lastre de los barcos cuando menos desde 1848. En México se introdujo en tiempos mas recientes y se le ha registrado en Coahuila, Durango, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo y Sonora (Morón 2003a).

Scarabaeidae, Scarabaeinae

***Digitonthophagus* Balthasar, 1959.** Entre agosto y octubre se capturaron ejemplares de *D. gazella* (Fabricius, 1787) en todas las localidades de estudio, pero en la Presa Josefa Ortiz de Domínguez fue donde presentó la mayor abundancia con 78 individuos. Esta es una especie Indo-africana, introducida en Australia para regular la acumulación de heces de bovinos en las praderas de ese país. Debido a su potencial reproductivo, también fue introducida en Texas, Louisiana, Georgia y California (EEUU) desde donde se ha dispersado por casi todo México. Es una especie coprófaga que prefiere espacios abiertos y secos, ubicados entre el nivel del mar y los 2.100 m de altitud (Zunino 2003).

Dichotomius Hope, 1838. Se capturaron dos hembras de *D. colonicus* (Say, 1835), una en el Rancho Olguín en septiembre y otra en el Cerro de las Microondas en agosto. Es una especie coprófaga nocturna cuyos adultos se pueden encontrar activos durante todo el año en terrenos abiertos en casi todo México (exceptuando la península de Baja California), en Arizona y en el sur de Texas hasta la costa Atlántica de E.U.A. (Kohlmann 2003).

Copris Müller, 1764. Se colectó una hembra de *Copris lecontei* Matthews 1961 el 28 de julio en la Bolsa de Tosali-bampo. Tiene hábitos coprófagos y se le ha citado de Chihuahua, Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Sonora y Sinaloa (Kohlmann 2003).

Passalidae, Passalinae

Ptichopus Kaup, 1869. En el Cerro de las Microondas se capturó un ejemplar de *P. angulatus* (Percheron, 1835) el 2 de agosto. Esta especie habita en varios tipos de vegetación entre el nivel del mar y los 2.200 m de altitud; su distribución por el Altiplano Mexicano es periférica y siempre al sur del Trópico de Cáncer. Es un pasárido de hábitos hipogeos, muy buen volador que vive y se reproduce únicamente en los detritus de hormigueros de *Atta mexicana* en donde se encuentran los adultos y sus distintos estados de desarrollo (Reyes-Castillo 2003).

Trogidae, Troginae

Omorgus Erichson, 1847. En agosto se capturaron tres ejemplares de *O. tessellatus* (LeConte, 1854) en el Cerro de las Microondas y en Lázaro Cárdenas se colectó una hembra en julio. Se le ha referido de Sonora, Sinaloa, Baja California, Guerrero, Nayarit y Morelos (Deloya 2003).

Comentarios generales

Al reunir los registros de las especies de Melolonthidae del norte de Sinaloa es evidente que la mayor diversidad de adultos se concentra de agosto a octubre, estrechamente relacionado con el inicio de la temporada de lluvias, a diferencia de lo registrado en los estudios faunísticos realizados en Los Tuxtlas, Veracruz, Boca del Chajul, Chiapas, Chamela, Jalisco, Sierra del Tentzo y Cuetzalan del Progreso, Puebla, La Michilía, Durango y en Villa Las Rosas, Chiapas, donde estos alcanzan su máxima representatividad en los meses de abril, mayo o junio (Morón 1979; Morón *et al.* 1985, 1988, 2000; Morón y Deloya 1991; Carrillo-Ruiz y Morón 2003; Alcázar-Ruiz *et al.* 2003). Concordantemente, Rodríguez del Bosque (1993) menciona que la emergencia y la actividad de vuelo de algunas de estas especies esta más relacionada con los patrones de precipitación que con las fluctuaciones de la temperatura.

Considerando los diferentes grupos en los que se pueden organizar los géneros de Melolonthidae, tenemos que los filo-rizófagos y los rizo-floricolas estrictos y facultativos (*Phyllophaga*, *Diploptaxis*, *Cyclocephala*, *Paranomala*) presentaron su mayor abundancia en agosto, pero debido al retraso regional usual en la temporada de lluvias del norte de Sinaloa, su fenología difiere de la observada en Yucatán, Nayarit, Morelos y en Manantlán, Jalisco, donde el género *Phyllophaga* presentó su mayor abundancia en junio (Deloya

1998; López y Rivera 1998; Reyes-Novelo y Morón 2005; Morón *et al.* 1996).

Es muy importante el registro de *Megasoma pachecoi* en esta región, pues se trata de una especie con distribución muy restringida en los bosques caducifolios o matorrales espinosos ubicados entre el sur del estado de Sonora y el norte de Sinaloa, que depende estrechamente de dos o tres especies de árboles característicos de ese tipo de vegetación, los cuales paulatinamente están siendo marginados por la expansión de la frontera agrícola. El hallazgo de varios individuos de *M. pachecoi* en una localidad donde predominan los terrenos agrícolas indica que la especie puede tolerar un alto grado de reducción de hábitat mientras se conserven tocones de bacaporo y palo brea para el desarrollo de las larvas y al menos algunos árboles saludables de las mismas especies para que obtengan su alimento los adultos.

Debido a la abundancia de algunas especies de los géneros *Phyllophaga*, *Paranomala* y *Cyclocephala*, conocidas como plagas agrícolas en algunas regiones del país, es necesario considerarlas como plagas potenciales debido a que la deforestación continúa para ampliar las áreas dedicadas a la agricultura y a la ganadería en la región norte del estado de Sinaloa. Por una parte esta deforestación favorece la dispersión de muchas especies con larvas rizófagas y adultos eurífagos que se adaptan bien a cultivos de ciclo corto o a huertos frutales. Por otra parte, la deforestación también propicia la expansión de especies coprófagas heliófilas, y limita la distribución de las especies copro-necrófagas umbrófilas y otras especies asociadas con los tejidos xilosos forestales (Morón 2003a).

Las larvas de *Cyclocephala lunulata* se han registrado alimentándose con las raíces de chile, maíz y caña de azúcar, y los adultos afectan la producción de frutos dulces con cáscara suave, como las guayabas y los zapotes, mientras que las larvas de *Phyllophaga* y *Paranomala* se alimentan de raíces de frijol, caña de azúcar, maíz y hortalizas (Morón 1999).

La riqueza de especies rizófagas representadas en las trampas de luz de nuestro estudio se deriva de una mezcla de especies establecidas en los cultivos de maíz, trigo y hortalizas que se producen en el Valle del Carrizo, y de aquellas relacionadas con la vegetación silvestre que persiste en reducidos agrupamientos que se intercalan con los terrenos cultivados.

De las tres especies de Scarabaeidae existentes en la zona de estudio los adultos y larvas de *Copris lecontei*, *Digitonthophagus gazella* y *Dichotomius colonicus* participan en la descomposición de estiércol de bovinos en potreros; sobre todo la última especie, activa todo el año (Morón y Aragón, 2003), requiere de gran cantidad de excremento para aprovisionar su complejo sistema de galerías subterráneas.

Conclusiones

Este estudio en la zona Norte de Sinaloa nos muestra que, a pesar de la intensa perturbación derivada de las actividades agrícolas, la riqueza de la fauna de Coleoptera Lamellicornia es notable. De las 29 especies encontradas tres representan nuevos registros para el estado de Sinaloa (*Phyllophaga yaqui*, *Diploptaxis ambigua*, *Dyscinetus picipes* y *Xyloryctes corniger*) previamente conocidas en otros estados de la República Mexicana. Es notable el registro de *Megasoma pachecoi* como un elemento endémico amenazado. La mayor diversidad específica correspondió a *Phyllophaga*, represen-

tado por 10 especies entre las que predomina *Phyllophaga opaca*.

Las especies más abundantes en las zonas de estudio son *Cyclocephala sinaloae* (45,06%), *Oxygryllus ruginasus* (28,66%) y *Phyllophaga opaca* (25,03%). La mayor abundancia de Lamellicornia en el norte de Sinaloa ocurrió durante julio (51,38%), lo cual coincide con el inicio del periodo de lluvias en el norte del estado, mientras que la tasa de captura más baja (0,005%) fue en octubre, cuando se inicia el periodo seco invernal.

Este tipo de estudios nos permite conocer la importancia que tiene la fauna de Coleoptera Lamellicornia dentro de los ecosistemas del país y es oportuno mencionar que en la zona norte de Sinaloa se está intensificando actualmente el establecimiento de monocultivos en amplias extensiones de tierras, lo cual provoca alteraciones importantes para la flora y fauna de la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de los estudiantes Rosario Antonio Ahumada Cortez y Mario Alfredo Vea Moreno que participaron en la obtención de los datos; así como a la familia Lugo García y Gilberto Olguín. Esta investigación fue apoyada por la Coordinación General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través del Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación, con el financiamiento del proyecto Diversidad de los Coleópteros Scarabaeoidea del estado de Sinaloa con clave de registro PROFAPI-2008/189.

Literatura citada

- ALCÁZAR-RUIZ, J. A.; MORÓN-RÍOS, A.; MORÓN, M. A. 2003. Fauna de Coleoptera Melolonthidae de Villa las Rosas, Chiapas, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.): 88: 59-86.
- ARAGÓN, A.; MORÓN, M. A.; TAPIA, R. A. M.; ROJAS, G. R. 2001. Fauna de Coleoptera Melolonthidae en el Rancho "La Joya", Atlixco, Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 83: 143-164.
- ARAGÓN, G. A.; LUGO, G. G. A.; REYES, O. Á.; CASILLAS, A. P.; VILLEGAS, C. J. R.; MORÓN, M. A. 2010. Huéspedes vegetales de adultos de Coleoptera Scarabaeoidea en el Valle del Carrizo, Sinaloa, México. Southwestern Entomologist 35 (1): 99-108.
- CARRILLO-RUIZ, H.; MORÓN, M. A. 2003. Fauna de Coleoptera Scarabaeoidea de Cuetzalan del Progreso, Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 88: 87-121.
- DELOYA, C. 1998. *Cyclocephala lunulata* Burmeister, 1847 (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae) asociada al cultivo de maíz (*Zea mays*) en Pueblo Nuevo, Morelos, México. pp. 121-130. En: Morón M. A. y Aragón G. A. (Eds.). Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. Puebla, México.
- DELOYA, C. 2003. Familia Trogidae. pp. 125-133. En: Morón, M. A. (Ed.). Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. 2. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania editio. Barcelona.
- GENTRY, H. S. 1946. Notes on the vegetation of Sierra Surotato in Northern Sinaloa. Bulletin Torrey Botanical Club 73: 451-462.
- KOHLMANN, B. 2003. Tribu Coprini. pp. 45-58. En: Morón, M. A. (Ed.). Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. 2. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania editio. Barcelona.
- LÓPEZ, V. M.; RIVERA, C. L. E. 1998. Abundancia estacional de los coleópteros Melolonthidae asociados a un bosque mesófilo de montaña en la estación científica las Joyas, sierra de Manantlan, Jalisco, México. pp. 61-70. En: Morón, M. A.; Aragón, G. A. (Eds.). Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. Puebla, México.
- LUGO-GARCÍA, G. A.; MORÓN, M. A.; REYES-OLIVAS, A.; ARAGÓN-GARCÍA, A.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; COTA-SÁNCHEZ, H. 2011a. Riqueza de escarabajos con hábitos nocturnos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en islas de las bahías de Ohuira y Nacachiste, Sinaloa, México. Dugesiana 18 (1): 1-10.
- LUGO-GARCÍA, G. A.; MORÓN, M. A.; ARAGÓN-GARCÍA, A.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; REYES-OLIVAS, A.; VALDEZ-CARRASCO, J. 2011b. Especies fotófilas de Coleoptera Lamellicornia en la región de Los Tascates, Sinaloa y Chihuahua (México). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 49: 179-188.
- LUGO-GARCÍA, G. A.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; ARAGÓN-GARCÍA, A.; ROMERO-NÁPOLES, J.; RUBIO-CORTÉS, R.; MORÓN, M. A. 2011c. Melolonthidae nocturnos (Coleoptera) recolectados en la zona agrícola agavera de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 27 (2): 341-357.
- MORÓN, M. A. 1979. Fauna de coleópteros lamellicornios de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Veracruz, UNAM México. Anales del Instituto de Biología UNAM (serie Zoolología) 50 (1): 375-454.
- MORÓN, M. A. 1986. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica. (Insecta: Coleoptera). Publ. No 20 Instituto de Ecología. México, D. F. 341 p.
- MORÓN, M. A. 1994. Fauna de Coleoptera Lamellicornia en las montañas del noreste de Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 63: 7-59.
- MORÓN, M. A. 1999. Coleoptera Melolonthidae. pp. 41-59. En: Deloya, C.; Valenzuela, J. (Eds.). Catálogo de Insectos y Acaros Plaga de los Cultivos Agrícolas de México. Publ. Especial No. 1. Sociedad Mexicana de Entomología. Xalapa, Veracruz, México.
- MORÓN, M. A. 2002. Revision of the *timida* group of *Phyllophaga* (*Listrochelus*) Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae). Annals of the Entomological Society of America 95 (4): 449-463.
- MORÓN, M. A. 2003a. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. 2. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania editio. Barcelona. 227 p.
- MORÓN, M. A. 2003b. Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga* Harris en México (Coleoptera: Melolonthidae). pp. 1-27. En: Aragón, G. A.; Morón, M. A.; Marín, J. A. (Eds.). Estudios sobre Coleópteros del suelo en América Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- MORÓN, M. A. 2006a. Patrones de distribución de la familia Melolonthidae (Coleoptera). pp. 295-331. En: Morrone, J. J.; Llorente, J. E. (Eds.). Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana. Las Prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- MORÓN, M. A. 2006b. Patrones de distribución de la familia Scarabaeidae (Coleoptera). pp. 271-293. En: Morrone, J. J.; Llorente, J. E. (Eds.). Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana. Las Prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- MORÓN, M. A. 2006c. Revisión de las especies de *Phyllophaga* (*Phytalus*) grupos *obsoleta* y *pallida* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). Folia Entomológica Mexicana 45 (Supl. 1): 1-104.
- MORÓN, M. A. 2010. Diversidad y distribución del complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Scarabaeoidea). pp. 41-63. En: Rodríguez del Bosque, L. A.; Morón, M. A. (Eds.). Plagas del suelo. Mundi-Prensa, México.

- MORÓN M. A.; DELOYA, C. 1991. Los coleópteros lamellicornios de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana* 81: 209-283.
- MORÓN M. A.; VILLALOBOS, F. J.; DELOYA, C. 1985. Fauna de coleópteros lamellicornios de Boca del Chajul, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 66: 57-118.
- MORÓN M. A.; DELOYA, C.; DELGADO, L. 1988. Fauna de coleópteros Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae de la región de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana* 77: 313-378.
- MORÓN M. A.; HERNÁNDEZ, S.; RAMÍREZ, A. 1996. El complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con la caña de azúcar en Nayarit, México. *Folia Entomológica Mexicana* 98: 1-44.
- MORÓN, M. A.; RATCLIFFE, B. C.; DELOYA, C. 1997. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia, Vol.1 Familia Melolonthidae. Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad, Sociedad Mexicana de Entomología A. C. México D.F. 280 p.
- MORÓN, M. A.; DELOYA, C. A.; RAMÍREZ, C.; HERNÁNDEZ R. S. 1998. Fauna de Coleoptera Lamellicornia de la región de Tepic Nayarit México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 75: 13:116.
- MORÓN, M. A.; ARAGÓN, A.; TAPIA, R. A. M.; ROJAS, G. R. 2000. Coleoptera Lamellicornia de la Sierra del Tentzo, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s) 79: 77-102.
- MORÓN, M. A.; ARAGÓN, A. 2003. Importancia ecológica de las especies americanas de Coleoptera Scarabaeoidea. *Dugesiana* 10 (1): 13-29.
- PÉREZ-DOMÍNGUEZ, J. F.; BRAVO-MOSQUEDA, E; SALAS-ARAIZA, M. D. 2010. Escarabajo rinoceronte del agave. pp. 393-401. In: Rodríguez del Bosque, L. A.; Morón, M. A. (Eds.). *Plagas del suelo*. Mundi-Prensa, México.
- RATCLIFFE B. C.; MORÓN, M. A. 2005. Larval description of eight species of *Megasoma* Kirby (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) with a key for identification and notes on biology. *The Coleopterists Bulletin* 59 (1): 91-126.
- REYES-CASTILLO, P. 2003. Familia Passalidae. pp. 135-168. En: Morón, M. A. (Ed.). *Atlas de los escarabajos de México*. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. 2. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania editio. Barcelona.
- REYES-NOVELO, E.; MORÓN, M. A. 2005. Fauna de Coleoptera Melolonthidae y Passalidae de Tzucacab Y Conkal, Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s) 21 (2): 15-49.
- RODRÍGUEZ DEL BOSQUE, L. A. 1993. Abundancia estacional y ecología de coleópteros rizófagos: un estudio durante 15 años en agroecosistemas del norte de Tamaulipas. pp. 7-15. En: Morón, M. A. (Ed.). *Diversidad y Manejo de plagas Subterráneas*. Publicación especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología de Xalapa, Veracruz, México.
- SHREVE, F. 1937. Lowland vegetation of Sinaloa. *Bulletin Torrey Botanical Club* 64: 605-613.
- VAURIE, P. 1958. A revision of the genus *Diplotaxis* (Col. Scarab. Melolonthinae). Part I. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 115 (5): 267-396.
- VAURIE, P. 1960. A revision of the genus *Diplotaxis* (Col. Scarab. Melolonthinae). Part II. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 120 (2): 161-434.
- ZUNINO, M. 2003. Tribu Onthophagini. pp. 66-74. En: Morón, M. A. (Ed.). *Atlas de los escarabajos de México*. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. 2. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania editio. Barcelona.

Recibido: 21-ene-2013 • Aceptado: 17-jun-2013

APÉNDICE 1

Clave para separar la especies de Lamellicornia del norte de Sinaloa, México.

1 Maza antenal con tres a siete lamelas capaces de juntarse entre sí durante el reposo. Extremo anterior del mesotórax ensanchado. Base de los élitros muy próxima a la base del pronoto..... 2

1' Maza antenal con cinco a siete lamelas separadas entre sí. Antenas con el funículo capaz de doblarse en forma de "C". Extremo anterior del mesotórax estrecho. Base de los élitros claramente separada de la base del pronoto. Élitros claramente más largos que anchos, con la superficie normalmente con estrías muy marcadas, o rara vez sin ellas. Cuerpo ligeramente convexo. Labro anterior biescotado. Mandíbulas con dos dientes apicales, uno grande y otro pequeño. Long. 27-35 mm. PASSALIDAE *Ptichopus angulatus* Perch.

2 Maza antenal brillante, con sedas formadas por tres lamelas o más. Estigmas abdominales colocados sobre los extremos laterales de los esternitos, de tal forma que es posible observar uno a tres pares de ellos aun cuando los élitros estén plegados (condición pleurosticti)..... MELOLONTHIDAE..... 3

2' Maza antenal opaca, tomentosa, siempre con tres lamelas. Estigmas abdominales colocados sobre la región pleural, de tal forma que todos quedan cubiertos por los élitros (condición laparosticti) 21

3 Labro amplio, bien desarrollado, con el borde anterior más o menos engrosado y visible bajo el clipeo. Las dos uñas de cada meso y metatarso sencillas, dentadas o bifidas de igual o diferente longitud y grosor 4

3' Labro reducido, laminar o membranoso, con el borde anterior muy delgado y oculto bajo el clipeo. Las dos uñas de cada meso

y metatarsos sencillas, de igual longitud y grosor..... DYNASTINAE..... 5

4 Borde exterior de las mandíbulas usualmente expuesto a los lados del clipeo. Las dos uñas de cada par de tarsos con diferente longitud, forma y grosor..... RUTELINAE 11

4' Borde exterior de las mandíbulas usualmente oculto bajo el clipeo. Las dos uñas de cada pro y metatarsos con la misma longitud, forma y grosor..... MELOLONTHINAE 14

5 Pronoto sin carinas o tubérculos.... Cyclocephalini 6

5' Cabeza y pronoto con o sin carinas, tubérculos o depresiones 8

6 Borde anterior del clipeo poco curvado o casi recto. Regiones dorsales amarillentas o blanquecinas *Cyclocephala*..... 7

6' Borde anterior del clipeo ligeramente sinuado. Regiones dorsales negras o pardo oscuro. Longitud corporal 15-20 mm. *Dyscinetus picipes* (Burm.)

7 Élitros sin manchas oscuras. Machos con la maza antenal dos veces más larga que todos los artejos precedentes. Longitud corporal 10-11 mm. *Cyclocephala sinaloae* H. y E.

7' Élitros y pronoto con patrones complejos de manchas parduzcas, sigmoides o en forma de "v". Longitud corporal 13-15 mm. *Cyclocephala lunulata* Burm.

8 Protarsos más largos o tan largos como la protibia..... 9

8' Protarsos más cortos que la tibia respectiva 10

9 Protibias con tres denticulos. Machos con una proyección cetriforme, bifurcada, larga y recurvada hacia arriba. Proyecciones pronotales laterales agudas, y la proyección media delgada y bifida. Hembras sin proyecciones en la cabeza y pronoto. Pronoto y élitros glabros. Coloración negra brillante. Longitud 35-60 mm..... *Megasoma pachei* Cartwright

- 9' Protibias con cuatro denticulos. Pronoto del macho flanqueado por tres proyecciones o tubérculos grandes o anchos, más o menos dirigidos hacia el frente que rodean una depresión amplia. Pronoto de la hembra con depresión profunda sin tubérculos periféricos. Cabeza con dos tubérculos transversales. Coloración parda rojiza a oscura. Longitud corporal 30-54 mm.
.....*Strategus aloeus* (Linné)
- 10 Pronoto con un pequeño tubérculo central en el borde anterior seguido por una pequeña depresión somera. Ápice de las metatibias ligeramente festonado, dentado. Ápice del clipeo aguzado y ligeramente levantado. Protibias con tres denticulos en el borde exterior. Parámetros ensanchados cerca del ápice. Coloración parda rojiza brillante. Longitud corporal 14-19 mm.
.....*Oxygryllus ruginasus* LeConte
- 10' Ápice del clipeo truncado. Pronoto completamente convexo. Borde externo de las protibias con tres denticulos grandes y dos denticulos pequeños intercalados entre los grandes. Coloración parda oscura brillante. Longitud corporal 19-21 mm.
.....*Ligyrrus sallei* Bates
- 11 Márgen exterior de los élitros con un borde membranoso, estrecho pero conspicuo. Antenas formadas por nueve artejos..... Anomalini 12
- 11' Márgen exterior de los élitros sin borde membranoso. Antenas formadas por 10 artejos..... Rutelini.... Región dorsal iridiscente, amarillenta, blanquecina, nacarada muy brillante. Regiones ventrales verde metálico. Margen exterior de los élitros sin borde membranoso. Antenas formadas por 10 artejos. Clipeo semitrapezoidal con puntuación fina y regular. Espolones metatibiales estrechos y agudos. Longitud corporal 18-25 mm.....
.....*Pelidnota virescens* Burmeister
- 12 Margen exterior de los élitros con un borde membranoso estrecho pero conspicuo. Pronoto con dos a cuatro manchas o franjas longitudinales pardas oscuras. Élitros testáceos con amplios márgenes negros.....*Paranomala flavilla* Bates
- 12' Élitros amarillentos con manchas casi de color negro. Placa pigidial moderadamente punteada, rugosa, con algunas sedas apicales. Los machos presentan las uñas protarsales internas un poco ensanchadas y anguladas. Longitud corporal de 15-16 mm.
.....*Paranomala inconstans* Burmeister
- 13 Coxas anteriores más o menos cónicas y sobresalientes 14
- 13' Coxas anteriores transversales, poco sobresalientes..... 15
- 14 Esternitos V o VI tan largos o más cortos que los precedentes. Placa pigidial pequeña, semitriangular. Cuerpo glabro o con sedas esparcidas*Diplotaxis* sp.
- 14' Coxas anteriores más o menos cónicas y sobresalientes. Clipeo trapezoidal sinuado con los márgenes laterales agudo. Cabeza y pronoto finamente punteado. Élitros con surcos longitudinales ligeramente punteados. Placa pigidial rugoso y punteada, con sedas escasas y largas. Color pardo rojizo brillante
.....*Diplotaxis ambigua* Fall
- 15 Uñas tarsales unidentadas, bifidas o pectinadas. Dimorfismo sexual más o menos acentuado 16
- 15' Uñas tarsales pectinadas o bipectinadas 17
- Ph. (Listrochelus)*..... 17
- 16 Uñas unidentadas.....*Ph. (Phyllophaga)*..... 19
- 16' Uñas bifidas.....*Ph. (Phytalus)*..... 20
- 17 Clipeo sinuado. Cabeza y pronoto de color rojo oscuro, punteado. Esternitos abdominales con proyecciones agudas y anchas en la base, situadas en la parte media, Placa pigidial prominente y glabro, parámetros largos y anchos
.....*Ph. (Listrochelus) cristagalli* Arrow
- 17' Metatibia ligeramente más corta que el metatarso 18
- 18 Uñas tarsales masculinas finamente aserradas. Metatarsos masculinos con escasa cobertura setífera. Pigidio masculino muy convexo con sedas cortas. Cuerpo alargado color opaco. Antenas con 9 segmentos. Longitud corporal de 11-12 mm.
.....*Ph. (Listrochelus) yaqui* Saylor
- 18' Uñas ligeramente aserradas desde la parte media a la parte basal. Clipeo de forma trapezoide ligeramente sinuado. Placa pigidial glabro. Parámetros largos y grueso, lobulados. Coloración corporal amarillento. Longitud corporal 7.8 - 8.5 mm
.....*Ph. (Listrochelus) juvenilis* Fall
- 19 Élitros, cabeza y pronoto punteados. Uñas tarsales con el diente intermedio ampliamente separado del ápice y/o de la base. Clipeo bilobulado. Placa pigidial glabro. Parámetros anchos y cortos. Color pardo rojizo oscuro opaco.....
.....*Ph. (Phyllophaga) opaca* Moser
- 19' Élitros, cabeza y pronoto con sedas. Parámetros con dos procesos apicales muy próximos. Edeago con dos proyecciones esclerosadas agudas, preapicales, laterales y un filamento dorsal, recurvado y simétrico. Longitud corporal 15-17 mm.
.....*Ph. (Phyllophaga) lenis* Horn
- 20 Cabeza parda rojiza, pronoto, élitros y abdomen de color amarillo pajizo brillante. Parámetros con los ápices paralelos. Edeago corto y carece de una estructura de soporte esclerosada y presenta algunos gránulos esclerosados preapicales
.....*Ph. (Phytalus) totoreana* Morón
- 20' Cabeza, pronoto y élitros de color pardo amarillento, sin cubierta pruinoso dorsal. Puntuación del pronoto densa y homogénea. Longitud corporal 19-22 mm.
.....*Ph. (Phytalus) sinaloana* Saylor
- 21 Abdomen con seis esternitos visibles. Placa pigidial expuesta o parcialmente oculta por el ápice de los élitros. Élitros usualmente sin hileras de tubérculos. Coloración muy variable 22
- 21' Abdomen con cinco esternitos visibles. Élitros con al menos tres líneas de tubérculos que están separadas de otras líneas o que destacan por su gran elevación. Longitud corporal de 13-15 mm.....TROGIDAE*Omorgus tessellatus* LeConte
- 22 El labro y las mandíbulas no están cubiertos por el clipeo. Los dos artejos distales de la maza antenal están parcialmente encerrados en el artejo proximal de la misma. Dorso muy convexo, negro brillante. Pronoto finamente punteado, estrías elitrales marcadas por puntos. Longitud corporal 6-8 mm.
.....HYBOSORIDAE*Hybosorus illigeri* Reiche
- 22' Labro y mandíbulas cubiertas por el clipeo. Metatibias con un espolón apical.....SCARABAEIDAE, SCARABAEINAE. 23
- 23 Tercer artejo de los palpos labiales inconspicuo, reducido o ausente. Pronoto con el margen laterobasal pardo amarillento y el disco negro, élitros pardo amarillento, manchados. Machos con dos proyecciones ceratiformes recurvadas en la frente y con una quilla frontoclipeal. Longitud corporal 9-11 mm.
.....ONTHOPHAGINI*Digitonthophagus gazella* (Fab.)
- 3' Tercer artejo de los palpos labiales bien definido..... 24
- 24 Cada élitro con ocho estrías. Machos con una proyección frontal erecta, y tres prominencias pronotales dirigidas hacia el frente. Proyección central del pronoto bifurcada. Hembras con un tubérculo frontal y el pronoto convexo, con una quilla transversal media. Longitud corporal 14-17 mm.
.....*Copris lecontei* Matthews
- 24' Cada élitro con siete estrías. Machos con dos tubérculos en la frente y pronoto muy convexo. Hembras con un tubérculo frontal y pronoto menos convexo. Tercio distal de las primeras cinco estrías elitrales ensanchados y cubierto con pubescencia parduzca. Longitud corporal de 20-28 mm.
.....*Dichotomius colonicus* (Say)

Estados inmaduros de *Iridopsis parrai* (Lepidoptera: Geometridae)

Immature stages of *Iridopsis parrai* (Lepidoptera: Geometridae)

HÉCTOR A. VARGAS¹ y LUIS E. PARRA²

Resumen: Se describe e ilustra el huevo, la larva y la pupa de *Iridopsis parrai* (Lepidoptera: Geometridae). Se detectó variación en el número de aberturas micropilares y de rosetas micropilares del huevo. La morfología externa es descrita por primera vez para la larva de primer instar de una especie de *Iridopsis*. Se detectaron dos morfós a partir del tercer instar larval. Los resultados son discutidos en relación con la literatura disponible.

Palabras clave: Boarmiini. Morfología. Neotropical.

Abstract: Egg, larva and pupa of *Iridopsis parrai* (Lepidoptera: Geometridae) are described and illustrated. The number of micropylar openings and micropylar cells in the egg varied. The external morphology of the first instar larva is described for the first time for the genus *Iridopsis*. Two forms were detected in the third, fourth and fifth larval instars. Results are discussed in relation to previous studies.

Key words: Boarmiini. Morphology. Neotropical.

Introducción

Con más de 20.000 especies descritas a nivel global, Geometridae es una de las familias más diversas de Lepidoptera (Scoble 1999). Gran parte de esta diversidad se encuentra bien representada en el Neotrópico (Heppner 1991; Brehm *et al.* 2005). En su estado larvario, la mayoría de las especies son fitófagas, algunas con un estrecho rango de plantas hospederas (Vargas 2011) y otras polífagas (Pinault *et al.* 2007; Vargas y Parra 2009). Como herbívoros, son importantes consumidores primarios en ecosistemas terrestres (Vargas y Parra 2009; Bodner *et al.* 2010). Por otra parte, constituyen presas fundamentales para algunos organismos insectívoros (Matthews y González 2004; Méndez-Abarca *et al.* 2012).

Pese a la enorme importancia que tiene el conocimiento morfológico de estados inmaduros de Lepidoptera, poco ha sido estudiado respecto a la fauna neotropical. Incluso en familias tan diversas y ubicuas como Geometridae son escasos los trabajos en los que se ha descrito la morfología de sus estados inmaduros.

El género *Iridopsis* Warren, 1894 se encuentra representado en el Neártico y en el Neotrópico por más de 90 especies descritas (Pitkin 2002; Vargas 2007), de las cuales poco se conoce respecto a la biología y morfología de sus estados inmaduros. Según lo indicado por Rindge (1966) las especies neárticas, para las que existen registros de plantas hospederas, tienden a ser generalistas. Recientemente, Pinault *et al.* (2007) han descrito en detalle la biología de la especie neártica polífaga *Iridopsis ephyraria* (Walker, 1860), causante de intensas defoliaciones en *Tsuga canadensis* (L.) Carr. (Pinaceae) en Canadá. En el Neotrópico sólo se conocen algunos aspectos morfológicos y biológicos de los inmaduros de *Iridopsis herse* (Schaus, 1912), cuyas larvas se asocian a soya, *Glycine max* Linnaeus (Fabaceae) (Passoa 1983), mientras que Marconato *et al.* (2008) han indicado a *Erythroxylum microphyllum* St-Hilaire (Erythroxylaceae) como planta hos-

pedera de *Iridopsis fulvitincta* (Warren, 1897) e *Iridopsis nigra* (Jones, 1921).

En Chile se han descrito sólo dos especies de *Iridopsis*, ambas del extremo norte de este país, y sólo para una de ellas se conoce la planta hospedera (Vargas 2007). *Iridopsis parrai* Vargas, 2007 se encuentra restringida a la Pampa del Tamarugal, donde sus larvas folívoras se crían asociadas a tamarugo, *Prosopis tamarugo* Phil. (Fabaceae), el único vegetal hospedero indicado hasta ahora para esta especie (Vargas 2007). El objetivo del presente trabajo consiste en describir e ilustrar por primera vez la morfología externa de los estados inmaduros de *I. parrai*.

Materiales y métodos

Se colectaron ejemplares adultos de *I. parrai* en la Pampa del Tamarugal en octubre de 2008. Las hembras se acondicionaron en bolsas plásticas con folíolos de *P. tamarugo* para promover la oviposición. Luego de eclosionar, las larvas fueron mantenidas en frascos individuales y alimentadas con folíolos de tamarugo. En todos los casos se determinó el número de mudas. El alimento se renovó periódicamente. Huevos, larvas de todos los instares y pupas se conservaron en alcohol. Las larvas se sacrificaron en agua hirviendo. Al menos cinco de estos ejemplares se observaron con microscopio electrónico de barrido. Observaciones adicionales se efectuaron con una lupa estereoscópica y un microscopio óptico. Las mediciones se hicieron con un ocular graduado, y están basadas en 15 individuos de cada estado e instar. Para confeccionar la quetotaxia y para estudiar piezas de pequeño tamaño, como las estructuras bucales, patas torácicas y espuripodios, las larvas se calentaron en KOH (10%) por 5-10 minutos y posteriormente se disecaron para separar las estructuras de interés, las cuales se montaron en portaobjetos con glicerina o bálsamo de Canadá como medio de montaje.

¹ Dr. Sc. Departamento de Recursos Ambientales, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá, Casilla 6-D, Arica, Chile. havargas@uta.cl. Autor para correspondencia. ² Dr. Sc. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile. luparra@udec.cl.

Al describir las diferentes estructuras se siguió la terminología de Hinton (1946), Salkeld (1983), Stehr (1987), Blaik y Malkiewicz (2003) y Duarte *et al.* (2005).

Resultados

Huevo (Fig. 1). Blanco amarillento cuando recién depositado, verde blanquecino a medida que progresa el desarrollo embrionario, posteriormente rosado. Eje longitudinal paralelo al sustrato. Roseta micropilar con 7 - 10 celdas petaloides elongadas (Figs. 1E-F), distalmente redondeadas, medialmente agudas; 4 - 6 aberturas micropilares. Área cercana a la roseta micropilar ornamentada por celdas poligonales de márgenes sinuosos (Figs. 1A-C). Aeropilas en los vértices de las celdas poligonales (Fig. 1D).

Larva de primer instar (Figs. 2, 5-9). Cabeza parda, tórax y abdomen verde amarillento. Patas torácicas pardas, espuripedios presentes en A6 y A10.

Cabeza (Fig. 2A) bien desarrollada; seis estemas (Fig. 5B) circulares lateroventrales; frontoclípeo triangular; tegumento finamente rugoso; cerdas de ápice agudo. Antena compuesta por tres antenómeros (Fig. 2B): primero y segundo anulares, tercero cilíndrico. Piezas bucales masticadoras; labro (Fig. 6A) bilobulado, hendido ventralmente, superficie anterior con doce cerdas y seis poros, superficie posterior con seis procesos dentiformes aplanados, dos poros y abundantes espinulas; mandíbula (Fig. 6B) con seis proyecciones dentiformes a lo largo del margen distal, dos cerdas sobre la superficie externa; maxila bien desarrollada, palpo (Fig. 2C) triarticulado; espinerete (Fig. 6C) cilíndrico, corto, pos-

teroventral a los pequeños palpos labiales. Tórax compuesto por tres segmentos, cada uno con un par de patas bien desarrolladas provistas de una garra tarsal levemente curvada (Fig. 2D); tegumento torácico finamente rugoso, cerdas con el ápice agudo o con varias puntas; protórax con el escudo dorsal (Fig. 7A) compuesto por dos amplias placas separadas medialmente por un área membranosa, cada placa con seis cerdas y un poro. Abdomen compuesto por 10 segmentos, tegumento finamente rugoso, cerdas con el ápice agudo o con varias puntas (Figs. 7B-C); espuripedios en segmentos A6 y A10 (Figs. 8A-B), "crochets" biordinales, un grupo anterior y uno posterior de cuatro cada uno, separados por un grupo de ocho pequeños crochets; segmento A10 con escudo anal (Fig. 7B) compuesto por dos placas esclerotinizadas triangulares separadas medialmente por un área membranosa, cada una de las placas esclerotinizadas con cuatro cerdas; placa subanal (Fig. 7D) subtriangular.

Quetotaxia. La quetotaxia más simple la presenta la larva de primer instar. La larva de segundo instar presenta cerdas adicionales en algunos de los segmentos torácicos y abdominales, las cuales se conservan hasta el quinto instar.

Cabeza (Figs. 5, 6). Grupo adfrontal (AF) bisetoso, AF1 lateral a la sutura adfrontal, AF2 lateral a la sutura epicranial, poro AFa lateral al vértice dorsal del frontoclípeo; grupo anterior (A) bisetoso, A1 entre la sutura adfrontal y el estema 4, A2 entre el estema 3 y la sutura adfrontal, A3 dorsal al estema 2, poro Aa dorsal a A2; grupo céfalodorsal (CD) trisetoso, poro CDa en medio de CD1 y CD3, CD3 desplazado medial-

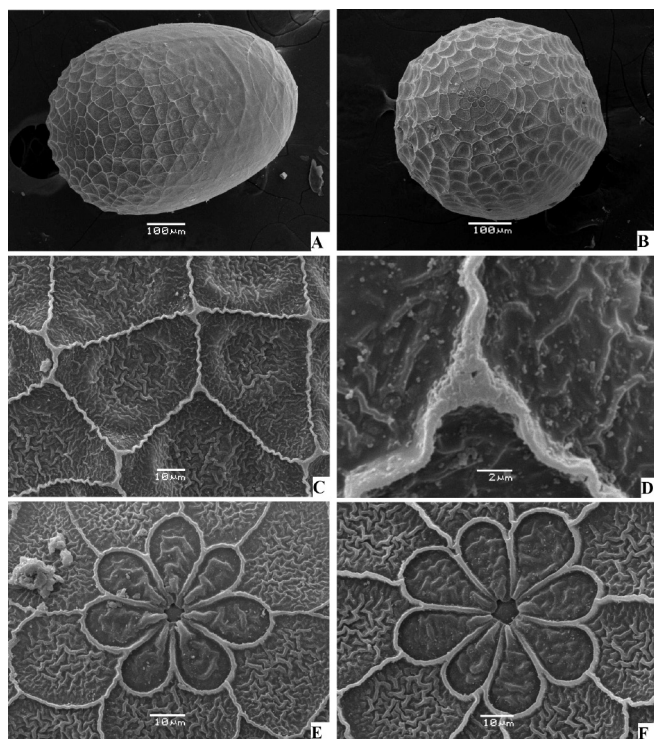


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido del huevo de *Iridopsis parrai*. A. Vista lateral. B. Área micropilar. C. Ornamentación del corion cerca del área micropilar. D. Aeropila en el vértice de celdas. E. Roseta micropilar con siete celdas petaloides y cinco aberturas. F. Roseta micropilar con ocho celdas petaloides y cinco aberturas.

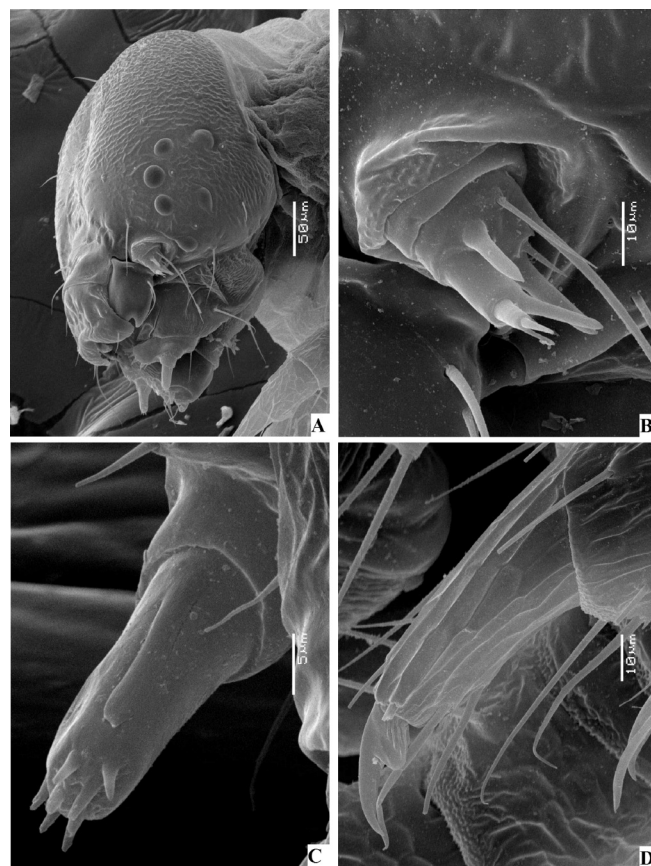


Figura 2. Microscopía electrónica de barrido de la larva de primer instar de *Iridopsis parrai*. A. Cabeza en vista lateral. B. Antena. C. Ápice del palpo maxilar. D. Ápice de la pata protorácica.

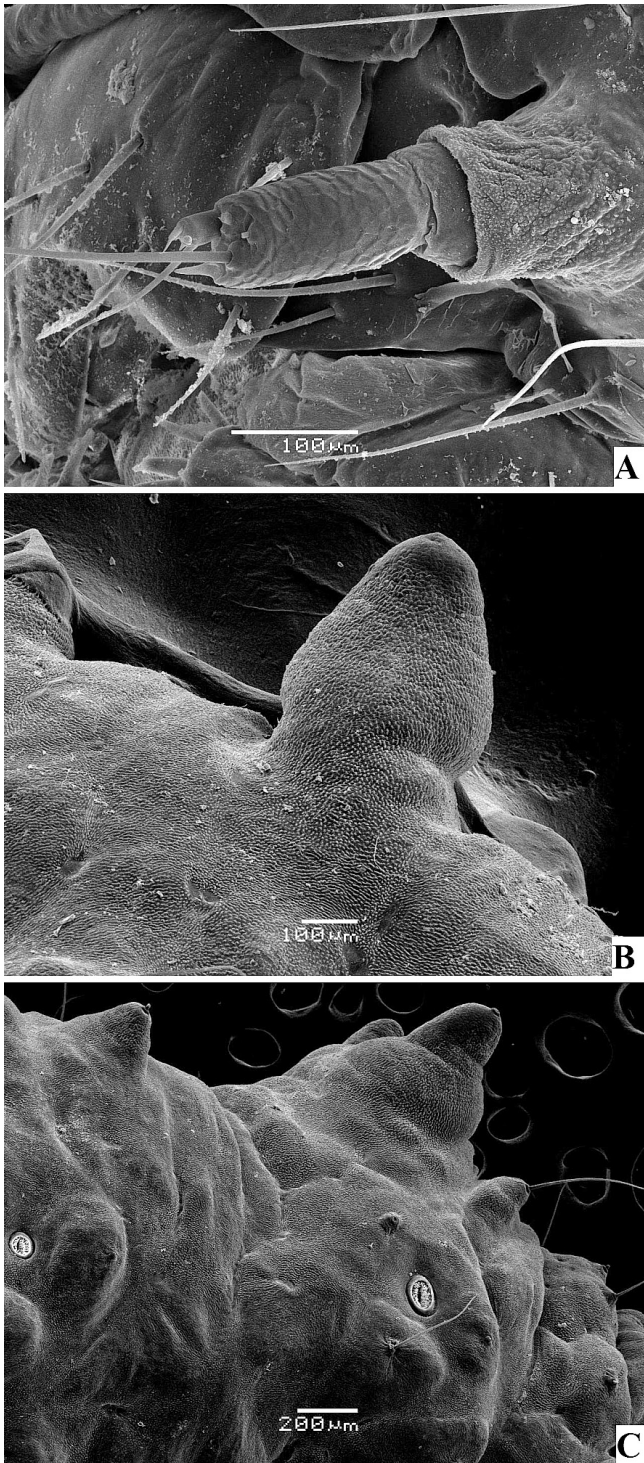


Figura 3. Microscopía electrónica de barrido de la larva de quinto instar de *Iridopsis parrai*. **A.** Antena. **B.** Proyección tuberiforme en la base de la cerda D2 (removida) de A6. **C.** Proyección tuberiforme en la base de la cerda D1 (removida) de A8.

mente; grupo clipeal (C) bisetoso, cercano al margen ventral del frontoclípeo, C1 cercana al margen lateral del frontoclípeo, C2 dorsomedial a C1; grupo frontal (F) unisetoso, F1 cercana al margen lateral del frontoclípeo, Fa ventromedial a F1; grupo lateral (L) unisetoso, L1 dorsal al estema 1, poro La posterior a L1; grupo microgenal (MG) unisetoso, MG1 reducida, posterior a estema 3, poro MGa anteroventral a

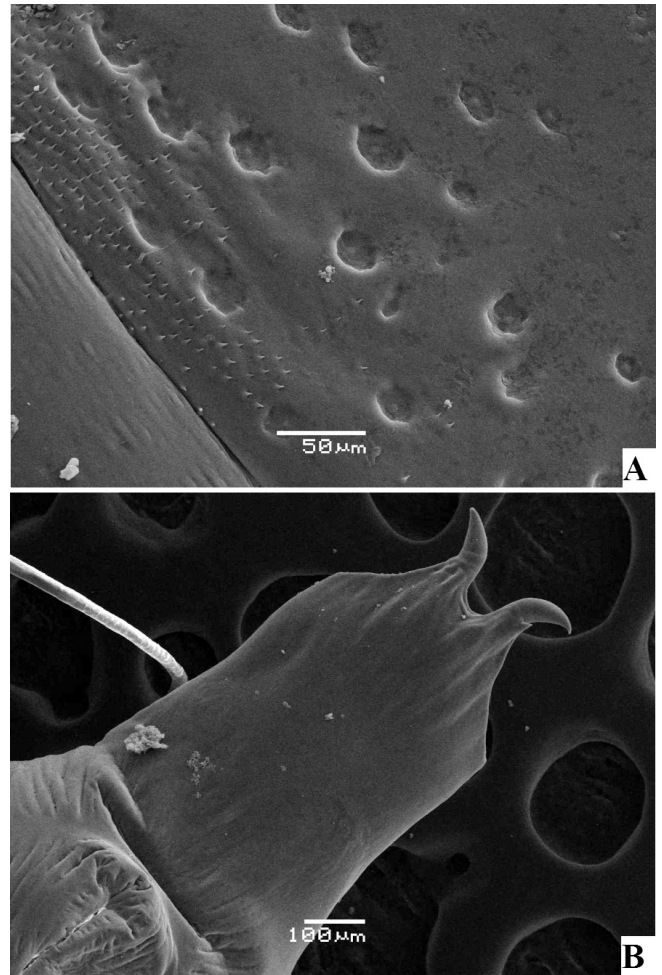


Figura 4. Microscopía electrónica de barrido de la pupa de *Iridopsis parrai*. **A.** Ornamentación del tegumento en el dorso del segmento A5. **B.** Cremaster en vista ventral.

MG1 grupo posterodorsal (P) bisetoso, P1 entre AF1 y L1, P2 laterodorsal a P1, poro Pa entre A3 y P1, poro Pb entre P1 y P2; grupo estematal (S) trisetoso, S1 posterior al estema 3, S2 posterior al estema 1, S3 posterior al estema 6, poro Sb anterior al estema 4; grupo substematal (SS) trisetoso, SS1 ventral al estema 5, SS2 entre estemas 5 y 6, SS3 posterior al estema 5.

Tórax (Figs. 7, 9). T1. Once pares de cerdas táctiles (D1, D2, XD1, XD2, SD1, SD2, L1, L2, SV1, SV2, V1), un par de microcerdas (MXD1) y un par de poros. Grupos XD, D y SD incluidos en el escudo dorsal; grupo L en pináculo elipsoidal anterior al espiráculo; grupo SV en pináculo elipsoidal dorsal a la pata; grupo V posteroventral a la pata.

T1-2. Siete pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, SV1, V1) y tres pares de microcerdas (MD1, MSD1, MSD2). D2, SD1, L1 y SV1 en pináculos circulares; D1, SD2 y V1 no se encuentran sobre pináculos.

Abdomen (Figs. 7-9). A1. Ocho pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, L2, SV1, V1), dos pares de microcerdas (MD1, MV3). D1, D2, SD1, L1, L2, SV1 en pináculos circulares; SD2 reducida, similar a una microcerda, anteroventral a SD1, anterior al espiráculo; V1 no está en pináculo. MD1 anteroventral a D1, MV1 anteroventral a SV1, cercana al margen anterior de A1.

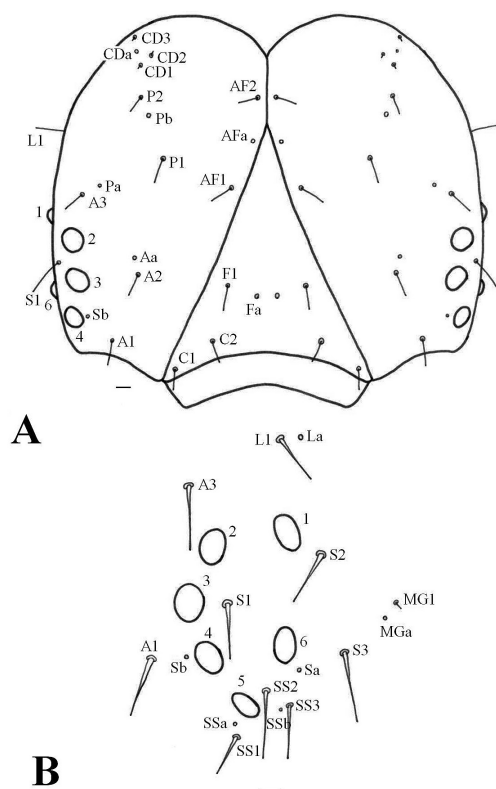


Figura 5. Quetotaxia de la cabeza de la larva de primer instar de *Iridopsis parrai*. A. Cabeza en vista anterior. B. Área estematal.

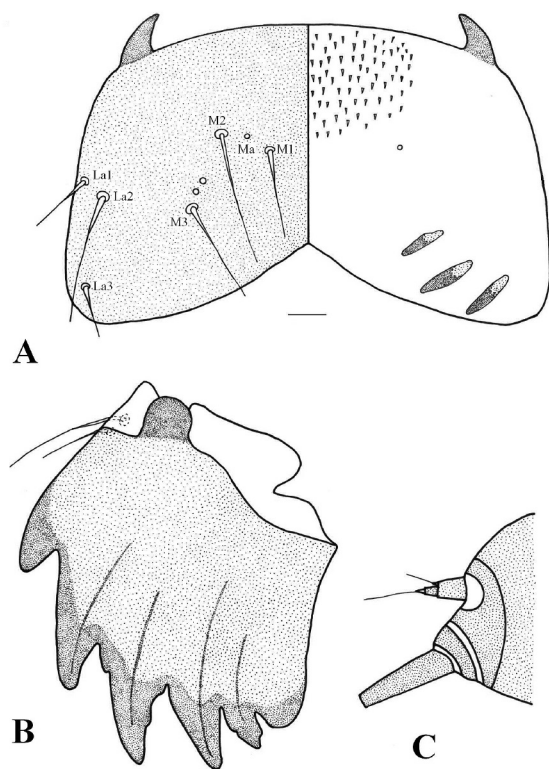


Figura 6. Piezas bucales de la larva de primer instar de *Iridopsis parrai*. A. Labro en vista anterior (izquierda) y en vista posterior (derecha). B. Mandíbula. C. Espinerete y palpo labial en vista lateral.

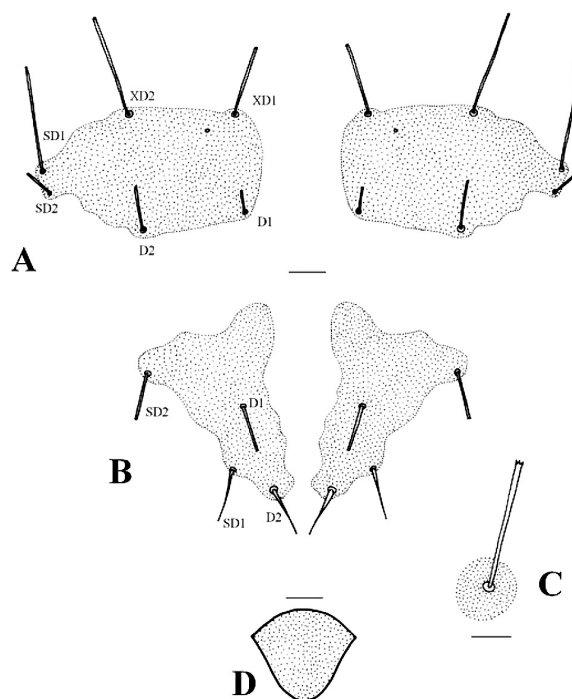


Figura 7. Larva de primer instar de *Iridopsis parrai*. A. Escudo dorsal del tórax. B. Escudo anal. C. Pináculo y cerda D2 de A3. D. Placa subanal.

A2 - 5. Nueve pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, L2, SV1, SV2, V1) y dos pares de microcerdas (MD1, MV1). D1, D2, SD1, L1, L2, SV1 en pináculos circulares; SV2, V1 no están sobre pináculos. SD2 de tamaño similar al que presenta en A1, en línea recta paralela al margen anterior de A2 con D1, SD1, L2, MV1, anterior al espiráculo.

A6. Nueve pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, L2, SV1, SV2, V1) y dos pares de cerdas (MD1, MV1). D1, D2, SD1, L1, L2, SV1 en pináculos circulares; SD2 similar a los segmentos precedentes, anterior al espiráculo, posteroventral a SD1; SV1, SV2 en la placa triangular lateral del espuripedio; V1 en la superficie medial del espuripedio, no está en pináculo.

A7. Ocho pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, L2, SV1, V1) y dos pares de microcerdas (MD1, MV1). D1, D2, SD1, L1, L2, SV1 en pináculos circulares. SD2 similar a los segmentos precedentes, anterior al espiráculo, ventral a SD1; V1 no está en pináculo.

A8. Ocho pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, L2, SV1, V1) y dos pares de microcerdas (MD1, MV1). D1, D2, SD1, L1, L2, SV1 en pináculos circulares; V1 no en pináculo. SD1, SD2, L1, L2 y espiráculo en posición más dorsal que en los segmentos precedentes.

A9. Seis pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, L1, SV1, V1) y un par de microcerdas (MV1). D1, D2, SD1, L1, SV1 en pináculos circulares; V1, no en pináculo. Todas las cerdas táctiles en línea recta; D2 dorsal a D1.

A10. Trece pares de cerdas táctiles (D1, D2, SD1, SD2, L1, L2, L3, SV1, SV2, SV3, SV4, PP1, V1) y un par de poros (La). D1, D2, SD1, SD2, en las placas del escudo anal; L1, L2, L3 en la placa esclerotizada posterolateral del espuripedio; SV2, SV3 en la placa anterior del espuripedio; SV1,

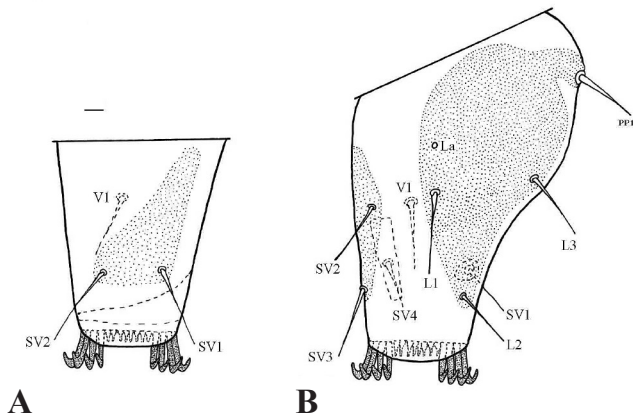


Figura 8. Espuripiedos de la larva de primer instar de *Iridopsis parrai*. **A.** Espuripedio de A6. **B.** Espuripedio de A10.

SV4, V1 en el área medial del espuripedio; SV1, SV4 en pináculos; V1 no en pináculo. Poro La dorsal a L1.

Larva de segundo instar. Coloración de cabeza, tórax y abdomen como en el instar precedente. Quetotaxia de la cabeza como en el primer instar. Quetotaxia del tórax y abdomen similar a la del quinto instar (Fig. 10). Se adiciona L2 y L3 en T2-3; L3, SV3 y SV4 en A1; L3, SV2, SV3 y SV4 en A2 - 5; L3, SV3, SV4 y SV5 en A6; L3 y SV3 en A7; L3 en A8; EXL4 en A10.

Larva de tercer instar. Coloración y quetotaxia de cabeza, tórax y abdomen similares a quinto instar.

Larva de cuarto instar. Coloración y quetotaxia de cabeza, tórax y abdomen similares a quinto instar.

Larva de quinto instar (Figs. 3A-C, 10). Quetotaxia de cabeza, tórax y abdomen similar a los instares tercero y cuarto (Fig. 10). En la cabeza aparece la línea ecdisial. Además, la antena de la larva de quinto instar presenta el segundo antenómero notoriamente elongado (Fig. 3A). Pináculos ausentes de la base de todas las cerdas torácicas y abdominales. Se distinguen dos morfos larvales. Uno que se caracteriza por presentar la cabeza parda; tórax y abdomen verdes con tres franjas amarillas longitudinales (una dorsal y una lateral a cada lado) que se extienden desde el protórax hasta el ex-

tremo posterior; segmento A8 con dos proyecciones dorsales tuberiformes rojas sobre las cuales se ubica la cerda D1 (Fig. 3C). El otro morfo presenta cabeza parda, mientras que el tórax y el abdomen son pardos con manchas negras y pardas oscuras irregulares; los segmentos abdominales A1 - 7 presentan la cerda D2 sobre una proyección tuberiforme parda (Fig. 3B), mientras que el segmento A8 permanece como en el morfo verde.

Identificación de los instares larvales. El tamaño de la cápsula cefálica es una herramienta útil para la separación de los diferentes instares larvales de *I. parrai*, puesto que los rangos registrados para cada instar no se sobreponen (Tabla 1). Al contrario, el color no fue un buen criterio de separación. Las larvas de primer y segundo instares presentan coloración similar, mientras que las de tercer, cuarto y quinto podrían ser confundidas si sólo se considera la coloración y no se tiene en cuenta el tamaño de la cápsula cefálica, puesto que el patrón de coloración es el mismo para los tres últimos instares. La tasa de crecimiento varió entre 1,468-1,747, mientras que la media para toda la fase larvaria fue de 1,59. Las tasas de crecimiento más altas fueron las de los instares iniciales, mientras que los valores fueron disminuyendo progresivamente hacia los finales (Tabla 1).

Pupa (Figs. 4, 11-12). Obtecta, pardo rojiza. Cabeza: antenas originadas anterolateralmente, dirigidas hacia la superficie ventral, ápice sobrepasa ligeramente al de las alas mesotorácicas y coincide con el margen posterior de A4; vértex en el área anterior, delimitado lateralmente por la base de las antenas, posterodorsalmente por el protórax, posteroventralmente no separado del frontoclípeo; frontoclípeo en la superficie ventral, en medio de los ojos compuestos, parcialmente separado de éstos, delimitado posteriormente por el labro; ojos compuestos en la superficie ventral, delimitados lateralmente por las antenas y las patas protorácicas, posteriormente por la base de las gálea; labro triangular, lateralmente delimitado por la base de las gálea; gálea bien desarrolladas, se extienden a lo largo del área mediana ventral, en medio de los apéndices torácicos, ápice casi alcanza el de las antenas. Tórax: protórax dorsalmente evidente como una corta franja transversal de lados agudos, entre la cabeza y el mesotórax, lateralmente triangular, pata protorácica se extienden a lo largo de la superficie ventral entre la gálea y la pata mesotorácica por una longitud mayor a tres cuartos la de la gálea; mesotórax dorsalmente evidente como un área amplia, margen ante-

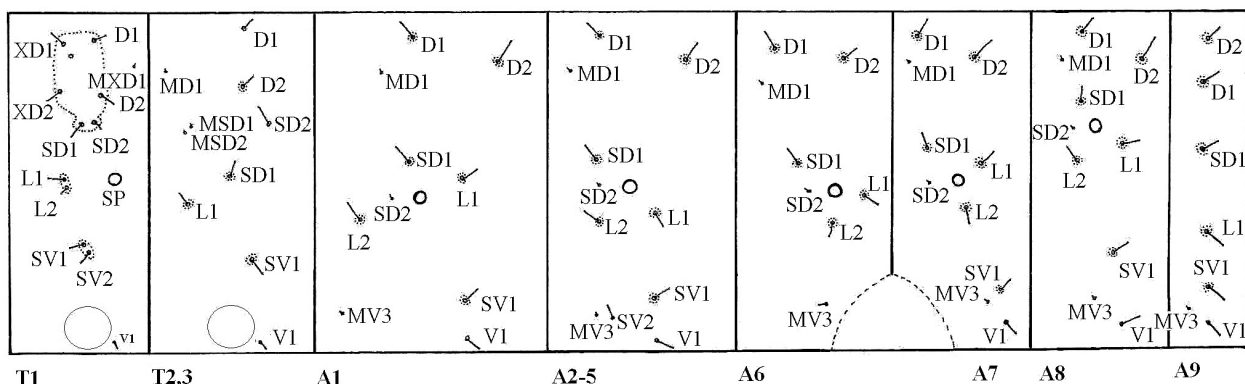


Figura 9. Quetotaxia del tórax y abdomen de la larva de primer instar de *Iridopsis parrai*.

Tabla 1. Media, desviación estándar (DE), intervalo de variación (IV) y tasa de crecimiento (TC) del ancho de la cápsula cefálica de los instares larvales de *Iridopsis parrai* alimentados con folíolos de *Prosopis tamarugo*.

Instar	N	Ancho de la cápsula cefálica (mm)		
		Media \pm D.E.	IV	TC
I	15	0,26 \pm 0,0119	0,24 – 0,28	–
II	15	0,46 \pm 0,0275	0,40 – 0,50	1,77
III	15	0,74 \pm 0,0641	0,64 – 0,82	1,61
IV	15	1,13 \pm 0,0598	1,04 – 1,24	1,53
V	15	1,66 \pm 0,0684	1,56 – 1,78	1,47

rior recto, margen posterior fuertemente convexo, alas mesotorácicas extendidas a lo largo de la superficie lateral, oculta casi totalmente al ala metatorácica, delimitada ventralmente por la gálea, ápice casi alcanza al margen posterior de A4, pata protorácica extendida entre la pata protorácica y la antena, ápice sobrepasa ligeramente al de la antena; metatórax dorsalmente evidente como una franja con el margen anterior fuertemente cóncavo, margen posterior recto, ala metatorácica poco evidente entre el margen dorsal del ala mesotorácica y los segmentos abdominales, pata metatorácica casi totalmente oculta, ápice sobrepasa posteriormente al de la gálea; espiráculo del tórax poco evidente, situado entre el protórax y el mesotórax. Abdomen compuesto por diez segmentos, los cuatro anteriores parcialmente ocultos por los apéndices torácicos, los tres distales (A8-10) fusionados; segmento A10 con una proyección posterior plana con el ápice bifurcado (Fig. 4B); tegumento ornamentado por pequeñas hendiduras subcirculares y microtriquias (Fig. 4A); hendidura genital del macho medioventralmente en A9, con dos áreas circulares a ambos costados (Fig. 12A); hendidura genital de la hembra medioventralmente en el segmento A8 (Fig. 12B); hendidura anal con forma de una línea longitudinal situada medioventralmente en A10.

Discusión

En el presente trabajo se describen, por primera vez, todos los estados inmaduros de una especie neotropical de *Iridopsis*. Previamente se conocía la morfología externa de la pupa y la larva de último instar de *I. herse* (Passoa 1983), cuya distribución geográfica incluye Costa Rica, Honduras y México (Rindge 1966; Passoa 1983).

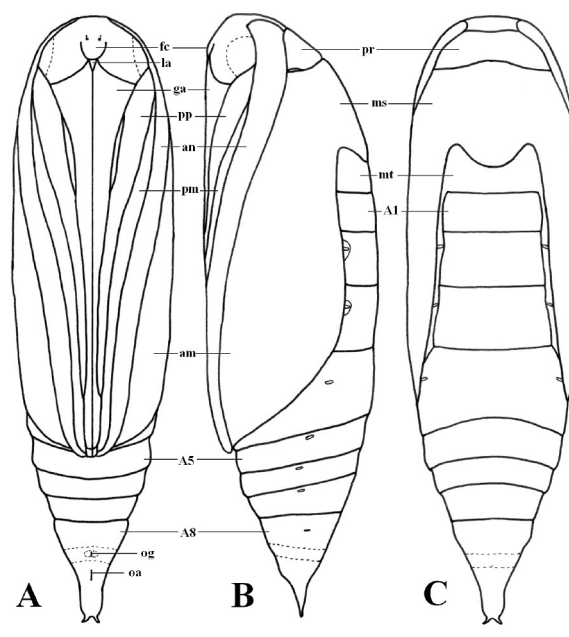


Figura 11. Pupa de *Iridopsis parrai*. A. Vista ventral. B. Vista lateral. C. Vista dorsal.

El cremáster de la pupa de *I. herse* consiste de dos espinas divergentes formando una letra “V”, con cada una de estas espinas bifurcadas en el ápice. Este patrón contrasta notablemente con el de *I. parrai*, cuyo cremáster es plano y de lados paralelos en la base, con dos espinas cortas y simples en el ápice, las cuales están ampliamente separadas en la base formando una “U”.

La variación morfológica detectada entre diferentes instares larvales de *I. parrai*, asociada a la quetotaxia, a la presencia o ausencia de pináculos y proyecciones tuberiformes en la base de las setas, concuerda con lo detectado para otras especies de Geometridae de diferentes regiones del mundo (McGuffin 1973; Blaik y Malkiewicz 2003; Vargas *et al.* 2010). Debido a esta variación morfológica ontogénica es importante estudiar la mayor cantidad posible de instares larvales, al menos el primero y uno de los subsiguientes, cuando se intenta caracterizar la morfología larval de Geometridae.

Otro aspecto morfológico larvario interesante detectado en el presente estudio se relaciona con la presencia de dos morfos a partir del tercer instar. Variación intraespecífica en

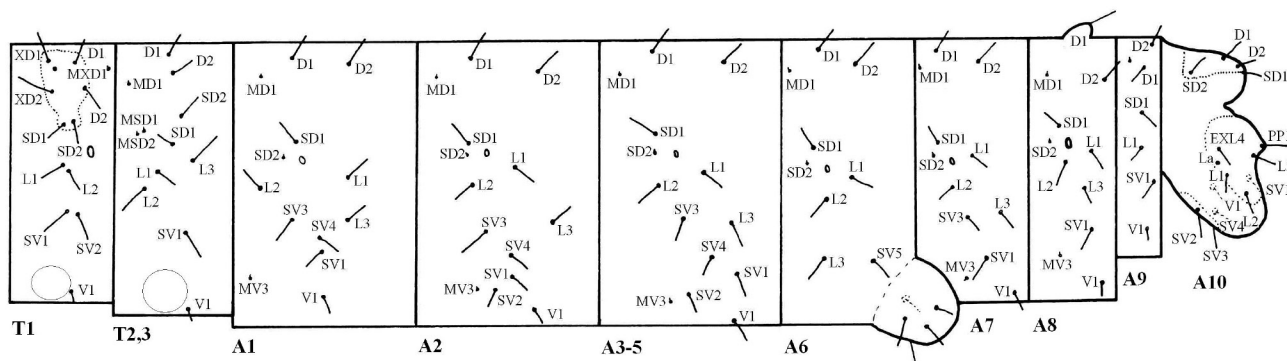


Figura 10. Quetotaxia del tórax y abdomen de la larva de quinto instar de *Iridopsis parrai*.

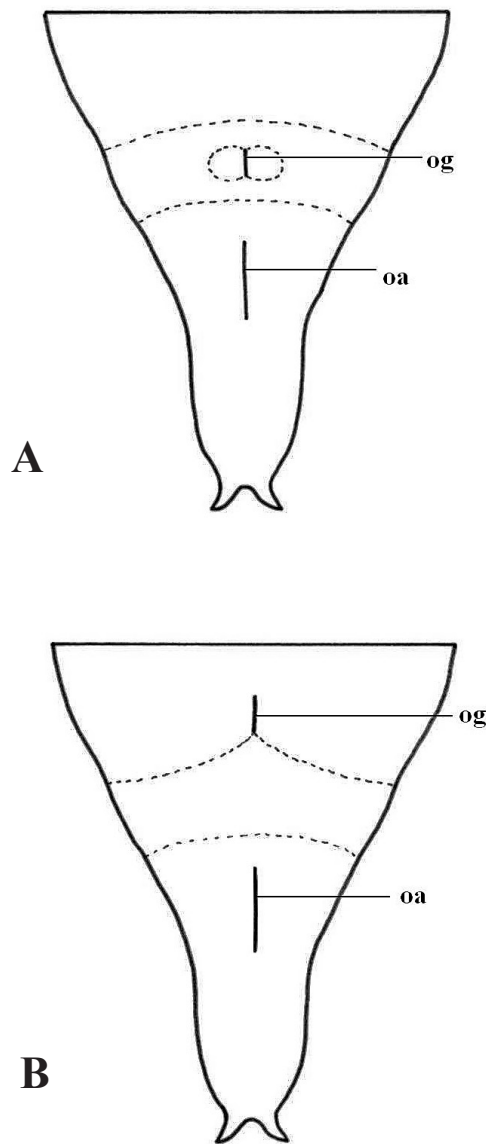


Figura 12. Terminalia de la pupa de *Iridopsis parrai*. **A.** Macho en vista ventral. **B.** Hembra en vista ventral. og = hendidura genital. oa = hendidura anal.

el número de proyecciones tuberiformes en larvas de Geometridae ha sido también indicada por Bocaz *et al.* (2003) para *Syncirsodes primata* (Walker, 1862). Sin embargo, Bocaz *et al.* (2003) asociaron la variación a diferentes plantas hospederas, mientras que en el presente estudio la variación detectada no está asociada a plantas hospederas diferentes. Tampoco se detectó asociación con el sexo, puesto que de ambos morfos larvales se originaron adultos machos y hembras.

Iridopsis parrai es la primera especie de este género para la que se conoce la quetotaxia de la larva de primer instar, por lo que resulta imposible efectuar comparaciones. Por otro lado, esta es la primera vez que se emplea microscopía electrónica de barrido para describir los inmaduros de una especie neotropical de este género. Esta herramienta es particularmente útil para el estudio de la morfología del huevo y de detalles estructurales de la larva y la pupa (Figs. 1-4).

Descripciones de huevos de *Iridopsis* utilizando microscopio electrónico de barrido fueron efectuadas por Salkeld

(1983) para dos especies neárticas: *I. ephyraria* e *I. humaria* (Guenée, 1857). Una interesante semejanza entre el huevo de estas dos especies y el de *I. parrai* es la sinuosidad de los márgenes de las celdas poligonales. Sin embargo, las celdas se encuentran bien marcadas sólo en el área cercana a la roseta micropilar en *I. parrai*, mientras que son bien marcadas a lo largo de todo el corion en *I. ephyraria* e *I. humaria*.

Del mismo modo que acontece para muchos de los géneros neotropicales de Geometridae, la monofilia de *Iridopsis* aún no está claramente sustentada (Pitkin 2002). Los intentos realizados hasta ahora han estado basados fundamentalmente en caracteres morfológicos del adulto. En el presente estudio se han detectado divergencias morfológicas notables entre los inmaduros de *I. parrai* y otras especies del género, lo que plantea nuevos interrogantes respecto a la monofilia de este grupo. Futuros estudios morfológicos sobre inmaduros de *Iridopsis* son necesarios para aportar nuevos antecedentes que permitan efectuar análisis comparativos robustos. Sin embargo, un obstáculo importante para progresar en este sentido es el desconocimiento de las plantas hospederas de muchas de las especies neotropicales de *Iridopsis*.

Agradecimientos

Los comentarios de dos revisores anónimos permitieron mejorar la versión preliminar de este trabajo. Este estudio fue financiado por el proyecto DIEXA-UTA 9710-08.

Literatura citada

- BLAIK, T.; MALKIEWICZ, A. 2003. Morphology of larval and pupal stages of *Isturgia roraria* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Geometridae). *Annales Zoologici* 53: 245-258.
- BOCAZ, P.; PARRA, L. E.; VICTORIANO, P. F. 2003. Larval morphological variation and its relation to host plants in *Syncirsodes primata* (Lepidoptera: Geometridae). *Gayana* 67: 39-44.
- BODNER, F.; BREHM, G.; HOMEIER, J.; STRUTZENBERGER, P.; FIEDLER, K. 2010. Caterpillars and host plant records for 59 species of Geometridae (Lepidoptera) from a montane rainforest in southern Ecuador. *Journal of Insect Science* 10: 67.
- BREHM, G.; PITKIN, L. M.; HILT, N.; FIEDLER, K. 2005. Montane Andean rainforests are a global biodiversity hotspots of geometrid moths. *Journal of Biogeography* 32: 1621-1627.
- DUARTE, M.; ROBBINS, R. K.; MIELKE, O. H. H. 2005. Immature stages of *Calycopis caulonia* (Hewitson, 1877) (Lepidoptera, Lycaenidae, Thechinae, Eumaeini), with notes on rearing detritivorous hairstreaks on artificial diet. *Zootaxa* 1063: 1-31.
- HEPPNER, J. B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2 (Supplement 1): 1-85.
- HINTON, H. E. 1946. On the homology and nomenclature of setae of lepidopterous larvae, with some notes on the phylogeny of Lepidoptera. *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 97: 1-37.
- MARCONATO, G.; DIAS, M. M.; PENTEADO-DIAS, M. A. 2008. Larvas de Geometridae (Lepidoptera) e seus parasitoides, associadas a *Erythroxylum microphyllum* St.-Hilaire (Erythroxylaceae). *Revista Brasileira de Entomologia* 52: 296-299.
- MATTHEWS, R. W.; GONZÁLEZ, J. M. 2004. Nesting biology of *Zeta argillaceum* (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae) in southern Florida, U. S. *Florida Entomologist* 87: 37-40.
- MCGUFFIN, W. C. 1973. The *Rheumaptera* of North America (Lepidoptera: Geometridae). *The Canadian Entomologist* 105: 383-398.
- MENDEZ-ABARCA, F.; MUNDACA, E. A.; VARGAS, H. A. 2012. First remarks on the nesting biology of *Hypodynerus andeus* (Packard) (Hymenoptera, Vespidae, Eumeninae) in the

- Azapa valley, northern Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* 56: 240-243.
- PASSOA, S. 1983. Immature stages of *Anacamptodes herse* (Schaus) (Geometridae) on soybean in Honduras. *Journal of the Lepidopterists' Society* 37: 217-223.
- PINAULT, L.; GEORGESON, E.; GUSCOTT, R.; JAMESON, R.; LEBLANC, M.; MCCARTHY, C.; LUCAROTTI, C.; THURSTON, G.; QUIRING, D. 2007. Life history of *Iridopsis ephyraria*, (Lepidoptera: Geometridae), a defoliator of eastern hemlock in eastern Canada. *Journal of the Acadian Society* 3: 28-37.
- PITKIN, L. M. 2002. Neotropical Ennominae moths: a review of the genera (Lepidoptera: Geometridae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 135: 121-401.
- RINDGE, F. H. 1966. A revision of the moth genus *Anacamptodes* (Lepidoptera, Geometridae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 132: 175-244.
- SALKELD, E. H. 1983. A catalogue of the eggs of some Canadian Geometridae (Lepidoptera), with comments. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 126: 1-273.
- SCOBLE, M. J. (Ed.) 1999. *Geometrid moths of the world - a catalogue* (Lepidoptera, Geometridae). CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia, 1016 p.
- STEHR, F. W. 1987. Order Lepidoptera. p: 288-315. In: Stehr, F. W. (Ed.). *Immature insects*. Vol. I. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa.
- VARGAS, H. A. 2007. Dos nuevas especies de *Iridopsis* Warren (Lepidoptera, Geometridae) del norte de Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* 51: 138-141.
- VARGAS, H. A.; PARRA, L. E. 2009. Prospección de lepidópteros antófagos asociados a *Acacia macracantha* Willd. (Fabaceae) en el norte de Chile. *Revista Brasileira de Entomologia* 52: 291-293.
- VARGAS, H. A.; MIELKE, O. H. H.; CASAGRANDE, M. M.; PARRA, L. E. 2010. Imaturos de *Chrismopteryx undularia* (Blanchard) (Lepidoptera, Geometridae). *Revista Brasileira de Entomologia* 54: 519-528.
- VARGAS, H. A. 2011. First host plant record for *Pero obtusaria* Prout (Lepidoptera: Geometridae). *Neotropical Entomology* 40: 625-627.

Recibido: 27-dic-2010 • Aceptado: 13-mar-2013

Actividad anti-alimentaria de metabolitos secundarios de residuos cítricos sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

Antifeedant activity of secondary metabolites of citrus waste on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

ÁNGEL ARTURO JIMÉNEZ R.¹, LAURA DANIELA RODRÍGUEZ R.¹, WALTER MURILLO A.²,
JHON JAIRO MÉNDEZ A.² y EVER ANTONI RUEDA L.²

Resumen: Se evaluó la actividad anti-alimentaria de extractos etanólicos y fracciones purificadas de residuos cítricos (*Citrus sinensis* y *Citrus limonia*) sobre una colonia establecida *in vitro* de *Spodoptera frugiperda*, especie considerada plaga en maíz y otros cultivos en Colombia. Se realizó una extracción etanólica de los residuos (cáscaras y semillas obtenidos a partir de desechos de la producción de jugos) y un posterior fraccionamiento líquido/líquido con n-hexano, diclorometano, acetato de etilo y agua. Los extractos y fracciones se caracterizaron por cromatografía de capa delgada y tamizaje fitoquímico con pruebas en base húmeda para identificar los principales núcleos bioactivos presentes. La actividad antialimentaria se evaluó mediante pruebas de preferencia con discos de *Ricinus communis* impregnados con una solución a diferentes concentraciones (0,25, 0,5, 0,75, 1% m/v) de los extractos y sus fracciones. Se determinaron los índices disuasivo, anti-apetitivo y la tasa de incremento de peso de las larvas. Los ensayos indicaron que la actividad anti-alimentaria fue dosis-dependiente, siendo los extractos y las fracciones en diclorometano de semillas las que mostraron mayor efecto antialimentario. Las fracciones de cáscara no mostraron actividad significativa a las concentraciones evaluadas. Los resultados sugieren que compuestos recuperados de residuos de cítricos, presentan potencial anti-alimentario y se podrían usar en el control de *S. frugiperda*.

Palabras clave: Actividad antialimentaria. Residuos cítricos. Metabolitos secundarios. *Spodoptera frugiperda*. Control de plagas.

Abstract: This study evaluated the antifeedant activity of ethanol extracts and purified fractions of citrus waste (*Citrus sinensis* and *Citrus limonia*) on an *in vitro* colony of *Spodoptera frugiperda*, a species considered a pest on corn and other crops in Colombia. The citrus residues (peels and seeds obtained from waste from the production of juices), were extracted with ethanol by liquid/liquid fractionation using n-hexane, dichloromethane, ethyl acetate and water. The extracts and fractions were characterized by thin layer chromatography and phytochemical screening tests on wet basis to identify key bioactive cores. The antifeedant activity was evaluated by preference test with discs of *Ricinus communis* impregnated with solution at different concentrations (0.25, 0.5, 0.75, 1% m/v) of the extracts and their fractions. The deterrent, anti-appetitive index and the rate of increase in weight of larvae were determined. The tests indicated that antifeedant activity was dose-dependent, under treatment of dichloromethane extracts and fractions of seeds, which showed greater antifeedant effect. The peels did not show significant activity at the concentrations tested. The results suggest that kind of compounds found in citrus waste, have an antifeedant activity and could be potentially used in the control of *S. frugiperda*.

Key words: Antifeedant activity. Citrus wastes. Secondary metabolites. *Spodoptera frugiperda*. Pest control.

Introducción

El cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), es un insecto plaga que ataca, entre otros, cultivos de maíz, algodón y arroz y reduce significativamente sus rendimientos (Busato *et al.* 2004). El control convencional realizado por los agricultores se ha basado en el uso de plaguicidas de síntesis del tipo organoclorados y organofosforados (Shaalan *et al.* 2005), que han mostrado un control moderado de la plaga, sin embargo su prolongado uso ha contribuido con el incremento de poblaciones resistentes del insecto, el aumento de la contaminación ambiental por acumulación residual y en algunos casos han tenido un impacto negativo sobre la salud humana (Angier *et al.* 2002; Turgut *et al.* 2010).

Una de las alternativa propuestas para el manejo sostenible de plagas es el uso de bioplaguicidas, los cuales presentan ventajas tales como alta biodegradabilidad, baja toxicidad, así como una alta diversidad estructural que pueden llegar

a retrasar la aparición de resistencia (Raskim *et al.* 2002; Regnault-Roger 2005); aspectos que han impulsado la comercialización de insecticidas de origen botánico, basados en extractos de plantas activas (George *et al.* 2000). En este sentido, el aprovechamiento de residuos agroindustriales como los obtenidos del procesamiento de los cítricos, ofrecen la oportunidad de obtener metabolitos útiles para el control de plagas, tales como compuestos fenólicos, flavonoides y limonoides, de los cuales se ha comprobado su actividad insecticida y antialimentaria, así como su efecto en la regulación del crecimiento de insectos plaga (Murray *et al.* 1996; Alfonso *et al.* 2010). Por tal razón, se considera importante explorar el potencial de residuos agroindustriales como una opción para un manejo sostenible de plagas en cultivos de importancia comercial.

En este estudio se evaluaron los metabolitos secundarios presentes en cáscaras y semillas de *Citrus sinensis* L. Osbeck y *Citrus limonia* L. Osbeck sobre el lepidóptero *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio.

¹ Biólogo, Grupo de Investigación de Productos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima. Barrio Santa Elena. Ibagué, Colombia. ² Ph. D. Química, Docente departamento de química, grupo GIPRONUT, Universidad del Tolima. Barrio Santa Elena, Ibagué, Colombia. wmurillo@ut.edu.co. Autor para correspondencia.

Materiales y métodos

La población de *Spodoptera frugiperda* utilizada fue establecida a partir de posturas proporcionadas por la Corporación para Investigaciones Biológicas, CIB, de Medellín, las cuales posterior a su eclosión y hasta su tercer estadio larvario fueron alimentadas con hojas de *Ricinus communis* L. a las que se les realizó a manera de pre-tratamiento un lavado con una solución de hipoclorito de sodio al 2,0 % y un posterior lavado con agua destilada tal como lo propone Artigas (1994). A partir del tercer estadio larvario se implementó para su alimentación la dieta semi-sintética bio-mix h-89 (modificada) a base de frijol, levadura de cerveza, germen de trigo, ácido ascórbico, metil-p-hidroxi-benzoato, formaldehído 40%, agar y agua en concentraciones y tratamientos específicos. Los adultos se alimentaron con una solución de sacarosa al 25% en agua destilada estéril (Murúa *et al.* 2003).

Obtención de extractos. Se recolectaron residuos de naranja, *C. sinensis*, en las ventas de jugos de la zona urbana del municipio de Ibagué, Tolima y de limón mandarina, *C. limonia*, en un cultivo en el municipio de Prado (Tolima). Tan pronto se realizó su recolección, fueron separados (cáscaras y semillas) y seleccionados aquellos sin muestras de ataques por hongos e insectos. El día de colecta, para evitar la degradación, el material seleccionado fue sometido a un proceso de secado a 45 °C durante 72 horas y, posteriormente, molido hasta la obtención de un polvo homogéneo que se empacó y almacenó protegido de la luz y de la humedad.

Para el proceso de extracción, se empacaron 170 gramos de cada uno de los materiales y se sometieron a desengrasado con n-hexano en un equipo soxhlet hasta el agotamiento. El material se secó a temperatura ambiente para eliminar el exceso de n-hexano y, en seguida, fue sometido nuevamente a reflujo en soxhlet con etanol al 96% hasta el agotamiento. Los extractos etanólicos (crudos) fueron concentrados a presión reducida en un rotavapor BÜCHI R114 hasta reducir el volumen inicial en un 70% aproximadamente. Después se caracterizaron fitoquímicamente según los parámetros propuestos por Murillo y Méndez (2011), mediante pruebas a la gota utilizadas para la identificación cualitativa de la pre-

sencia de algunos grupos funcionales (Tabla 1). Se realizó un fraccionamiento líquido/líquido de cada extracto crudo, mediante adiciones separadas de volúmenes de 50 mL en orden polaridad de los solventes n-hexano, acetato de etilo, diclorometano y agua, en un embudo de separación, para la obtención de cuatro fracciones por cada extracto crudo. Tanto las fracciones como los extractos crudos fueron llevados a sequedad total, rotulados y almacenados a 4 °C en frascos ámbar (Tabla 1).

Caracterización física y fitoquímica de los extractos. A cada una de las muestras vegetales se les determinó el porcentaje de humedad mediante un porcentaje de conversión entre los pesos fresco y seco de cada uno de los residuos, en tanto que a cada uno de los extractos y fracciones se les calculó el contenido de sólidos totales mediante métodos establecidos por Domínguez (1985). Además, mediante reacciones químicas, por vía húmeda y cromatografía de capa delgada, se identificaron los principales núcleos de metabolitos secundarios presentes en los extractos crudos y fracciones obtenidas con cada solvente. También se identificó la limonina por cromatografía de capa fina tanto en los extractos crudos como en las fracciones. Se usó como referente un patrón de limonina (Sigma Aldrich) grado analítico con 95% de pureza y una cantidad igual de los extractos y fracciones a la misma concentración de sólidos totales, utilizando como fase estacionaria cromatoplasas de sílica gel 60 F254 y como fase móvil una mezcla 2:3 de ciclohexano-acetato de etilo, posterior revelado con cloruro de cobalto 2% en ácido sulfúrico al 10% con una exposición a 110 °C durante 15 minutos (Wagner y Blandt 2001).

Actividad antialimentaria. Se realizó mediante ensayos de alimentación de corta duración (cinco horas desde el inicio del ensayo o cuando la larva hubiese ingerido el 50% de los discos control), en condiciones de preferencia (con posibilidad de elección entre discos foliares tratados y sin tratar) y no-preferencia (sin posibilidad de elección) (Caballero 2004). Se tomaron los datos del peso de los discos foliares en fresco antes y al final del ensayo; el peso final seco del disco foliar se obtuvo luego de 12 horas de secado a 60 ± 5 °C.

Tabla 1. Tamizaje fitoquímico extractos etanólicos de residuos cítricos (cáscaras y semillas) de naranja y limón mandarina.

Prueba	Extracto	Et-OH CN	Et-OH CL	Et-OH SL	Et-OH SN
AA	Ninhidrina	-	-	+	+
	Antrona	+	+	+	+
	Molish	+		+	+
	Benedict	+++	+++	++	++
Carbohidratos	Barfoed (reductores)	++	+	+	+
	Seliwanoff	+	+	+	+
Polisacáridos	Lugol	+	+	+	-
Polifenoles	Foling	+++	+++	+++	-
Taninos	Cloruro Férrico	Negro	Verde	Verde	-
Saponinas	Cromatografía	-	+	+	-
Cumarinas	Cromatografía	+	+	-	-

Donde: (-) ausencia del metabolito, (+) presencia concentraciones bajas, (++) y (+++) presencia a una mayor concentración del metabolito evaluado. Los colores negro y verde son indicativos de presencia de taninos pirogálicos y taninos condensados, respectivamente.

Efecto disuasivo. Los extractos crudos y sus respectivas fracciones, se alternaron dentro de cada caja de Petri discos tratados (con 0,25; 0,5; 0,75 y 1% del extracto a probar) y discos control (sin tratamiento) de forma que el insecto pudiera elegir. El ensayo se finalizó a las cinco horas desde su inicio o cuando la larva hubiese ingerido el 50% de los discos foliares.

En los ensayos en condiciones de preferencia, se calculó el índice disuasivo (ID) así:

$$ID = [(C-T)/(C+T)] \times 100\%$$

Donde: C = Consumo de discos foliares testigo y T = consumo de discos foliares tratados (Blaney *et al.* 1988).

Efecto antiapetitivo. En situaciones de no-elección se colocó en una caja de Petri un disco foliar impregnado con el tratamiento a probar o únicamente con el solvente (caja testigo). El ensayo se finalizó cuando las larvas ingirieron el 50% del disco foliar en las cajas de Petri testigo o a las cinco horas de transcurrido el ensayo.

En los ensayos antialimentarios, en condiciones de no preferencia, se calculó el índice antiapetitivo (IA) con los datos de consumo de discos foliares mediante la siguiente ecuación:

$$IA = [(C-T)/C] \times 100\%$$

Donde: C = ingestión de discos foliares testigo y T = ingestión de discos foliares tratados (Blaney *et al.* 1988).

Valores en los índices superiores al 50% son un referente de actividad antialimentaria considerable para este tipo de evaluaciones según literatura reportada (Suresh *et al.* 2002; Caballero 2004; Capataz *et al.* 2007).

Actividad antinutricional. Un posible modo de acción tóxico, se determinó mediante el incremento de peso húmedo de las larvas durante el periodo de tratamiento, como la diferencia entre peso final y el peso inicial. Con esta información se calculó la tasa de incremento de peso de la larva (TIP).

Con los datos de incremento de peso de la larva durante el ensayo en condiciones no preferencia, se calculó la tasa de incremento de peso de la larva (TIP) mediante la siguiente fórmula:

$$TIP = (P/PiL \times T)$$

Donde: P = incremento de peso de la larva durante el ensayo (g de peso seco). PiL = peso inicial de la larva (g de peso seco) y T = tiempo de duración del ensayo (días).

En todos los casos se realizaron ensayos de corta duración (cinco horas o el 50 % de consumo del blanco) con los diferentes extractos y las particiones obtenidas con los solventes antes mencionados a diferentes concentraciones (0,25, 0,5, 0,75 y 1%) aplicados sobre discos foliares de higuera (*Ricinus communis*) de 0,7 cm de diámetro secados hasta evaporación del solvente (Capataz *et al.* 2007).

Para los bioensayos se utilizaron larvas de *S. frugiperda* de tercer estadio con un peso de 16 ± 4 mg, mantenidas en ayuno por seis horas previo al contacto con los discos foliares tratados. El peso de los discos y de las larvas se midió antes y después del ensayo, para calcular los índices de actividad antialimentaria y/o de repelencia del compuesto hacia la larva (Escoubas *et al.* 1993; Caballero 2004).

En los ensayos de actividad antialimentaria se obtuvieron datos de los pesos final seco e inicial fresco de cada uno de los discos y a estos se les halló el peso seco inicial aplicándoles un factor de conversión obtenido en cada ensayo, por medio de un control de humedad de seis discos foliares para

cada dosis que fue colocado a la par del bioensayo. Los datos de consumo de disco foliar por larva se obtuvieron restando al peso seco inicial el peso seco final en cada réplica (Caballero 2004).

Análisis estadístico. Los experimentos fueron realizados bajo un diseño completamente al azar, con 10 réplicas por tratamiento para las variables de respuesta índice antiapetitivo y tasa de incremento relativo y cinco réplicas para el índice disuasivo. La unidad experimental consistió en una caja de Petri que contenía una larva de *S. frugiperda* de tercer estadio. Los tratamientos se configuraron a partir del tipo de extracto (extractos crudos, fracciones y solvente de extracción empleado) y las concentraciones empleadas. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza, previa verificación de la normalidad mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Una vez establecidas diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia del 5%, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey. También se realizaron análisis de regresión lineal simple al interior de cada tratamiento de los índices antialimentarios y la tasa de incremento de peso, mediante el empleo del programa estadístico Infostat versión libre (2008).

Resultados y discusión

La identificación cualitativa de los principales metabolitos secundarios permitió comparar de manera preliminar la diversidad química de los extractos (Tabla 1). En ambas especies, los extractos de semillas se destacan por tener aminoácidos, saponinas y taninos condensados que cumplen funciones biológicas en la planta como reserva de nutrientes y defensa del embrión. Los extractos de cáscaras contienen mayor cantidad de carbohidratos como azúcares reductores y cumarinas.

Ambos tipos de residuos mostraron la presencia de grupos relacionados estructuralmente con compuestos polifenólicos y polisacáridos como almidón; los cuales afectan directamente la preferencia del insecto para alimentarse, así como el incremento de peso de las larvas durante el ensayo (Moriguchi *et al.* 2003).

En el análisis de los índices antialimentarios se consideró que los valores positivos corresponden a una disminución en el consumo de alimento respecto al control. La diferencia radica en que el índice disuasivo toma en cuenta la sumatoria de los consumos para evaluar una condición de preferencia del insecto, mientras que el antiapetitivo solo divide el consumo de los discos control ya que el insecto no tiene posibilidad de elección.

En la evaluación del índice de disuasión se puede apreciar que los extractos y fracciones más activas fueron los obtenidos de semillas de naranja y limón mandarina (Fig. 1). El único extracto crudo que superó el 50% de actividad fue el de semillas de naranja y su fracción en DCM fue el tratamiento que presentó el porcentaje más alto de actividad. Algunos autores asocian la preferencia en la elección del disco foliar a mecanismos de percepción neuronal y gustativa que disuaden al insecto de alimentarse (Simmonds *et al.* 1992; Zhou *et al.* 2010).

El análisis de varianza del índice de disuasión en condiciones de preferencia para *S. frugiperda* (Tabla 2) muestra que los extractos y fracciones purificadas de las cáscaras no tienen un efecto disuasivo diferencial entre sí. En contra par-

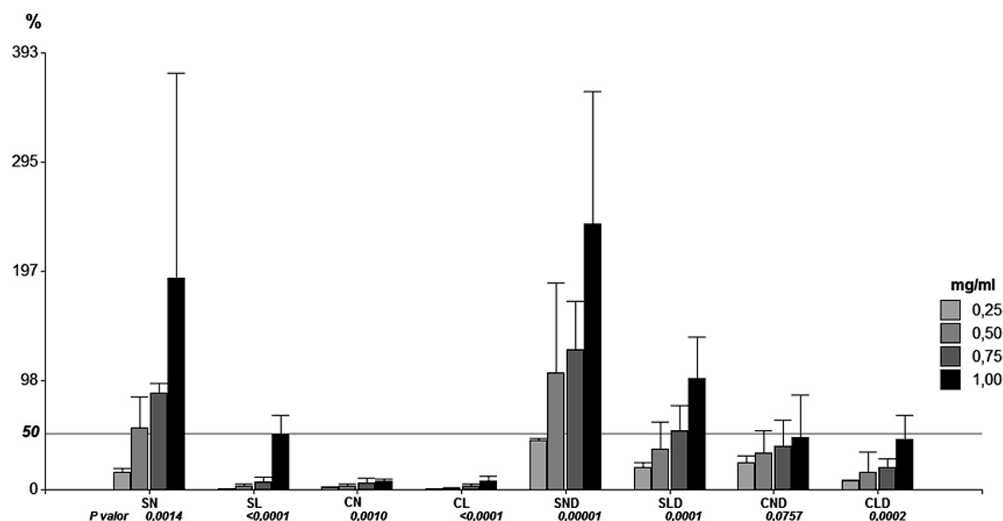


Figura 1. Índice disuasivo de los extractos y fracciones purificadas en diclorometano.

Las barras corresponden a la desviación estándar. El p valor corresponde a la significancia estadística del análisis de regresión lineal simple realizado al interior de cada uno de los tratamientos.

SN: Semillas de naranja, SL: Semillas de limón, CN: Cáscaras de naranja, CL: Cáscaras de limón, SND: Semillas de naranja diclorometano, SLD: Semillas de limón diclorometano, CND: Cáscaras de naranja diclorometano, CLD: Cáscaras de limón diclorometano.

te, tanto el extracto crudo como la fracción de semilla de naranja se diferencian de los demás tratamientos ($P < 0,0001$).

En la figura 2 se observa que tanto las fracciones en diclorometano como el extracto crudo de semilla de naranja superaron el 50% de actividad en el índice antiapetitivo, esto sugiere que en todas las fracciones se concentraron compuestos bioactivos puesto que el efecto antiapetitivo fue mayor con respecto a los extractos crudos. Lo anterior se verificó mediante ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey, que muestran diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los extractos y fracciones purificadas so-

bre las larvas de *S. frugiperda*, siendo la fracción en DCM de semilla de limón (SLD) el tratamiento con mayor actividad antiapetitiva (Tabla 3).

Con la fracción en diclorometano de semilla de naranja se obtuvo el mayor índice a la dosis más alta (1 mg/ml), no obstante a dosis más bajas la actividad fue superior al 50%. Por el contrario en la fracción de semilla de limón mostró la mayor actividad a concentraciones bajas; la caracterización fitoquímica de los extractos mostró diferencias en el contenido de metabolitos. El extracto de semilla de *C. limonia* contiene polifenoles, taninos y saponinas, ausentes en el extracto

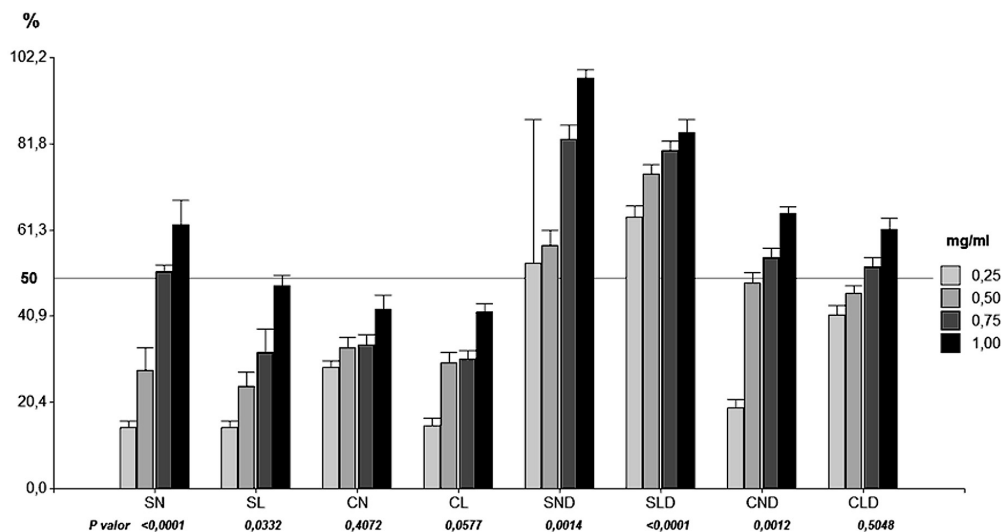


Figura 2. Índice antiapetitivo de extractos crudos y fracciones purificadas en diclorometano.

Las barras corresponden a la desviación estándar. El p valor corresponde a la significancia estadística del análisis de regresión lineal simple realizado al interior de cada uno de los tratamientos.

SN: Semillas de naranja, SL: Semillas de limón, CN: Cáscaras de naranja, CL: Cáscaras de limón, SND: Semillas de naranja diclorometano, SLD: Semillas de limón diclorometano, CND: Cáscaras de naranja diclorometano, CLD: Cáscaras de limón diclorometano.

Tabla 2. Prueba de comparación de medias índice disuasivo.

Extracto	Medias
ETOH cáscara de limón	3,42 A
ETOH cáscara de naranja	4,80 A
ETOH semillas limón	15,24 AB
DCM cáscara limón	22,11 AB
DCM cáscara de naranja	35,92 AB
DCM semillas limón	52,30 B
ETOH semilla de naranja	86,98 CD
DCM semilla de naranja	128,61 C

Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los extractos y fracciones evaluadas.

de semilla *C. sinensis* (Tabla 1) lo que podría ocasionar la diferencia entre la actividad antialimentaria.

Los ensayos de actividad anti-insecto y su comparación con los perfiles cromatográficos de los extractos crudos y sus fracciones obtenidas, demuestran que dicha actividad se encuentra asociada a la fracción enriquecida con limonoides (fracción en diclorometano) sugiriendo un potencial insecticida para diferentes insectos plaga a partir de las materias primas utilizadas. Estudios semejantes han demostrado que compuestos de naturaleza limonoide como la limonina, epilimonol, diosfenol limonina, nomilina, y obacunona presentan una alta actividad antialimentaria y de inhibición del crecimiento a bajas concentraciones (Alford *et al.* 1987; Mendel *et al.* 1991b; Liu *et al.* 1990; Ruberto *et al.* 2002; Westerlon 2006).

Sin embargo, la actividad antialimentaria de los limonoides cítricos es difícil de comparar, debido a la heterogeneidad de especies de insectos y los protocolos utilizados (Caballero 2004). Además, el impacto de un determinado aleloquímico sobre la fisiología de un insecto depende tanto de la identidad y cantidad de ese compuesto, como de las identidades y cantidades de otros aleloquímicos presentes (Duffey Stout 1996).

La identificación de los extractos y fracciones con presencia de limonina por cromatografía de capa delgada mostraron que los extractos crudos de semilla de las dos especies y sus respectivas fracciones fueron las que presentaron un factor de retención (RF) más representativo en comparación con el patrón de limonina.

Los resultados de la actividad antialimentaria mostrada por los extractos y fracciones en este estudio ponen de manifiesto que estos pueden interactuar de manera diferente potenciando o disminuyendo la actividad, tal y como se mostró en la fracciones en DCM de semilla de limón cuya acción antiapetitiva fue mayor que la del compuesto puro a igual concentración. Incluso dicha interacción puede dar lugar a efectos diferenciales frente a la relación dosis respuesta de los extractos como se puso en evidencia en los resultados del índice antiapetitivo, donde la cantidad e identidad de compuestos limonoides favorece el efecto a dosis bajas de la fracción en diclorometano de semilla de limón (Weathersbee y Tang 2002). La tasa de incremento de peso (TIP) permitió considerar los efectos sobre la fisiología de las larvas y confirmar el modo de acción de los tratamientos. En la figura 3 se evidenció que los extractos tienen una actividad antinutricional que se refleja en la pérdida de peso durante el ensayo en condiciones de no preferencia (Suresh *et al.* 2002).

Tabla 3. Prueba de comparación de medias índice antiapetitivo.

Extracto	Medias	
ETOH cáscara de limón	29,03	A
ETOH cáscara de naranja	29,96	A
ETOH semillas limón	34,73	B
DCM cáscara limón	40,65	C
DCM cáscara de naranja	46,60	D
DCM semillas limón	51,06	D
ETOH semilla de naranja	68,15	E
DCM semilla de naranja	76,12	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Los insectos alimentados con discos de hojas tratadas con las dosis más altas (0,75% y 1% mg/ml) mostraron una pérdida de peso significativamente diferente al control. En cuanto a los comportamientos de los extractos; la fracción en DCM de semilla tuvo una actividad estadísticamente significativa a la dosis más alta 1% (mg/ml) y las fracciones en diclorometano de semilla de limón y cáscara de naranja presentaron diferencias frente a la dosis blanco pero no entre los tratamientos a diferentes concentraciones del extracto. Esto indica un efecto antinutricional en cada tratamiento independientemente de la dosis. Teniendo en cuenta que cada extracto fue comparado con un control el mismo día del ensayo, para minimizar que la deshidratación pudiera incidir en la pérdida de peso, se propone que la actividad antinutricional de los extractos podría estar relacionada con la toxicidad de los compuestos constituyentes, como por ejemplo; compuestos terpénicos asociados a limonoides, que han sido reportados como compuestos tóxicos sobre diferentes insectos (Alford *et al.* 1987; Mendel *et al.* 1991a).

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que es posible recuperar metabolitos secundarios u obtener extractos a partir de residuos cítricos de difícil disposición que pueden llegar a ser útiles en el control biológico del gusano cogollero del maíz, en este sentido las semillas de las dos especies de cítricos, en especial las de *C. sinensis*, presentaron mayor actividad antialimentaria y antinutricional sobre *S. frugiperda*. También se logró evaluar a *C. limonia*, especie promisoría para nuestro departamento y que ha sido poco estudiada en cuanto a su composición química y su actividad biológica; demostrando que los residuos de esta especie pueden llegar a tener una gran importancia en el control de insectos plaga.

Literatura citada

- ALFONSO, D.; BRINES, N.; PEÑALVO, E.; VARGAS, C.; PEREZ, A.; GÓMEZ, P.; PASCUAL, A.; RUIZ, B. 2010. Cuantificación de materias primas alimentarias de origen vegetal. Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España. Ministerio de Ciencia e Innovación de España.
- ALFORD, A. R.; CULLEN, J. A.; STORCH, R. H.; BENTLEY, M. D. 1987. Antifeedant activity of limonin against the Colorado

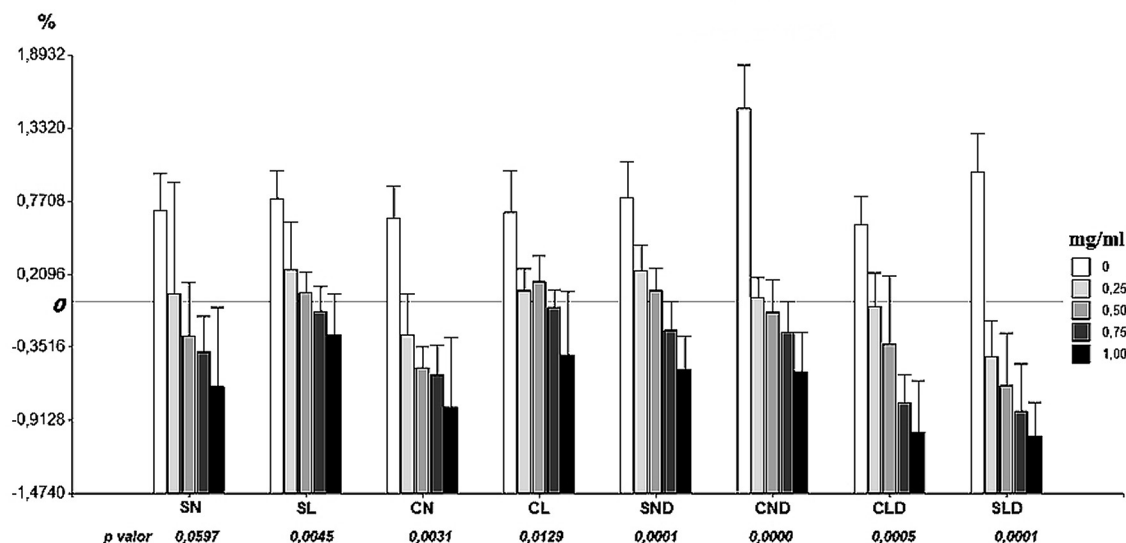


Figura 3. Tasa de incremento de peso relativo de extractos crudos y fracciones.

Las barras corresponden a la desviación estándar. El P valor corresponde a la significancia estadística del análisis de regresión lineal simple realizado al interior de cada uno de los tratamientos. SN: Semillas de naranja, SL: Semillas de limón, CN: Cáscaras de naranja, CL: Cáscaras de limón, SND: Semillas de naranja diclorometano, SLD: Semillas de limón diclorometano, CND: Cáscaras de naranja diclorometano, CLD: Cáscaras de limón diclorometano.

- potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* 80 (3): 575-578.
- ANGIER, J. T.; McCARTY, G. W.; RICE, C. P.; BIALEK, K. 2002. Influence of a riparian wetland on nitrate and herbicides exported from an agricultural field. *Journal Agriculture Food Chemistry* 50 (15): 4424-4429.
- ARTIGAS, N. J. 1994. *Entomología Económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles a ser introducidos)*. Ed. Universidad de Concepción, Chile.
- BLANEY, W. M.; SIMMONDS, M. S. J.; LEY, S. V.; JONES, P. S. 1988. Insect antifeedants: a behavioural and electrophysiological investigation of natural and synthetically derived clerodane diterpenoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 46 (3): 267-274.
- BUSATO, G. R.; GRUZTMACHER, A. D.; DE OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, E. A.; ZIMMER, P. A.; KOPP, M. M.; DE BANDEIRA, J.; MAGALAHES, T. 2004. Análise da estrutura e diversidade molecular de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) associadas as culturas de milho e arroz no Rio Grande do Sul. *Neotropical Entomology* 33 (6): 709-716.
- CABALLERO, C. 2004. Efectos de terpenoides naturales y hemisintéticos sobre *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) y *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de doctorado; Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Vegetal I.
- CAPATAZ, J.; OROZCO, F.; VERGARA, R.; HOYOS, R. 2007. Efecto antialimentario de los extractos de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en condiciones de laboratorio. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 60 (1): 3703-3715.
- DOMÍNGUEZ, X. 1985. *Métodos de investigación fitoquímica*. 3ª ed. México: Limusa S.A. p. 229-238.
- DUFFEY, S. S.; STOUT, M. J. 1996. Antinutritive and toxic components of plant defense against insects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 32 (1): 3-37.
- ESCOUBAS, P.; LAJIDE, L.; MITZUTANI, J. 1993. An improved leaf-disk antifeedant bioassay and its application for the screening of Hokkaido plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 66 (2): 99-107.
- GEORGE, A. W.; VISSCHER, P. M.; HALEY, C. S. 2000. Mapping quantitative trait loci in complex pedigrees: a two-step variance component approach. *Genetics* 156 (4): 2081-2092.
- LIU, Y. B.; ALFORD, A. R.; RAJAB, M. S.; BENTLEY, M. D. 1990. Effects and modes of action of *Citrus limonoids* against *Leptinotarsa decemlineata*. *Physiology Entomology* 15: 37-45.
- MENDEL, M. J.; ALFORD, A. R.; BENTLEY, M. D. 1991a. A comparison of the effects of limonin on Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, larval feeding. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 58 (2): 191-194.
- MENDEL, M. J.; ALFORD, A. R.; RAJAB, M. S.; BENTLEY, M. D. 1991b. Antifeedant effects of *Citrus limonoids* differing in A-ring structure on Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. *Journal of Economic Entomology* 84 (4): 1158-1162.
- MORIGUCHI, T.; KITA, M.; HASSEGAWA, S.; OMURA, M. 2003. Molecular approach to citrus flavonoid and limonoid biosynthesis. *Food, Agriculture and Environment* 1 (1): 22-25.
- MURILLO, E.; MÉNDEZ, J. 2011. Guía metodológica para la detección rápida de algunos núcleos secundarios y caracterización de una droga cruda. Departamento de química, Universidad del Tolima.
- MURRAY, K. D.; GRODEN, E.; DRUMMOND, F. A.; ALFORD, A. R.; STORCH, R. H.; BENTLEY, M. D. 1996. Citrus limonoid effects on Colorado potato beetle larval survival and development. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80 (3): 503-510.
- MURÚA, M. G.; VIRLA, E. G.; DEFAGÓ, V. 2003. Evaluación de cuatro dietas artificiales para la cría de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) destinada a mantener poblaciones experimentales de himenópteros parasitoides. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 29 (1): 43-51.
- RASKIN, I.; RIBNICKY, D.M.; KOMARNYTSKY, S.; ILIC, N.; POULEV, A.; BORISJUK, N.; BRINKER, A.; MORENO, D. A.; RIPOLL, C.; YAKOBY, N.; O'NEAL, J. M.; CORNWELL, T.; PASTOR, I.; FRIDLENDER, B. 2002. Plants and human

- health in the twenty-first century. *Trends in Biotechnology* 20 (12): 522-531.
- REGNAULT-ROGER, C. 2005. New insecticides of plant origin for the third millennium. pp. 1-15. En: Regnault-Roger, C.; Philogene, B. J. R.; Vincent, C. (Eds.). *Biopesticides of plant origin*. Lavoisier, Paris. France. 313 p.
- RUBERTO, G.; RENDA, A.; TRINGALI, C.; NAPOLI, E. M.; SIMMONDS, M. S. 2002. Citrus limonoids and their semisynthetic derivatives as antifeedant agents against *Spodoptera frugiperda* larvae. A structure-activity relationship study. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 6766-6774.
- SHAALAN, E. D. V.; CANYON, M.; YOUNES, H.; ABDEL, W.; MANSOUR, A. 2005. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *El Servier* 31 (8): 1149-1166.
- SIMMONDS, M. S. J.; BLANEY, W. M.; SCHOONHOVEN, L. M. 1992. Effects of larval diet and larval age on the responsiveness of taste neurones of *Spodoptera littoralis* to sucrose. *Journal of Insect Physiology* 38 (4): 249-257.
- SURESH, G.; GEETHA, G.; DANIEL, W. S.; PRADEEP, N. D.; MALATHI, R.; RAJAN, S. S. 2002. Insect antifeedant activity of tetranortriterpenoids from the rutales. A perusal of structural relations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (16): 4484-4490.
- TURGUT, C.; ERDOGAN, O.; ATES, D.; GOKBULUT, C.; CUTRIGHT, T. J. 2010. Persistence and behaviour of pesticides in cotton production in Turkish soils. *Environmental Monitoring and Assessment* 162 (1-4): 201-208.
- WAGNER, H.; BLANDT, S. 2001. Drugs containing sweet-tasting terpene glycosides. pp. 329-334. En: Wagner, H.; Blandt, S. (Eds.). *Plant drug analysis, a thin layer chromatography atlas*. Springer. Segunda edición. Munchen. Alemania. 368 p.
- WEATHERSBEE, A. A.; TANG, Y. Q. 2002. Effect of neem seed extract on feeding, growth, survival, and reproduction of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 95 (4): 661-667.
- WESTERLON, R. 2006. Análise fitoquímica, avaliações de bioatividade in vitro e in vivo de *Raulinoa echinata*. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências da Saúde.
- ZHOU, D.; VAN LOON, J. J.; WANG, C. Z. 2010. Experience-based behavioral and chemosensory changes in the generalist insect herbivore *Helicoverpa armigera* exposed to two deterrent plant chemicals. *Journal of Comparative Physiology* 196 (11): 791-799.

Recibido: 1-ago-2012 • Aceptado: 24-abr-2013

A new species of *Mesembrinella* (Diptera: Calliphoridae: Mesembrinellinae) from Colombia

Nueva especie de *Mesembrinella* (Diptera: Calliphoridae: Mesembrinellinae) para Colombia

MARTA WOLFF¹

Abstract: *Mesembrinella* is a Neotropical genus with only three species reported for Colombia: *M. apollinaris*, *M. bicolor* y *M. umbrosa*. This paper describes a new species of the genus; *Mesembrinella patriciae* sp. nov. which is found in the departments of Antioquia, Caldas, Norte de Santander, Quindío, Risaralda and Santander (Central and Eastern Andean mountain range) between 1,900-2,800 masl. Identification key of the species of *Mesembrinella* and description of the male and female of the new species are provided along with illustrations of the terminalia.

Key words: Andean biodiversity. Neotropical Region. Taxonomy.

Resumen: *Mesembrinella* es un género neotropical con sólo tres especies reportadas para Colombia: *M. apollinaris*, *M. bicolor* y *M. umbrosa*. En este trabajo se describe una nueva especie del género; *Mesembrinella patriciae* sp. nov. que se encuentra en los departamentos de Antioquia, Caldas, Norte de Santander, Quindío, Risaralda y Santander (Cordillera Andina Central y Oriental) entre 1.900 a 2.800 msnm. Se presenta la clave para la identificación de *Mesembrinella*, y la descripción del macho y la hembra de la nueva especie, con ilustraciones de la terminalia.

Palabras clave: Biodiversidad andina. Región Neotropical. Taxonomía.

Introduction

Mesembrinella Giglio-Tos, 1893 is one of the nine genera of Mesembrinellinae Shannon, 1926, a Calliphoridae subfamily restricted to the Neotropical Region (Mello 1967; Toma and Carvalho 1995). The species of *Mesembrinella* are found in areas with undisturbed native vegetation, and are considered to be asynanthropic (Nourteva 1963), associated with decomposed animal and vegetable matter. There are 13 species described for this genus (Guimarães 1977), distributed from the south of Mexico to the north of Argentina (Peris and Mariluis 1984). Only three species of *Mesembrinella* have been reported for Colombia: *M. apollinaris* Seguy, 1925 from Villavicencio, Department of Meta; *M. bicolor* (Fabricius, 1805) and *M. umbrosa* (Aldrich, 1922) (Pape *et al.* 2004), from “Aguacatal River” Guimarães (1977), probably referring to the Department of Valle del Cauca.

Male and female of *Mesembrinella patriciae* sp. nov. are described based on specimens collected in the Cordillera Central and Cordillera Oriental (Central and Eastern Andean mountain range). A key to identification the species of the genus *Mesembrinella* and illustrations of male genitalia of the new species and of *M. bicolor* (species closely related) are shown.

Material and methods

Material examined is deposited in the Laboratorio de Colecciones Entomológicas de la Universidad de Antioquia, Colombia (CEUA). The specimens were collected in Antioquia, Caldas, Quindío and Risaralda (Central Andean mountain range), Norte de Santander and Santander (Eastern Andean mountain range), between 1,900 and 2,800 masl.

The type material of the new species is deposited in the Colección de Entomología de la Universidad de Antioquia (CEUA), Medellín, and Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Villa de Leyva.

The morphological description used to diagnose and describe the male of the new species follows McAlpine (1981). Body length was recorded from the front to the apex of the abdomen, and the wing length was taken from the alar sclerite to the wing apex. To study the male genitalia, the abdomen was submerged in 10% potassium hydroxide (KOH) at room temperature for 24 hours, rinsed in acetic acid for 10 minutes, followed by distilled water for 10 minutes, and finally placed in ethanol 70% with glycerin (9:1) until dissection of genitalia.

For description and illustration purposes, the genitalia were dissected using an Olympus® SZ60 microscope. The photos were taken using a Leica® M205c stereomicroscope. All the dissected structures were preserved in 200 µL plastic tubes with glycerin; any remaining parts of the specimen were mounted using insect pins.

Taxonomy

Mesembrinella Giglio-Tos, 1893: 4. Type species, *Musca quadrilineata* Fabricius, 1805 original description; misidentification = *Mesembrinella* (*Mesembolia*) *bellardiana* Aldrich, 1922; Giglio-Tos 1895: 11; Wulp 1826: 300; Hough 1899: 64; Aldrich 1905: 518; 1922:10; 1925: 22,12; Surcouf 1919: 72; Shannon 1926: 120; Hall 1948: 64; Mello 1967: 47; James 1970: 3; Guimarães 1977: 16; Peris and Mariluis 1984: 253; Mariluis 1987: 107; Maes *et al.* 1994: 16; Toma and Carvalho 1995: 136; Vargas and Wood 2010: 1299; Marinho *et al.* 2012: 842.

¹ Ph. D. Profesora Titular. Instituto de Biología, Grupo de Entomología (GEUA), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. mwolff@matematicas.udea.edu.co.

Diagnosis

Mesembrinella (according to Guimarães 1977) differs from the other genus of Mesembrinellinae in the following combination of characters: humeral callus with three setae; post humerals present; two or three katepisternal setae and remigium from ciliate to bare.

Monophyly. According to Toma and Carvalho (1995), there has not yet been any reported character that supports monophyly of this genus.

Key to species of *Mesembrinella*

(Adapted from Guimarães 1977)

1. Basal section of stein vein (remigium) ciliate dorsally.... 2
- 1'. Basal section of stein vein (remigium) bare dorsally 3
2. Subcostal sclerite ciliate.....*M. bellardiana* Aldrich
- 2'. Subcostal sclerite bare.....*M. peregrina* Aldrich
3. Supra-alar setae 3 or 4; abdomen densely with tomentum and with clothing setulae arising from a small shining spot...
.....*M. batesi* Aldrich
- 3'. Supra-alar setae 3; abdomen densely with tomentum and without clothing setulae arising from a small shining spot. 4
4. Subcostal sclerite bare..... 5
- 4'. Subcostal sclerite ciliate 8
5. Mesonotum black..... 6
- 5'. Mesonotum reddish brown to orange yellow 7
6. Two post-alar setae; postpronotal lobe yellow
.....*M. flavicrura* Aldrich
- 6'. Three post-alar setae; postpronotal lobe black
.....*M. xanthorrhina* (Bigot)
7. Wings with internal margin of the inferior calypter truncated, projecting towards the scutellum; superior calypter slightly infuscated around it (Figs. 2H-N).....*M. bicolor* (Fabricius)
- 7'. Wings with internal margin not truncated, not projecting towards the scutellum; both calypteres with margin infuscated
.....*M. patriciae* sp. nov.
8. Acrostichal setae 1:1.....*M. semihyalina* Mello
- 8'. Acrostichal setae different (2:1, 2:2, 2:3) 9
9. Big species (body length 13mm or more); wings with distance between veins R4 + 5 and M more than half the distance between veins R2+3 and R4+5.....10
- 9'. Medium to small-sized species; distance between veins R4 + 5 and M less than half the distance between veins R2+3 and R4 + 513
10. Facial ridge with brown to black cilia above vibrissae; wing strongly infuscated or with spot around veins; head silvery tomentum11
- 10'. Facial ridge with orange yellow cilia above vibrissae; wings hyaline, with a strong black spot along costa, not around others veins; head golden tomentum
.....*M. currani* Guimarães
11. Face, facial plate and palpi yellow-orange.....12
- 11'. Face, facial plate and palpi chestnut (black-brown)
.....*M. apollinaris* Séguy
12. Wings strongly infuscated on apical half and around veins; abdominal T3 –T4 with row of marginal setulae; post-alar setae 2; paraphallus without denticles.....
.....*M. pictipennis* Aldrich
- 12'. Wings faintly infuscated; abdominal T3-T4 without row of marginal setulae; post-alar setae 3; paraphallus with denticles
.....*M. umbrosa* Aldrich
13. Femur pale (yellow orange); abdomen with tomentum

- over all tergites, T4 and T5 with oblique bans.....14
- 13'. Femur dark (chestnut – red-chestnut), with the apical ¼ pale (yellow); abdomen with tomentum only at the T1+2 and T3*M. brunripes* Surcouf
14. Male with a pair of reclinate orbitals setae in front ocellus.....*M. abaca* (Hall)
- 14'. Male without reclinate orbitals setae.....
.....*M. townsendi* Guimarães

Mesembrinella patriciae sp. nov. (Figs. 1, 2A-G)

Diagnosis. Medium to large flies; male holoptic; lower calypter narrow, rounded posteriorly, with anteromedian angle distinctly lateral to base of scutellum, not directed towards the scutellum; subcostal sclerite and basal section of stein vein bare (remigium); apical tip of paraphallus with denticles.

Description male. Head: holoptic, frontal vitta obliterated, chestnut color, widened when reaching the lunule, in the more slender portion with approximately 1/2 diameter of the anterior ocelli; parafrontal and parafacialia yellow with silver tomentum and bare; gena yellow with silver tomentum, postgena and occiput white tomentum, with thin and long hairs; face and clypeal membrane pale; ocellar triangle chestnut; scape, pedicel, flagellomere and palp orange in color. Chaetotaxy: ocellar setae 2 pair parallel and proclinate; postocellar setae 1 pair parallel; outer vertical setae 1 pair parallel; inner vertical setae 1 pair crossed; para-vertical 1 pair convergent; post-ocular seta black homogeneously distributed up to the gena; inter-frontal and orbital proclinate absent; facial carina slightly prominent with few short black setulae at base, above vibrissae; vibrissae crossed; subvibrissae approximately ½ length of vibrissae. Thorax: Mesonotum red chestnut, with white tomentum and defined longitudinal testaceous bands; pleura and humeral callus orange with fine white tomentum; anterior and posterior spiracles pale yellow; legs with coxae, trochanters and femora orange, mid and posterior femora with apexes dark chestnut; mid femur with three apical posterodorsal setae and one antero-medial setae. Chaetotaxy: postpronotal lobe 3; post-postpronotal 1;



Figure 1. Habitus of *Mesembrinella patriciae* sp. nov. Paratype male: 1, lateral view. Scale bar = 2 mm.

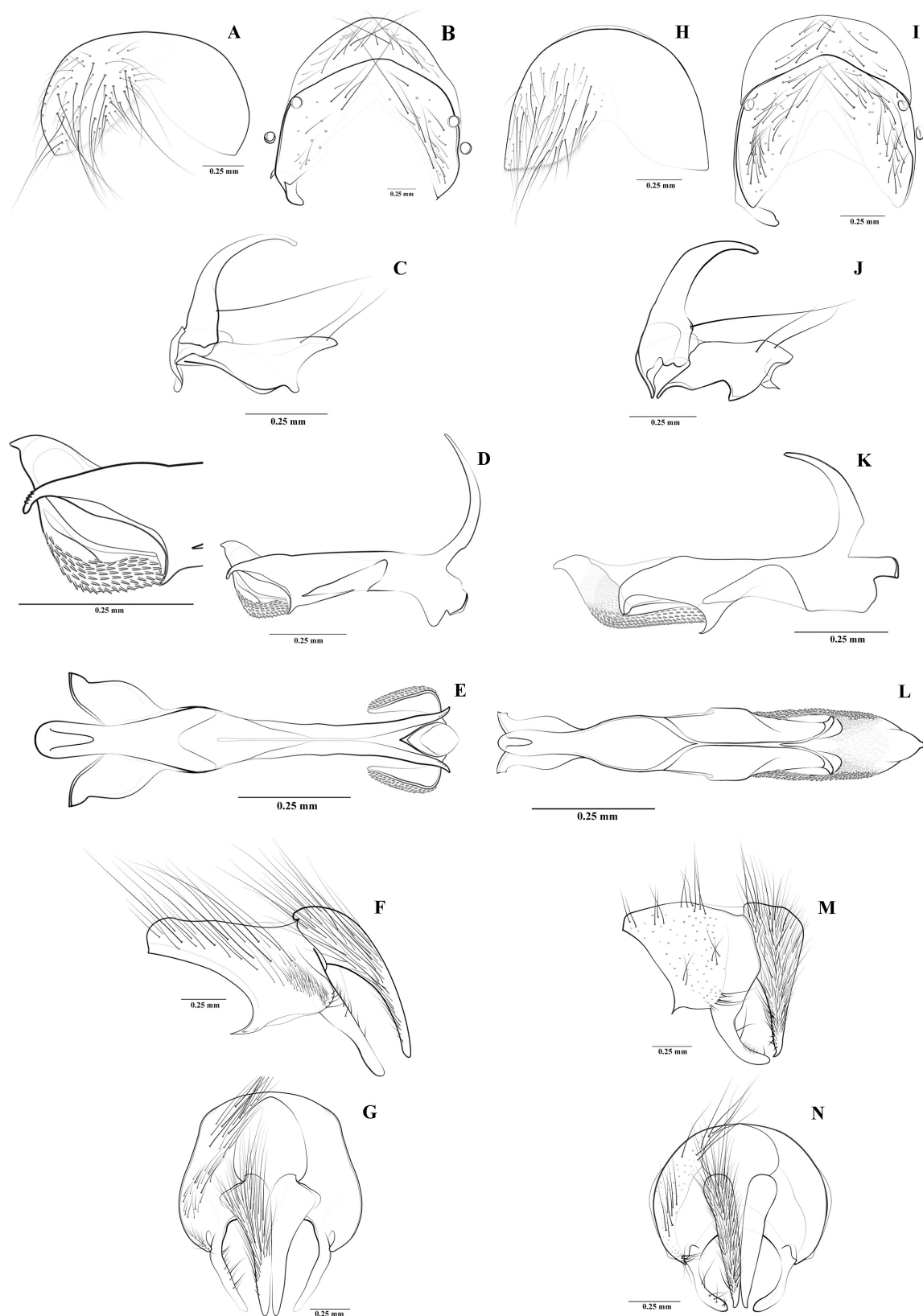


Figure 2. Male terminalia of *Mesembrinella patricia* sp. nov., Paratype, male: **A.** Sternite 5, dorsal view; **B.** Sternite 6, dorsal view; **C.** Posgonite and pregonite, right lateral view; **D.** Aedeagus, right lateral view; **E.** Aedeagus, right dorsal view; **F.** Epandrium, surstylus and cercus, left lateral view; **G.** Epandrium, surstylus and cercus, posterior view. Male terminalia of *Mesembrinella bicolor*: **H.** Sternite 5, dorsal view; **I.** Sternite 6, dorsal view; **J.** Posgonite and pregonite, right lateral view; **K.** Aedeagus, right lateral view; **L.** Aedeagus, right dorsal view; **M.** Epandrium, surstylus and cercus, posterior view; **N.** Epandrium, surstylus and cercus, left lateral view. Scale bars: 0.25 mm.

acrostichal 2:3; dorso-central 2:3; intra-alar 1:2, supra-alar 3; pre-sutural 1; post-alar 3, apical-scutellar 1, discal-scutellar 1, prebasal-scutellar 1 thin, subapical-scutellar 3; proepimeron 2; anepisternum 6; katapisternum 2+1; meron-setae as an inverted "L"; post-alar wall with few black setulae; suprasquamal bridge naked. Wings: Hyaline, with a brown spot restricted to r-m; tegula and basicosta orange; subcostal sclerite and remigium naked; meeting point of R2+3 and R4+5 with three or five setulae. Distance between apex of R4+5 and M much less than half the length between apex R2+3 and R4+5. Calypteres with dark edge; lower calypter with lobular internal margin, not directed towards the scutellum. Abdomen: Bluish to green purplish metallic, except base of T1+2 which is yellow; T1+2 without lateral discal setae parallel to tergite; T1+2 and T3 with two marginal lateral setae; T4 and T5 with complete marginal setae. Terminalia: St 5 with round lobes (Fig. 2A); T6 partially melted to T7+8 (Fig. 2B); pregonite apically truncated (Fig. 2C); apical tip of paraphallus with dorsal line of denticles (Figs. 2D-E); hypophallus less than the length of paraphallus; epiphallus long and thin (Fig. 2D); cercus and surstyli in lateral view slightly curved (Figs. 2F-G).

Measurement. Body length 9 to 10 mm (n = 55).

Female differs from male as follows. Head: Dichoptic, front wide chestnut color. Chaetotaxy: a pair of interfrontal setae, outer vertical setae slightly divergent; a pair of upper orbital setae slightly divergent; two pairs of lower orbital proclinate.

Measurement. Body length 10 mm (n = 114).

Discussion

This species is closely related to *M. bicolor* (Fabricius) (Figs. 9-15) differing by the lower calypter with lobular internal margin, not directed towards the scutellum; calypters with dark edge; surstyli in lateral view slightly curved and apical tip of paraphallus with dorsal line of denticles.

Distribution. Colombia: Departments of Antioquia, Caldas, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, and Santander [Sistema Andino, Cordilleras Central and Oriental (Central and Eastern Andean mountain range)].

Etymology. The name is a tribute to my friend and colleague Entomologist Patricia Duque Vélez, field researcher, for her countless contributions to the insect collections of Colombia.

Material examined. Holotype male: Co [Colombia] / Qui [Quindío] / Filandia / Granja Experimental Bengala / native forest, 2020 msnm [meters above level sea], 04°41'10"N; 75°37'2"W, T-vsr pez [Trampa vansomer pez], 13-19-Nov-2010, G. Entomología [Grupo de Entomología] CEUA (48390).

Paratypes: (58♂♂, 112♀♀). **COLOMBIA.** Antioquia, Jardín-Támesis, Reserva Natural Cuchilla, Bosque nativo, 2.700-2.800 m, Manual, 19-May-2006, G. Entomología [Grupo de Entomología], [CEUA]; 1♂ dissected, **Caldas.** Manizales, Vereda La Florida, Reserva Rio Blanco, Bosque

nativo, 2.592 m, Manual, 04-abr-2005, Grupo de Entomología, [CEUA]; 1♀. Other specimens with the same label information, except for: Trampa vansomer pez, [CEUA]. 3♀♀, **Norte de Santander.** Cucutilla, Carrizal Sisavita, Bosque nativo, 1.900 m, 7°28'16,6"N 72°49'48"O, Trampa vansomer pez, 19-ago-2001, P. Duque & A. Vélez, [CEUA]. 1♀, **Quindío.** Salento, Vereda Cana, Finca El Embrujo, Bosque nativo, 1.700 m, Trampa vansomer pez, 15-nov-2009, A. Vélez & A.L. Montoya, [CEUA]; 1♂, Filandia, Granja Experimental Bengala, Bosque nativo, 2.020 m, 04°41'10"N 75°37'2"O, Trampa vansomer pez, 13-19-nov-2010, P. Duque & A. Vélez, [CEUA]. 31♂♂, 32♀♀. **Risaralda.** Pereira, SFF Otún Quimbaya, Santuario Fauna y Flora Otún Quimbaya, Bosque nativo, 1.900 m, Trampa vansomer pez, 07-may-2001, Grupo de Entomología, [CEUA]; 5♂♂, 36♀♀. Pereira, SFF Otún Quimbaya, Santuario Fauna y Flora Otún Quimbaya, Bosque nativo, Cuchilla camino, 4°44'N 75°35'O, 1.960 m, Trampa Malaise, 15-sept-2004, G. López, [IAvH 5039]; 7♂♂, 14♀♀. **Other specimens with the same label information, except for:** 12-jul-2004, G. López, [IAvH 5041]; 1♂, 2♀♀. 28-jul-2004, G. López, [IAvH 5043], 1♂. Robledal, 4°44'N 75°35'O, 1.980 m, Trampa Malaise, 16-jul-2004, G. López, [IAvH 5055], 2♂♂, 2♀♀. 27-Nov-2003, G. López, [IAvH 4185], 3♀♀. 22-dic-2003, G. López, [IAvH 4186], 3♀♀. 7-feb-2004, G. López, [IAvH 4769], 1♂. 26-may-2004, G. López, [IAvH 4773], 2♀♀. Urapanera, 1.960 m. 12-jul-2004, G. López, [IAvH 5035], 5♂♂, 2♀♀. Quimbaya, Kerman-Panaca, Bosque nativo, 1.339 m, Trampa vansomer pez, H. Vargas, [CEUA]. 1♀, **Santander.** El Carmen de Chucuri, Alto de Cascajales, Finca Rasgón, Bosque nativo, 2.200 m, Trampa vansomer pez, 21-oct-2000, Grupo de Entomología, [CEUA]; 1♂, 2♀♀. Pie de Cuesta, Vereda Cristalina, Bosque nativo, 2.390 m, Trampa vansomer pez, 05-ago-2001, P. Duque & A. Vélez, [CEUA]; 1♂, 8♀♀. Betulia, Palma de oro, Bosque nativo, 1.900 m, Trampa vansomer pez, 12-oct-2001 A. Vélez & P. Duque, [CEUA].

Acknowledgements

I want to acknowledge Carolina Rivera Alvarez for the illustrations, Taxon Line, Rede Paranaense de Coleções Biológicas, UFPR for taking photographs of male holotype, Project Estrategia de Sostenibilidad 2013-2014 de la Universidad de Antioquia (MW), and Dr. Sionei Bonatto for his permission to use the information of his doctoral dissertation.

Literature cited

- ALDRICH, J. M. 1905. A catalogue of North America Diptera. Smithsonian Miscellaneous Collections 46: 1-680.
ALDRICH, J. M. 1922. The Neotropical muscoids genus *Mesembrinella* Giglio-Tos and other testaceous flies. Proceedings of the United States National Museum 11: 1-24.
ALDRICH, J. M. 1925. New Diptera or two winged flies in the United States National Museum. Proceedings of the United States National Museum 66 (18): 1-36.
FABRICIUS, J. C. 1805. Systema antliatorum secundum ordines, genera, species. Brunsvigae, 373 p.
GIGLIO-TOS, D. E. 1893. Diagnosi di nuovi generi e di nuove specie di Ditteri. Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino 8 (147): 1-11.
GIGLIO-TOS, D. E. 1895. Ditteri Del Messico 4. Torino, 74 p.
GUIMARÃES, J. H. 1977. A systematic revision of the Mesembriellidae, stat. nov. (Diptera, Cyclorrhapha). Arquivos de Zoologia 29: 1-109.

- HALL, D. G. 1948. The blowflies of North America. Thomas Say Foundation, Entomological Society of America, Washington, D.C. 477 p.
- HOUGH, G. N. 1899. Synopsis of the Calliphoridae of the United States. In: Guimarães, J. H. 1977. A systematic revision of the Mesembrinellidae, stat. nov. (Diptera, Cyclorrhapha). Arquivos de Zoologia 29: 1-109.
- JAMES, M. T. 1970. A catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States. 102. Family Calliphoridae. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo 28 p.
- MARILUIS, J. C. 1987. Una nueva especie de Mesembrinellidae EOS 63: 107-113.
- MARINHO, M. A. T.; JUNQUEIRA, A. C. M.; PAULO, D. F.; ESPOSITO, M. C.; VILLET, M. H.; AZEREDO-ESPIN, A. M. L. 2012. Molecular phylogenetics of Oestroidea (Diptera: Calyptratae) with emphasis on Calliphoridae: Insights into the inter-familial relationships and additional evidence for paraphyly among blowflies. Molecular Phylogenetics and Evolution 65: 840-854.
- MAES, J. M.; PERIS, S. V.; GONZÁLEZ-MORA, M. D. 1994. Catalogo de los Calliphoridae (Diptera) de Nicaragua. Revista Nicaraguense de Entomología León 20: 15-20.
- McALPINE, J. F. 1981. Morphology and terminology. pp. 9-63. In: McAlpine, J. F.; Peterson, B. V.; Shewell, G. E.; Teskey, H. J.; Vockeroth, J. R.; Wood, D. M. (Eds.). Manual of Nearctic Diptera. Volume I. Research Branch Agriculture Canada, Monograph No. 27. Publishing Program, Ottawa, volume 1. 674 p.
- MELLO, R. P. DE. 1967. Contribuição ao estudo dos Mesembrinellinae sul-americanos (Diptera, Calliphoridae). Studia Entomologica 10: 1-80.
- NOURTEVA, P. 1963. Synanthropy of blowflies (Dipt., Calliphoridae) in Finland. Annales Entomologici Fennici 29: 1-49.
- PAPE, T.; WOLFF, M.; AMAT, E. 2004. Los califóridos, estridos, rinoforidos y sarcophagidos de Colombia (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae). Revista Biota Colombiana 5 (2): 201-208.
- PERIS, S. V.; MARILUIS, J. C. 1984. Notas sobre Mesembrinellinae. EOS 60: 251-265.
- SÉGUY, E. 1925. Espèces nouvelles du genre *Mesembrinella* G.T. Encyclopedia Entomological. Diptera, Serie. B2, 2: 195-196.
- SHANNON, R. C. 1926. Synopsis of the American Calliphoridae (Diptera). Proceedings of the Entomological Society of Washington 28 (6): 115-139.
- SURCOUF, J. M. R. 1919. Revision des Muscidae Testaceae. In: Aldrich, J. M. 1922. A catalogue of North American Diptera. Proceedings of the United States National Museum 62:1-24.
- TOMA, R.; DE CARVALHO, C. J. B. 1995. Estudo filogenético de Mesembrinellinae com ênfase no gênero *Eumesembrinella* Townsend (Diptera, Calliphoridae). Revista Brasileira de Zoologia 12: 127-144.
- VARGAS, J.; WOOD, D. M. 2010. Calliphoridae (blow flies). pp. 1297-1304. In: Brown, B. V.; Borkent, A.; Cumming, J. M.; Wood, M. D.; Woodley, N. E.; Zumbado, M. A. (Eds.). Manual of Central American Diptera. National Research Council of Canada, Monograph, Publishing Program, Ottawa, volume 2: 715-1442.
- WULF, F. M. VAN DER. 1896. Fam. Muscidae. pp. 273-344. In: Godman, F. D.; Savin, O. (Eds.). Biologia Centrali Americana. Zoologia, Insecta Diptera 2. London, 489 p.

Received: 16-Jan-2013 • Accepted: 29-May-2013

Revision of the neotropical genus *Cerantichir* (Diptera: Neriidae) with new records and a key to species

Revisión del género neotropical *Cerantichir* (Diptera: Neriidae) con nuevos registros y clave de especies

TATIANA A. SEPÚLVEDA^{1,2}, ALESSANDRE PEREIRA-COLAVITE² and CLAUDIO J. B. DE CARVALHO²

Abstract: The Neotropical “cactus fly” genus *Cerantichir* is revised. New information on morphology and distribution is provided. New diagnosis, redescription and a key to identification of the two currently known species, along with photographs and illustrations.

Key words: Biodiversity. Cactus fly. New records. Taxonomy.

Resumen: Se revisó el género Neotropical de “moscas del cactus” *Cerantichir* y se presenta nueva información sobre morfología y distribución. Se incluye una nueva diagnosis, redescrípción y clave para la identificación de las dos especies actualmente conocidas, así como fotografías e ilustraciones.

Palabras clave: Biodiversidad. Moscas del cactus. Nuevos registros. Taxonomía.

Introduction

The Neriidae comprise a small family of acalyptrate flies, with 110 species in 19 genera (Steyskal 1965, 1968, 1977, 1980; Soós 1984; Mangan and Baldwin 1986; Pitkin 1989; Barracough 1993; Buck and Marshall 2004). While these flies are found in all biogeographic regions, they tend to predominate in the tropics (Steyskal 1968, 1987). All neriids feed on sap and decaying plant tissues (Aczél 1961; Steyskal 1987; Buck 2010).

The genus *Cerantichir* Enderlein, 1922 comprises two species, *C. enderleini* Hennig, 1937 and *C. peruana* (Hennig, 1937) that occur in the neotropics from Guatemala to the Midwestern Brazil. Originally, the genus was proposed by Enderlein to include *Nerius flavifrons* Bigot, 1886, removed from *Nerius* based on the presence of the following characters: (1) arista dorso-apical and pubescent, (2) flagellomere with truncate apex, (3) long finger-like inner process of the pedicel, (4) fore legs with ventral spine-like setae towards the apex, (5) scutellum with two setae in tubercles and (6) vein dm-cu short and perpendicular (Enderlein 1922).

Hennig (1937) reviewed the genus *Cerantichir* in which *C. flavifrons* Enderlein nec Bigot was called *C. enderleini*. He defined the genus as having (1) the apex of flagellomere ovate, (2) arista subapical with white pubescence, (3) one upper orbital, paraverticlar, weak inner and outer vertical setae, (4) a palpus broad at the base and pointed forward, (5) a thorax moderately extended, (6) a scutellum with slightly S-shaped curved edges, (7) one dorsocentral, one supra-alar, one postalar and one scutellar setae, all weak, (8) a weak anterior and a strong posterior notopleural setae, (9) mid and hind femora with spine-like anteroventral and posteroventral setae and (10) dm-cu slightly convex. Aczél (1961) defined the genus only by (1) pedicel elongate in both sexes, (2) anterior notopleural seta reduced (hair-like) and posterior notopleural seta conspicuous and (3) dm-cu straight, not oblique. Recently, Buck (2010) stated that the *Cerantichir* have (1)

anterior margin of frons at most weakly convex, not produced between antennal bases, (2) proepisternum anterodorsally bare, (3) scutum anteriorly projected distinctly beyond level of humeral carina, (4) anteprenotal ridge prominent and distinctly placed anterior to humeral carina and (5) dm-cu not oblique, strongly diverging from wing hind margin. Based on the shared apomorphic condition of the anterior part of the thorax, Buck (2010) transferred *Odontoloxozus peruana* Hennig, 1937 to *Cerantichir*, but this character is also shared with *Longina* Wiedemann. Other characters, such as the number 1, 2 and 5 (see above) do not fit with the species newly transferred to the genus and may be easily confused with characters of *Longina*, except for the word “distinctly”, describing the projected scutum.

In addition, Buck and Marshall (2004) emphasized that the similarities shared by these genera may suggest a “possible monophylum” *Longina*+*Cerantichir*, and Buck (2010) questioned the validity of some Neotropical genera of Neriidae and suggested that the genera need to be critically evaluated. Thus, in order to start this critical evaluation, we are presenting a detailed redescription of *Cerantichir* (*Longina* has been studied in detail; Buck and Marshall 2004), as well as a new diagnosis for the genus. New records along with an identification key that is based on adult morphological characters are also presented.

Material and methods

The specimens examined are deposited in the following institutions: Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP), Curitiba, Brazil; Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica; Colección Entomológica de la Universidad de Antioquia (CEUA), Medellín, Colombia; Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), Villa de Leyva, Colombia and Colección Entomológica del Instituto y Fundación Miguel Lillo (IFML), Tucumán, Argentina. We also examined photographs of type-material ob-

¹ Grupo de Entomología, Universidad de Antioquia, apartado aéreo 1226, Medellín, Colombia. ² M. Sc., M. Sc. and Ph. D. respectively. Department of Zoology, Universidade Federal do Paraná, postal box 19020, 81531-980, Curitiba, Paraná, Brazil. Corresponding autor: T. A. S. tatasevilla@gmail.com; A. P. C. neneco@gmail.com; C. J. B. C. cjbcarva@gmail.com.

tained from the Museum für Naturkunde, Humboldt-Universität, Berlin, Germany (ZMHB) and the Staatliches Museum für Tierkunde, Dresden, Germany (SMT).

The material was examined using a Zeiss Stemi DV4 stereoscopic microscope. Photographs were coupled with the Auto-Montage Imaging System®. Drawings and photos were edited using Adobe Illustrator CS5.1 and Adobe Photoshop CS5. The terminology and descriptions of the position of setae follow Cumming and Wood (2009).

The following abbreviations are used in the text: cat. = catalogue; comb. n. = new combination; excl. = excluding; fig./figs. = figure/figures; misid. = misidentification; nom. n. = nomen novum; orig. des. = by original designation; pp. = pages; pls = plates.

Taxonomy

Cerantichir Enderlein

Enderlein 1922: 149 (key), 155 (description; *Nerius flavifrons* Bigot, 1886b orig. des., misid.); Cresson 1930: 314 (listed, = *Nerius*); Hennig 1937: 244 (key), 256 (redescription); Aczél 1949: 379 (cat.); Aczél 1951: 569 (key); Aczél 1961: 298 (genus conspectus); Steyskal 1965: 637 (cat., = *Oncopsia*); Steyskal 1968: 1 (cat.); Buck 2010: 818 (key), 819 (synopsis of the fauna).

Diagnosis. Fronto-orbital plate shiny wide. Ocellar tubercle large, raised and blackish velvety (Figs. 2A-2B). Outer vertical setae absent. Vibrissa absent. Postgena shiny and relatively narrow and either bare or with a few several black setulae. Occiput shiny elongate and as long as high (Fig. 3C). Pedicel laterally flattened, scape less than half of pedicel length; arista densely white pubescent, except for the small basal portion brown pubescent. Thorax elongate, with mesoscutum and anteprenotal ring distinctly anterior to postpronotal carina (Fig. 3C); anterior margin with two setae. Anterior margin of prosternum wide and truncated. One pair of dorsocentral setae (Figs. 2C-2D). Wing partially covered by microtrichia; basally has small bare areas (extending beyond level of r-m in cells r_1 , r_{2+3} and r_{4+5}). Scutellum with one pair of stout apical

setae and two weaker subapical setae. Epandrium extends to level of anterior margin (at most) of tergite 4.

Distribution. Guatemala, Costa Rica, Colombia, Brazil, Peru, Bolivia (Fig. 7).

Key to adults of *Cerantichir* Enderlein

Antennal base dorsally longer than wide; inner margins separated by a small space (Fig. 2A). Inner process of pedicel elongate, finger-like, reaching the proximal half of flagellomere (Fig. 3A). Apex of flagellomere widely rounded. Occiput with black setae towards posterior head margin (Fig. 2A) *C. enderleini*

Antennal base rounded and inflated; inner margins together, with no space between them (Fig. 2B). Inner process of pedicel obtuse with widely rounded apex and extending over a very short proximal portion of the flagellomere (Fig. 3B). Apex of flagellomere truncate. Occiput without black setae towards posterior head margin (Fig. 2B) *C. peruana*

Cerantichir enderleini Hennig, 1922

Figs. 1A, 1C, 2A, 2C, 3A, 3D, 3F-3H, 4A-4B, 6A

Cerantichir flavifrons Enderlein, 1922: 155 (type-species *Nerius flavifrons* Bigot, 1886, orig. des.; misid.).

Cerantichir enderleini Hennig 1937: 256 (nom.n. to *Cerantichir flavifrons* Enderlein, 1922, not *Nerius flavifrons* Bigot, 1886); Aczél, 1949: 379 (cat.); Aczél, 1951: 569 (key); Aczél, 1961: 263-275 (genus, morphological aspects), 277 (key), 299 (redescription), 303 figs. 28-31 (28. male, head, lateral view; 29. male, head, dorsal view; 30. female, antennae, inner process; 31. male, fore femur, lateral view); Steyskal 1968: 2 (cat.); Buck, 2010: 816 fig. 2 (head (antennae excluded) and anterior part of thorax, lateral view). Mello and Ziegler 2012: 152 (cat., type-material).

Male. Body length (excluding antenna and epandrium) 8.6-12.8 mm (Fig. 1). Wing length 7.5-9.4 mm and width 2.1-2.7 mm. Yellowish brown, head partly yellow and shiny; pleuron shiny yellowish brown and bare; thorax with two longitudinal wide yellowish brown stripes, as wide as scutellum.

Head. Elongate; length 1.5-1.9 times width. Frons concave and tapering towards the ocellar plate; anterior margin not

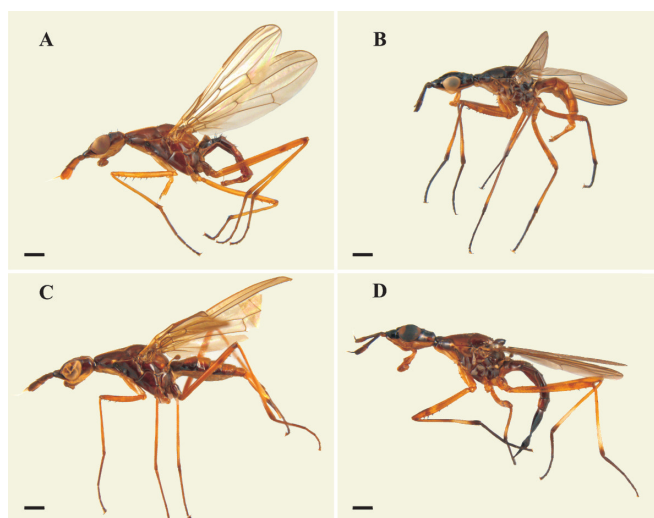


Figure 1. Habitus of *Cerantichir enderleini* and *Cerantichir peruana*. A. *C. enderleini*, ♂, lateral view. B. *C. peruana*, ♂, lateral view. C. *C. enderleini*, ♀, lateral view. D. *C. peruana*, ♀, lateral view. Scales: 1 mm.

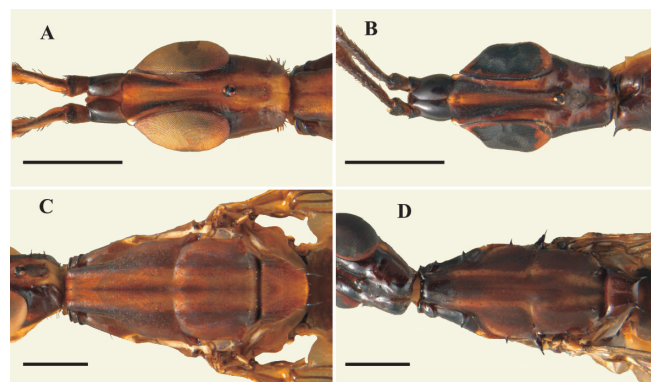


Figure 2. Head and thorax of *Cerantichir enderleini* and *Cerantichir peruana*. A. *C. enderleini*, ♂, head, dorsal view. B. *C. peruana*, ♂, head, dorsal view. C. *C. enderleini*, ♂, thorax, dorsal view. D. *C. peruana*, ♂, thorax, dorsal view. Scales: 1 mm.

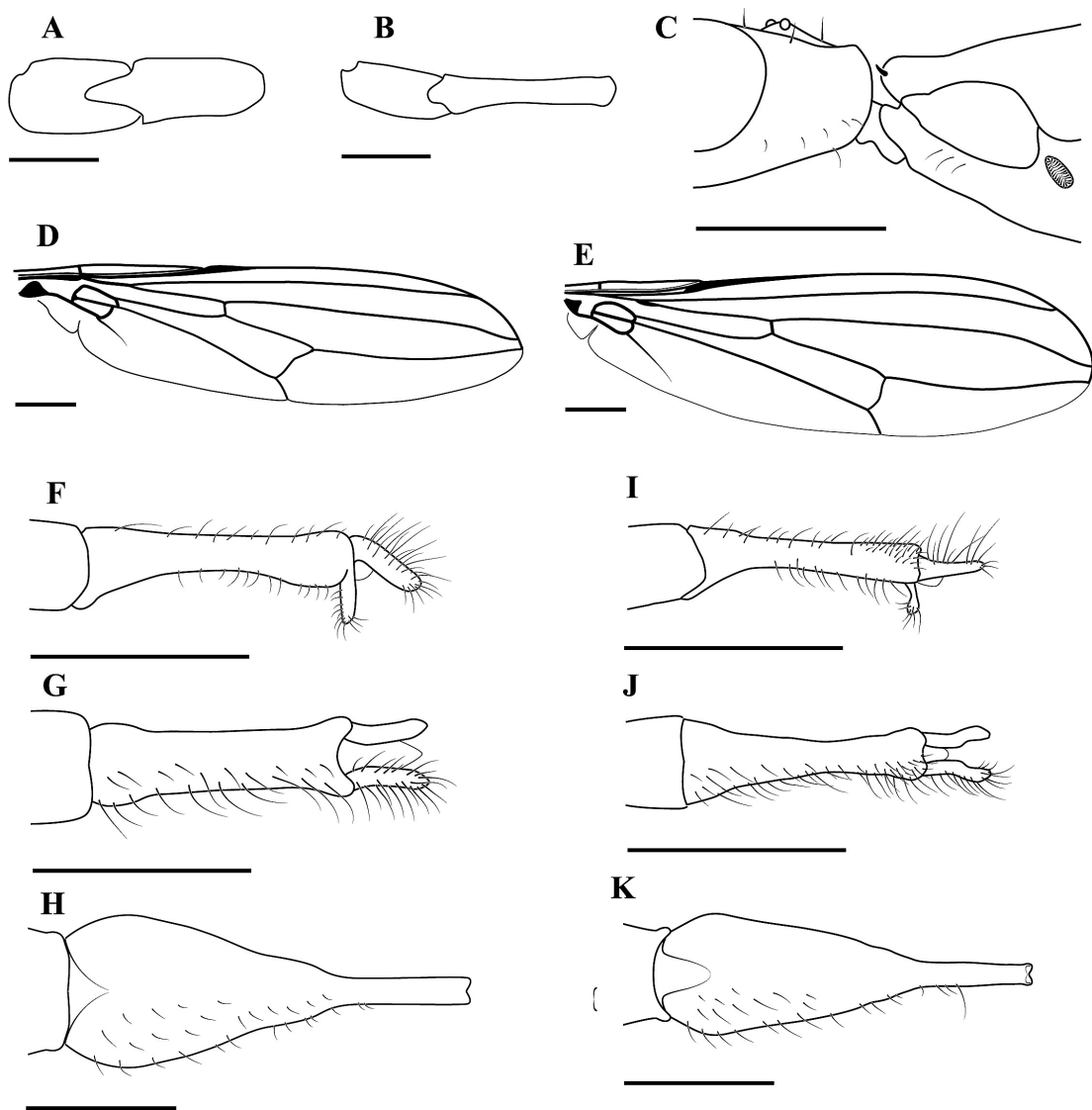


Figure 3. Morphological features of *Cerantichir enderleini* and *Cerantichir peruana*. **A.** *C. enderleini*, ♂, inner process of pedicel. **B.** *C. peruana*, ♂, inner process of pedicel. **C.** *C. peruana*, ♂, mesoscutum, lateral view. **D.** *C. enderleini*, ♂, wing. **E.** *C. peruana*, ♂, wing. **F.** *C. enderleini*, ♂, terminalia, lateral view. **G.** *C. enderleini*, ♂, terminalia, dorsal view. **H.** *C. enderleini*, ♀, terminalia, dorsal view. **I.** *C. peruana*, ♂, terminalia, lateral view. **J.** *C. peruana*, ♂, terminalia, dorsal view. **K.** *C. peruana*, ♀, terminalia, dorsal view. Scales: A-B, 0,5 mm; C-K, 1 mm.

concave nor projected between antennal bases (Fig. 2A); frontal vitta ochraceous whitish pruinose, anterior half with two lateral blackish stripes and posteriorly continuing to the occiput, separating the brown lateral areas of the occiput. Fronto-orbital plate dark yellowish brown, narrowing anteriorly in a white pruinose carina reaching the parafacial plate; posteriorly joining to the brownish vittae of the occiput; with two well developed fronto-orbital setae and several hair-like setulae on the pruinose carina. Vertex brown and velvety behind the ocellar tubercle and yellow pruinose between the inner vertical and postocellar setae. Postocellar setae convergent; 1.5 times longer than the transversal diameter of ocellar tubercle; inner vertical setae slightly divergent and equal to postocellar setae; outer vertical setae absent. Ocellar tubercle dark brown, isolated in the median yellow vitta coming from the frons; ocelli yellow, large and equal; one pair of tiny ocellar setae. Parafacial blackish brown with yellow spot

over mid of height of the eye. Face yellow and straight. Gena subshiny yellow and ventrally rounded; with one brown genal seta, hair-like and shorter than postocellar seta. Postgena yellow, with some white and brown short setulae. Occiput brown with short black setae towards posterior head margin; length 1.1-1.5 height. Antennal base dark brown, dorsally longer than wide; apical margin black, projecting dorsally after a bend very close to the distal margin (Fig. 2A). Antenna 70-80% of head length. Scape yellowish brown, darkened in dorsal margin; 0.3-0.4 mm long. Pedicel paler than scape; 0.5-0.8 mm long; with strong black setulae on dorsal and ventral margins; inner process of pedicel elongate, finger-like (Fig. 3A), reaching the proximal half of flagellomere. Flagellomere ochraceous, darkened in dorsal margin and covered with short yellow pubescence; dorsal and ventral margins parallel and apex widely rounded; length 1.8-2.1 times width. Arista on the dorso-apical margin of the flagellomere.

Thorax. Shiny brown with two dorsal and parallel yellow stripes, separated for a median relatively narrow brown stripe (Fig. 2C); pleuron shiny brown, except white pruinulent metepimeron and mid posterior half of meron; thoracic setae short and slender. Anterior notopleural setae straight, as long as postalar setae. Posterior notopleural setae stronger and subequal to scutellar setae. Supra-alar setae subequal to postalar setae, which are 30% of scutellar setae length. Dorsocentral setae twice as long as postalar setae. Scutellum brownish pruinulent with a diffuse median yellow stripe narrowing anteriorly; lateral margins angulate and distal margin truncate; one pair of strong apical setae almost half length of scutellum on small conical tubercles; one pair of weaker hair-like subapical setae, which may be accompanied by smaller setulae. Postpronotal lobe shiny brown; postpronotal carina shiny brown, ending anteriorly prior to the level of anteppronotal ring. Prosternum whitish yellow, linear with rounded anterior margin and separated from the proepisternal plate by a relatively narrow membranous area. Proepisternum yellow anteriorly and shiny brown posteriorly; with one pale brown, hair-like seta. Katepisternum ventrally elongate; ventral margin yellow pruinulent; with one pale brown, hair-like seta. Katatergite same color as pleuron; length 1.8 times height. Anatergite and mediotergite yellowish and white pruinulent.

Legs. Fore coxa yellow with one antero-apical slender brown seta and several yellow setulae on anterior margin. Mid coxa with two lateral dark brown setae and two antero-apical brown setae accompanied by several weaker setulae. Hind coxa with one straight lateral seta plus several white setulae and one pair of antero-apical setae. Femora ochraceous yellow with distomedial and apical inconspicuous yellowish brown rings which can be absent in fore femur of paler specimens; several few anteroventral and posteroventral spine-like seta on distal third, except fore femur, with spine-like setae on all ventral margin; mid femur with row of four or five submedian setae on anterior margin that may be absent in some males. Tibiae paler than femora and darker at the apex; covered by rows of short black setulae that are most dense distally. **Wing** (Fig. 3D). Brownish; microtrichia absent in cells bc, c and bm and absent basally in cell br. Vein dm-cu oblique. Margins of upper and lower calypteres yellowish brown with fringe of short

setulae of the same color. Halter whitish with orbicular knob blackish brown.

Abdomen. Pale yellowish brown, darkening anterior and laterally; dorsally pruinulent with brown setulae and laterally shiny. Genitalia shiny reddish yellow (Figs. 3F-3G). Syntergosternum 7+8 shiny; length is 40-50% of epandrium length. Epandrium shiny pale yellowish brown, dorso-apically darkened. Anterior lobe of surstylus shiny blackish yellow, linear and narrow with brown setulae on apical margin. Posterior lobe of surstylus blackish yellow and wide, with white pruinulence and black setulae.

Female. Similar to male, differing as follows: Body length (excl. antenna and oviscape) 10.0-10.5 mm (Fig. 3H). Wing length 9.0-9.5 mm and width 2.1-2.4 mm. Occiput length 70-90% height. Antenna as male, length is 60-80% head length; scape 0.3-0.4 mm long; pedicel 0.6 mm long. Flagellomere 0.7-1.0 mm long; length 1.9-2.0 times width. Oviscape (Fig. 3B) shiny ochraceous with several brown setulae; length 1.9 times maximum width. Segment 8 brown, except yellow apex.

Type-material: Holotype (examined in photographs) (Figs. 4A, 4B, 6A): ♀, Costa Rica (ZMHB).

Other material examined. COSTA RICA: 1♂ Prov. Puntarenas, Mellizas Sabalito. 700 m SE de Mellizas, Sector Las Tablas. 1.500 m. 21-24-sep-1995. E. Navarro; 2♂♂ Prov. Puntarenas, P.N. La Amistad. Estación Altamira. 1.320 m. Malaise. 1 - 15-nov-1994. M. Segura; 1♂ Prov. Puntarenas, Buenos Aires. Estación Altamira. 1.320 m. Malaise. Oct-1994. Z. Fuentes; 1♂ Prov. Puntarenas, Buenos Aires. Estación Altamira, Cerro Frantzius. 2.134 m. Malaise. 5-ene-5-feb-2000. D. Rubí; 1♀ Prov. Puntarenas, Coto Brus. Sendero a Pittier 1km Norte de la Estación. 1.800-2.000 m. Malaise. 13-sep -13-oct-1996. A. M. Maroto. 1♂ Prov. Puntarenas, Buenos Aires. Estación Altamira. 1.400 m. Malaise. 8-oct-1994. M. Segura; 1♀ Prov. Puntarenas, Buenos Aires. Estación Altamira, Sendero Los Gigantes. 1.450 m. Malaise. 4-ene-feb-2000. D. Rubí (INBio).

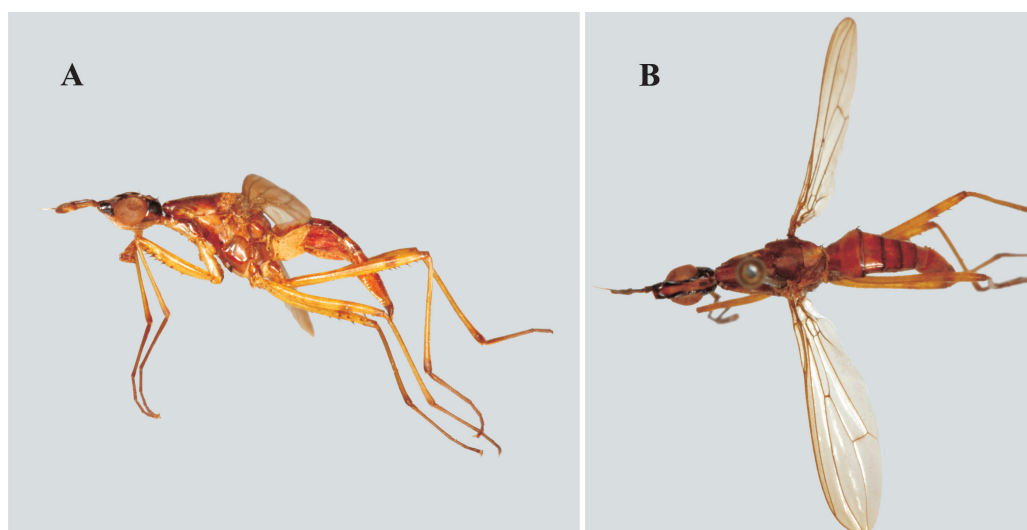


Figure 4. Habitus of *Cerantichir enderleini* (holotype ♀, ZMHB). **A.** Lateral view. **B.** Dorsal view.

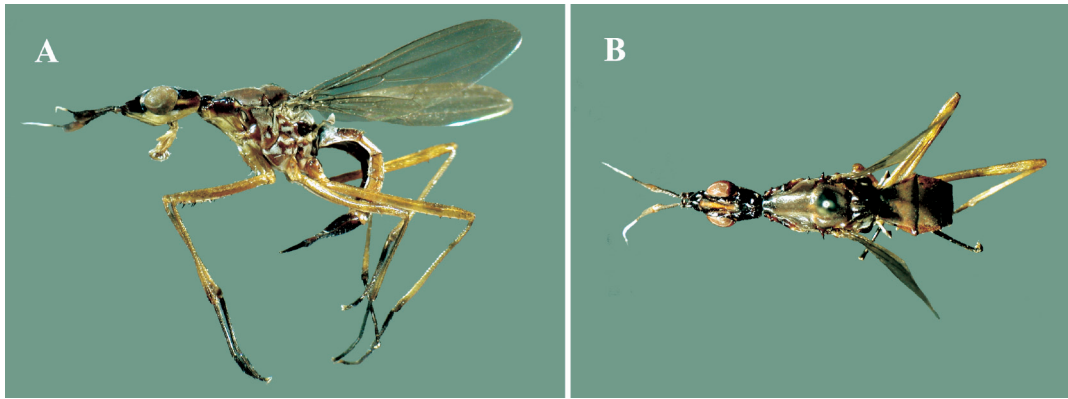


Figure 5. Habitus of *Cerantichir peruana* (paratype ♀, SMT). A. Lateral view. B. Dorsal view.

***Cerantichir peruana* (Hennig, 1937)**

Figs. 1B, 1D, 2B, 2D, 3B-3C, 3E, 3I-3K, 5A-5B, 6B

Odontoloxozus peruanus Hennig, 1937: 261 (description); Aczél, 1949: 382 (cat.); Aczél, 1961: 291 figs. 23-27 (23. female, head, lateral view; 24. female, head, dorsal view; 25. ovipositor, dorsal view; 26. ovipositor, lateral view; 27. female, thorax, dorsal view), 293 (key), 296 (taxonomy); Steyskal, 1968: 5 (cat.); Rohlfien & Ewald 1970: 411 (cat., type-material); Carvalho-Filho and Esposito, 2008: 59 (listed), 60 (key).

Cerantichir peruana Buck, 2010: 819 (comb. n.).

Male. Body length (excluding antenna and epandrium) 9.5-11.9 mm (Fig. 1B). Wing length 6.9-7.8 mm and width 1.8-2.0 mm. Brown with partly yellow and shiny head; pleuron subshiny brown, with patches of white pruinescence and thorax with two longitudinal narrow yellowish brown stripes.

Head. Conspicuously elongate; length 1.7-2.3 times width. Frons concave and narrowing towards the ocellar tubercle; anterior margin weakly convex, projected between antennal bases (Fig. 2B). Fronto-orbital plate with three setae, the anterior pair separated by half the distance to the posterior pair, some specimens may have four setae on one side. Vertex brown pruinose and relatively narrow, with two furrows surrounding the ocellar tubercle. Postocellar setae slightly convergent, subequal to transversal diameter of ocellar tubercle; inner vertical setae parallels, and equal to the postocellar setae. Ocelli yellow and small. Parafrons blackish brown, with yellow spot over mid of height of the eye. Face yellow, straight and narrow. Gena whitish yellow and ventrally straight; with one genal seta, spine-like and half as long as the paravertical setae. Postgena elongate, narrows posteriorly. Occiput yellowish brown and longitudinally elongate; with a narrow horizontal yellow stripe on inferior third, that does not reach the posterior head margin; length 1.3-1.9 times height. Antennal base shiny dark brown, rounded and inflated; distal margin projected dorsally after a bend in the apical fourth (Fig. 2B). Antenna 70% of head length. Scape blackish brown and velvety, but ventrally yellow; 0.2-0.3 mm long. Pedicel same color as scape but pale yellowish ventrally; ventral and dorsal margins have strong black setulae; 1.0-1.2 mm long; inner process of pedicel obtuse with widely

rounded apex and projected over a very short proximal portion of the flagellomere (Fig. 3B). Flagellomere blackish yellow with tiny white pubescent; dorsal and ventral margins parallel with truncate apex; length 2.4-2.7 times width. Arista on the dorso-apical angle of the flagellomere.

Thorax. Shiny brown, dorsally dull and partially white pruinose in delimited areas, with two inconspicuous narrow yellowish brown stripes, separated by a broad median brown stripe narrowing behind suture towards the scutellum (Fig. 2D); thoracic setae short, strong and spine-like. Anterior notopleural setae and supra-alar setae of same length. Posterior notopleural seta equal in length to the scutellar setae, on cylindrical tubercles of the same size of the setae. Supra-alar and postalar setae subequal to scutellar setae. Dorsocentral setae as long as postalar setae. Scutellum shiny yellowish brown, rounded and medially concave; with one median stripe; one pair of strong apical setae 30% scutellum length on conical tubercles; one pair of weaker hair-like subapical setae. Postpronotal lobe shiny brown with one dorsal spine-like seta in the dorsoposterior area, subequal to the other thoracic setae; postpronotal carina shiny brown, ending anteriorly prior to the level of antepronotal ring. Prosternum whitish yellow; cuneate with truncate anterior margin, separated from the proepisternal plate by a very narrow membranous area. Proepisternum pale yellowish brown in anterior half, darkening posteriorly; with one spine-like setae and two or three weak white setulae above fore coxa. Anepisternum



Figure 6. Type-material labels. A. *Cerantichir enderleini* Hennig; B. *Cerantichir peruana* (Hennig).

mostly pruinulent with small shiny areas. Katepisternum with three patches of white pruinescence on anterior, dorsal and posterior margins; with one seta equal to or longer than postalar setae; ventral margin paler pruinescent. Anepimeron with white pruinescent patch in dorsal margin. Katatergite polished blackish brown, rounded and protuberant; length 1.2 times height. Anatergite and mediotergite same color as pleuron and gray pruinescent. Meron shiny brown with gray pruinescence on posterior half towards the metepimeron which is completely pruinescent. **Legs.** Coxae shiny pale yellowish brown with black spine-like setae on small conical tubercles. Fore coxa paler and inflated, with several yellowish brown setulae and two antero-apical setae, one brownish, long and slender and the other black and strong, and a row of four black setae along the anterolateral margin. Mid and hind coxae with two black lateral setae and one larger brown latero-apical seta. Femora pale yellowish brown with two paler distomedial and subapical rings and several small anteroventral and posteroventral spine-like setae; mid femur of some males with a median stripe of five or six setae on anterior margin. Tibiae same color as femora, with a broad subapical paler yellow ring and the fore tibia with two dor-

sal rows of small spines; covered with rows of short black setulae that are most dense distally. Tarsi black, with rows of short black setulae. **Wing** (Fig. 3E). Brownish; cells r_1 y r_{2+3} darkened anteriorly; microtrichia absent in cells bc, c, bm and cup and absent only basally in cells r_1 , r_{2+3} , br, dm and around vein A_1+CuA_2 . Vein dm-cu not oblique. Margin of upper calypter whitish yellow with fringe of short white setulae; margin of lower calypter blackish brown with short white setulae. Halter whitish with knob darkened. **Abdomen.** Pale yellowish brown, dorsally velvet with several brownish setulae and laterally paler, subshiny, almost bare; tergites 5 and 6 paler yellow; some males tend to have a paler abdomen and some Colombian and Peruvian specimens have completely yellow abdomen. Male terminalia subshiny yellow, semicylindrical and elongate (Figs. 3I-3J). Syntergosternum 7+8 shiny polished; length is 40-60% of epandrium length. Epandrium pale yellowish brown and dorso-apically velvet; lateral margin with row of yellow setulae. Anterior lobe of surstylus subshiny yellow, linear and narrow with yellow setulae on apical margin. Posterior lobe of surstylus blackish yellow and wide with white pruinescence and black setulae.

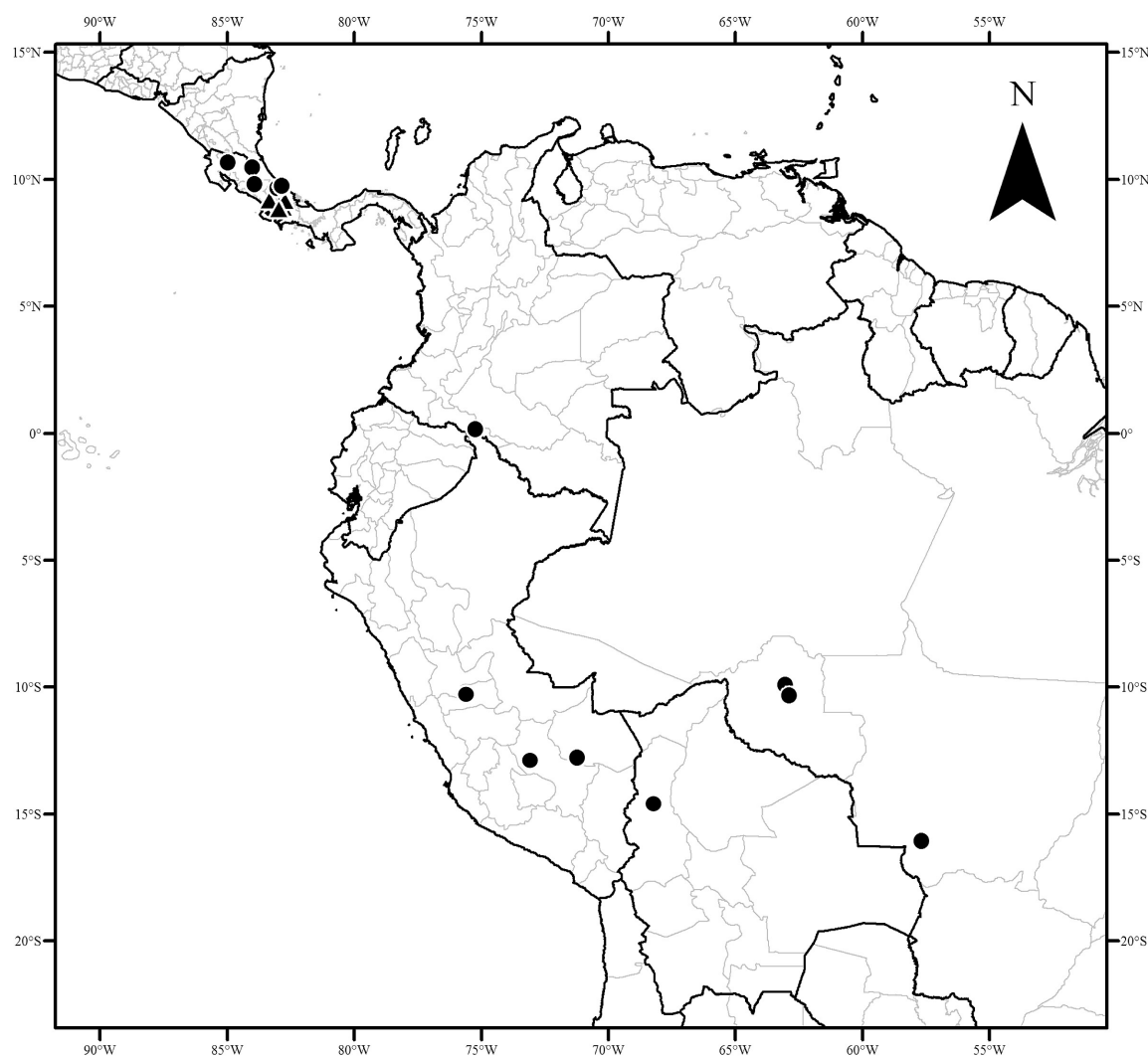


Figure 7. Distribution map for the species of *Cerantichir enderleini* Hennig, 1937 (▲) and *Cerantichir peruana* (Hennig, 1937) (●).

Female. Similar to male, differing as follows: Body length (excl. antenna and ov scape) 9.9-11.8 mm (Fig. 3K). Wing length 7.2-8.1 mm and width 2.1-2.4 mm. Occiput length 20-30% height. Antenna as male, length is 70-80% head length; scape 0.2-0.3 mm long; pedicel 0.8-1.1 mm long. Flagellomere 0.7-1.0 mm long; length 1.9-2.0 times width. Oviscape (Fig. 3B) shiny brown with several brownish setulae; length 1.8-2.2 times maximum width. Segment 8 black, except yellow apex.

Type-material: Holotype (not examined) ♂, **Peru.** Umahuankilia, Urubamba river (SMT). **Paratype** (examined in photographs) (Figs. 5A, 5B, 6B): ♀, **Bolivia.** Mapiiri (SMT). **Other material examined. BRAZIL.** 1♂ Rôndonia, Ariquemes 58 km leste. 15-20-mar-1987. Mielke; 1♀ Rôndonia, Caucalândia. Rancho Grande. 16-nov-1991. Mielke; 1♂ Mato Grosso, Cáceres. Coronel Rio Branco. 400 m. 2-jul-1972. Mielke y Brown (DZUP). **COLOMBIA.** 1♂ Putumayo. PNN. La Paya. 330m. 0°2'S, 75°12'W. Malaise. 05-25-dic-2001. E. Lozano (IAvH). **COSTA RICA.** 1♂ Prov. Heredia, Sarapiquí. Z.P. La Selva. 50 - 100 m. Trampa luz. 13-jun-2005. J. Mata y M. Solis; 1♂ Prov. Cartago, Paraiso. P.N. Tapanti, Send. Pava Catarata. 1345 m. Trampa frutas. 14-dic-2008. R. Gonzales; 1♂ Prov. Limón. Res. Biol. Hitoy Cerere, Sendero Espavel. 560 m. Libre. 9-jul-2003. W. Arana, B. Gamboa y F. Rojas; 1♀ Prov. Limón, Valle de La Estrella. Res. Biol. Hitoy Cerere, Send. Toma de Agua. 100-400 m. Malaise. 11-oct-11-nov-1999. F. Umaña; 1♂ Prov. Limón, Veragua Rainforest. 300 - 400 m. Trampa frutas. 19-jun-2008. J. Mata; 1♀ Prov. Limón, Veragua Rainforest. 400-440m. Colecta Libre. Jul-2008. R. Villalobos; 1♀ Prov. Guanacaste, Tilarán. P.N. Volcán Tenorio, Sendero Rancho Capú. 740 m. 18-sep-2001. J. D. Gutiérrez; 1♀ Prov. Guanacaste, Cañas. P.N. Volcán Tenorio, Sector Montezuma. 1300 m. Libre. 22-jul-2002. J. D. Gutiérrez. 1♀ Prov. Guanacaste, Cañas. P.N. Volcán Tenorio, Río Naranjo. 1400 m. Manual. 16-feb-2001. J. D. Gutiérrez; 1♂ Prov. Alaju. Res. Biol. San Ramón. 800 m. nov-1994. G. Carballo (INBio). **PERU.** 1♂ Junín, Valle Chanchamayo. 25-feb-1929. Leg Weyrauch (IFML); 1♀ Madre de Dios, Itahuania. Refugio Pantiacolla. Manual. 2-oct-2010. C. Bota (CEUA).

Acknowledgements

The authors would like to thank Dra. Marta Wolff Echeverri (CEUA), Claudia Alejandra Medina Uribe (IAvH), Dr Manuel Zumbado (INBio) and Dr. Guillermo Claps (IFML) for permission to study the material, and to the curators Joachim Ziegler of the Museum für Naturkunde, Humboldt-Universität, Berlin, Germany and Uwe Kallweit of the Staatliches Museum für Tierkunde, Dresden, Germany for sending us photographs of the type-material. We are thankful either to the Rede Paranaense de Coleções Biológicas (TAX-on line) for supporting the photos used here and to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the research grant (TAS proc. 130370/2011-8; APC proc. 140754/2011-3; CJBC proc. 304713/2011-2). Thanks to James J. Roper for the English revision.

Literature cited

- ACZÉL, M. L. 1949. Catálogo de la familia de las Tylidae (Calobatidae + Micropezidae + Neriidae, Diptera) en la Región Neotropical. *Acta Zoológica Lilloana* 8: 309-389.
- ACZÉL, M. L. 1951. Morfología externa y división sistemática de las Tanypezidiformes con sinopsis de las especies argentinas de Tylidae (Micropezidae) y Neriidae (Dipt.). *Acta Zoológica Lilloana* 11: 483-589.
- ACZÉL, M. L. 1961. A revision of American Neriidae (Diptera, Ac-aliptratae). *Studia Entomologica* 4: 257-346.
- BARRACLOUGH, D. A. 1993. The southern African species of Neriidae (Diptera). *Annals of the Natal Museum* 34: 1-17.
- BUCK, M.; MARSHALL, S. A. 2004. A review of the genus *Longina* Wiedemann, with descriptions of two new species (Diptera, Neriidae). *Studia Dipterologica* 11 (1): 23-32.
- BUCK, M. 2010. Neriidae. p. 815-819. En: Brown, B. V.; Borkent, A.; Cumming, J. M.; Wood, D. M.; Woodley, N. E.; Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central American Diptera. Volume II.* NRC Research Press, Ottawa.
- CARVALHO-FILHO, F. S.; ESPOSITO, M. C. 2008. Neriidae (Diptera: Schizophora) of the Brazilian Amazon: New records of genera and species, and key to species. *Neotropical Entomology* 37 (1): 58-62. doi: 10.1590/S1519-566X2008000100008.
- CRESSON, E. T., Jr. 1930. Notes on and descriptions of some Neotropical Neriidae and Micropezidae (Diptera). *Transactions of the American Entomological Society* 56 (4): 307-362.
- CUMMING, J. M.; WOOD, D. M. 2009. Morphology and terminology. pp. 9-50. En: Brown, B. V.; Borkent, A.; Cumming, J. M.; Wood, D. M.; Woodley, N. E.; Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central American Diptera. Volume I.* NRC Research Press, Ottawa.
- ENDERLEIN, G. 1922. Klassifikation der Micropeziden. *Archiv für Naturgeschichte (A)* 88 (5): 140-229.
- HENNIG, W. 1937. Übersicht über die Arten der Neriiden und über die Zoogeographie dieser Acalyptraten-Gruppe. *Stettiner Entomologische Zeitung* 98: 240-280.
- MANGAN, R. L.; BALDWIN, D. 1986. A new cryptic species of *Odontoloxozus* (Neriidae: Diptera) from the Cape Region of Baja California Sur (Mexico). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 88 (1): 110-121.
- MELLO, R. L.; ZIEGLER, J. 2012. Catalogue of the type material of Neriidae (Diptera, Schizophora) in the collection of the Museum für Naturkunde Berlin, Germany. *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 59 (1): 147-163.
- PITKIN, B. R. 1989. Family Neriidae. p. 468-469. En: Evenhuis NL (Ed.). *Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian Regions.* Bishop Museum & E. J. Brill, Honolulu.
- ROHLFIEN, K.; EWALD, B. 1970. Katalog der in den Sammlungen des ehemaligen Deutschen Entomologischen Institutes aufbewahrten Typen - VIII. (Diptera: Cyclorrhapa: Schizophora: Acalyptratae). *Beiträge zur Entomologie* 22 (7/8): 407-469.
- SOÓS, Á. 1984. Family Neriidae. pp. 24-25. En: Soós, Á.; Papp, L. (Eds.). *Catalogue of palearctic Diptera. Volume IX, Micropezidae-Agromyzidae.* Elsevier Science Publishers.
- STEYSKAL, G. C. 1965. Family Neriidae. pp. 276, 637. En: Stone, A.; Sabrosky, C. W.; Wirth, W. W.; Foote, R. H.; Coulson, J. R. (Eds.). *Catalogue of Diptera of America North of Mexico.* United States Department of Agriculture. Handbook.
- STEYSKAL, G. C. 1968. Family Neriidae. pp. 1-7. En: Papavero, N. (Ed.). *A catalogue of Diptera of the Americas South of the United States.* Departamento de Zoologia, Secretaria da Agricultura, São Paulo.
- STEYSKAL, G. C. 1977. Family Neriidae. pp. 8-11. En: Delfinado, M. D.; Hardy, D. E. (Eds.). *A Catalogue of the Diptera of the Oriental Region. Volume III. Suborder Cyclorrhapa (excluding Division Aschiza).* Honolulu, University Press of Hawaii.
- STEYSKAL, G. C. 1980. Family Neriidae. pp. 578. En: Crosskey, R. W. (Ed.). *Catalogue of the Diptera of the Afrotropical Region.* British Museum (Natural History), London.
- STEYSKAL, G. C. 1987. Neriidae. pp. 769-771. En: McAlpine, J. F.; Peterson, B. V.; Shewell, G. E.; Teskey, H. J.; Vockroth, J. R.; Wood, D. M. (Eds.). *Manual of Nearctic Diptera. Volume II.* Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario.

Mosquitos (Diptera: Culicidae) asociados a guadua en los municipios de Anserma, Hispania y Jardín, Colombia

Mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated to guadua in municipalities of Anserma, Hispania and Jardín, Colombia

JOVANY BARAJAS G.¹, JUAN DAVID SUAIZA V.², CAROLINA TORRES G.³, GUILLERMO LEÓN RÚA⁴,
SANDRA URIBE-SOTO⁵ y CHARLES H. PORTER⁶

Resumen: El estudio de mosquitos de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) en Colombia, ha sido limitado a pesar de su importancia en salud pública. El presente estudio determinó las especies de esta subfamilia colectadas en *Guadua angustifolia* en ecosistemas de influencia cafetera. Se resaltan tres tipos de criaderos: tocón, entrenudo perforado y recipiente. Se registraron nueve especies de las cuales dos son nuevos registros para Colombia (*Orthopodomyia albicosta* y *Wyeomyia oblita*), cinco son nuevos registros para los departamentos visitados (*Culex secundus*, *Cx. antunesi*, *Limatus durhami*, *Trichoprosopon digitatum* y *Sabethes undosus*) y dos (*Trichoprosopon* sp. del complejo *Pallidiventer* y *Toxorhynchites* sp.) se encuentran en proceso de estudio. Se determinó que existe relación entre las especies encontradas y el volumen de agua contenida y la altura sobre el nivel del suelo medida en los criaderos. De las especies reportadas, *Tr. digitatum* y *Li. durhami* están registradas en la literatura como posibles vectores de arbovirus. *Toxorhynchites* se destaca por agrupar especies cuyas larvas son depredadoras. Los resultados realzan la importancia de la guadua como criadero de diferentes mosquitos, incluyendo algunas especies importantes en salud pública.

Palabras clave: Taxonomía. Culicidae. Hábitats larvales. Phytotelmata.

Abstract: The study of culicine mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Colombia, has been limited even though this subfamily is important in public health. This study aimed to determine the species of Culicinae breeding in stands of *Guadua angustifolia* in areas with coffee plantations. Three breeding sites were distinguished: guadua stumps, perforated internodes and containers. Nine mosquito species were identified which two are new records for Colombia (*Orthopodomyia albicosta*, *Wyeomyia oblita*), five new records for the departments (*Culex secundus*, *Cx. antunesi*, *Limatus durhami*, *Trichoprosopon digitatum* and *Sabethes undosus*). Two others are under current study (*Trichoprosopon* sp. part of the *Pallidiventer* complex, and *Toxorhynchites* sp.). There was a relationship between the species found and the water volume and height above ground, measured for each of the breeding sites. Two of the species, *Tr. digitatum* and *Li. durhami*, are reported in literature as potential vectors of arboviral agents; *Toxorhynchites* is grouped with species whose larvae are predators. The results support an important role for guadua as breeding sites for various mosquitoes, including some species of public health importance.

Key words: Taxonomy. Culicidae. Larval habitats. Phytotelmata.

Introducción

En Colombia la investigación en taxonomía e identificación de mosquitos de la familia Culicidae (Insecta: Diptera) se ha realizado principalmente para los géneros *Anopheles* Meigen, 1818 y *Aedes* Meigen, 1818 y en particular en relación con las especies transmisoras de malaria y dengue (Suárez y Nelson 1981), respectivamente. Dichos estudios incluyen además de la identificación de especies, la distribución geográfica y otros aspectos relevantes para la implementación de actividades de control (Tinker y Olano 1993; Olano *et al.* 2001; Suarez 2001; Rodríguez y Hoz 2005). Estudios similares sobre otros géneros de Culicidae son escasos, lo cual probablemente se relaciona con su menor impacto en salud pública y el desconocimiento de la biología y taxonomía de sus especies (Barreto *et al.* 1996). No obstante, las grandes

modificaciones del paisaje y la expansión de la frontera agrícola en el país, así como los cambios relacionados con el clima, los cuales tienen gran incidencia en las dinámicas de las poblaciones de mosquitos y los agentes patógenos que transmiten, hacen necesario avanzar en el estudio y reconocimiento de estas otras especies. En particular esto es válido para las enfermedades conocidas como emergentes y reemergentes, muchas de las cuales se relacionan con arbovirus transmitidos por mosquitos (Gubler 2002).

En este contexto, cobra importancia el estudio de géneros de mosquitos como *Culex* Linnaeus, 1758, *Haemagogus* Williston, 1896, *Trichoprosopon* Theobald, 1901, *Wyeomyia* Theobald, 1901 y *Orthopodomyia* Theobald, 1904 en los cuales se incluyen especies transmisoras de arbovirus de la familia Bunyaviridae a animales y humanos, mosquitos que se han registrado en criaderos fitotelmata, unos de los cria-

¹ Biólogo-Estudiante de Maestría. Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales PECET, Sede de Investigación Universitaria SIU, Universidad de Antioquia. Carrera 53 No. 61-30, Torre 2, Laboratorio 632. j.barajas@pecet-colombia.org. Autor para correspondencia. ² Ingeniero agrónomo, MSc.-Estudiante de Doctorado convenio PECET-Grupo de Sistemática Molecular GSM (Universidad de Antioquia-Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín), Calle 59A No 63-20. Bloque 18-102 Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. jdsuaza@unal.edu.co. ³ Bióloga, M. Sc.-Estudiante de Doctorado, Profesora asociada a la Facultad de Medicina. Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales PECET, Sede de Investigación Universitaria SIU, Universidad de Antioquia. Carrera 53 No. 61-30, Torre 2, Laboratorio 632. carolina.torres@siu.udea.edu.co. ⁴ Biólogo, M. Sc., Ph. D. Profesor asociado a la Facultad de Medicina, Laboratorio de Hemoparasitosis y Entomología Médica. Universidad de Antioquia, Carrera 51d N° 62-29. Laboratorio 383. gl_rua@medicina.udea.edu.co. ⁵ Ingeniera agrónoma, M. Sc., Ph. D. Profesora asociada a la Facultad de Ciencias, Posgrado de Entomología Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Calle 59A No 63-20. Bloque 18-102 Medellín, Colombia. suribe@unal.edu.co. ⁶ Biólogo, M. Sc., Ph. D. Investigador. Centers for Disease Control and Prevention -CDC-, Atlanta, EE.UU. chp1@cdc.gov.

deros más antiguos de Culicidae (Forattini 1965a; Cyrino y Lopes 2001; Forattini 2002; Ferro *et al.* 2003) y que se exploraron en el presente estudio.

El término fitotelmata, como es definido por Fish (1983) y Greeney (2001), hace referencia a pequeños cuerpos de agua que se originan al interior o sobre diferentes estructuras de las plantas (axilas, brácteas, troncos, hojas, frutos, flores, etc.), en donde se desarrolla una o varias comunidades de organismos asociados, en los que se incluyen los mosquitos Culicidae. La abundancia de fitotelmata es reconocida en áreas silvestres, siendo la guadua muy abundante en los bosques andinos y zonas cafeteras, a pesar de esto, su papel como criadero de mosquitos ha sido pobremente explorado en Colombia.

La guadua, pertenece a la subfamilia Bambusoidea, es de gran presencia y abundancia en el trópico y posee características que la convierten en hábitat potencial para el desarrollo de los estados inmaduros de mosquitos (MacDonald y Traub 1960). Se ha postulado que el acceso al interior de los entrenudos de la planta es facilitado por aves e insectos del orden Orthoptera, lo que propicia la disponibilidad de espacios para la oviposición de hembras de mosquitos (Cyrino y Lopes 2001). Muchas de las especies de Culicidae previamente registradas en guadua son consideradas silvestres, pero su importancia aumenta cuando los parches de guadua se ubican en áreas periurbanas y urbanas (Cyrino y Lopes 2001; Forattini 2002).

Entre los trabajos más representativos sobre mosquitos criados en guadua se encuentran los realizados en guaduales naturales y otros utilizando trampas artificiales en Panamá (Galindo *et al.* 1951), Brasil (Silva *et al.* 2004), Venezuela (Machado-Allison *et al.* 1986; Lounibos *et al.* 1987; Navarro y Machado-Allison 1995; Navarro 1998) y Perú (Lounibos *et al.* 1987; Yanoviak *et al.* 2006; Navarro y Machado-Allison 1995; Yanoviak *et al.* 2006).

En Colombia, la mayoría de los trabajos son antiguos y discontinuos en el tiempo. Rozeboom y Komp (1930) registraron a *Cx. (Microculex) elongatus* Rozeboom-Komp, 1930 en entrenudos de guadua en el departamento del Meta. Después Roca-García (1944), Arnell (1973), Heinemann y Belkin (1978), Frank y Cutis (1981), Vélez *et al.* (1998) y Hastriter *et al.* (1998) registraron *Aedes albopictus* (Skuse, 1895), *Trichoprosopon digitatum* (Rondani, 1848), *Wyeomyia melanocephala* Dyar y Knab, 1906, *Haemagogus anastasionis* Dyar

1921, *Hg. janthinomys* Dyar 1921, *Hg. equinus* Theobald 1903, *Hg. celeste* Dyar y Nuñez Tovar, 1927, *Cx. (Carrollia) bihaicolus* Dyar y Nuñez Tovar, 1927 y *Toxorhynchites hemorrhoidalis* (Fabricius, 1787).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las especies de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) encontradas en guadua en algunos ecosistemas cafeteros de Colombia, explorando la relación posible entre dichos insectos y la planta.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en los municipios de Hispania y Jardín localizados en el suroeste de Antioquia y en el municipio de Anserma al oeste del departamento de Caldas (Tabla 1) (Fig. 1). En total se visitaron nueve sitios de colecta, con presencia de fragmentos de guadua dirigidos a la producción y conservación de esta planta, en áreas aledañas a zonas de actividades agrícolas, ganaderas y turísticas. La selección de los parches de guadua se realizó a partir de imágenes satelitales SPOT, mapas de cobertura vegetal e información extraída de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios incluidos en el muestreo (Corantioquia 1999, 2002; Corcaldas 2000).

Para el muestreo se siguió la metodología de búsqueda y colecta propuesta por Belkin *et al.* (1969) y Louton *et al.* (1996). Los inmaduros se succionaron con una pipeta plástica y se registró el tipo de criadero, el volumen de agua (mL) y la altura sobre el suelo (cm), así como la temperatura y humedad relativa ambiental al momento de la colecta (Tabla 1) (Corantioquia 1999, 2002; Corcaldas 2000; IDEAM 2008). Las colectas se realizaron durante periodos de cuatro días en Hispania en noviembre de 2007 y en Jardín y Anserma en febrero y marzo de 2008. El esfuerzo de muestreo por sitio fue de 5 horas/hombre (2 personas por 4 días) haciendo un recorrido aleatorio en transectos de 200 m x 2 m. Como unidad de muestreo se utilizaron los criaderos positivos correspondientes a recipientes de guadua con presencia de inmaduros de Culicidae. Cada recipiente fue identificado con un código único con el fin de hacer un seguimiento de los mosquitos por criadero. La metodología basada en esfuerzo de muestreo entomológico (horas/hombre) ha sido implementada en diversos trabajos para caracterizar e inventariar insectos en

Tabla 1. Ubicación de las localidades visitadas para el muestreo de mosquitos de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) en tres municipios de Colombia.

Municipio	Sitio	Coordenadas geográficas		msnm	Zona de vida según Holdridge (1947)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
		Norte	Occidente				
Hispania, Antioquia	1	05°45'16"	75°55'09"	1.045	Bh-T	24,3	57
	2	05°45'23"	75°54'56"	1.040		23,7	79
Jardín, Antioquia	3	05°35'34"	75°48'22"	1.840	bh-PM	17,5	83
	4	05°34'57"	75°47'13"	1.830		20,0	76
	5	05°34'55"	75°47'10"	1.840		20,0	76
Anserma, Caldas	6	5°10'43"	75°40'42"	805	bmh-T	25,7	87
	7	5°10'37"	75°40'39"	814		25,6	84
	8	5°10'13"	75°10'13"	875		25,1	83
	9	5°10'23"	75°40'07"	807		25,7	83

msnm: metros sobre el nivel del mar; Bh-T: bosque húmedo tropical; bh-PM: bosque húmedo premontano; bmh-T: bosque muy húmedo tropical.

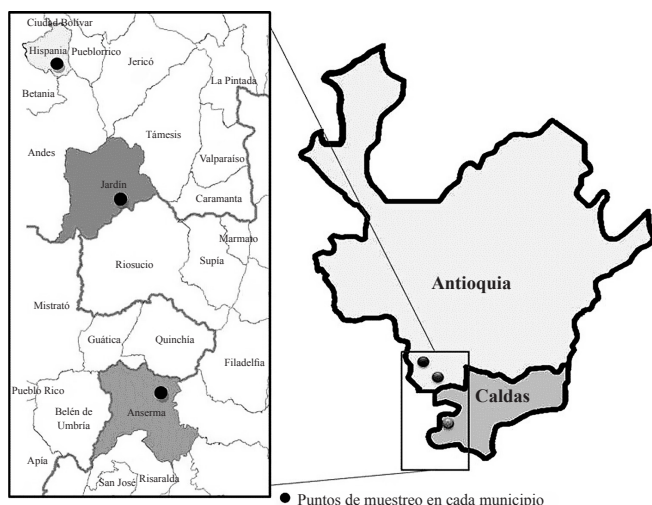


Figura 1. Localización geográfica de los puntos de muestreo para el estudio de mosquitos de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) en tres municipios de Colombia: Hispania, Jardín y Anserma.

diferentes tipos de hábitat (Arango *et al.* 2007; Rivera *et al.* 2008).

Las larvas colectadas se transportaron en bolsas plásticas Whirl-Pak hasta el insectario del Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales – PECET- de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia ($27 \pm 2^\circ \text{C}$; humedad relativa $80 \pm 10\%$; fotoperiodo: 12 horas luz), donde se individualizaron los estadios III y IV y se continuó su cría para la obtención de series entomológicas como colección de referencia.

Los protocolos de montaje de larvas, exuvias y adultos para la identificación de los mosquitos se realizaron de acuerdo a lo sugerido en el documento de la Walter Reed Biosystematics Unit, Division of Entomology, Walter Reed Army Institute of Research (WRBU) (Gaffigan y Pecor 1997). Los montajes se almacenaron en las colecciones entomológicas del PECET y el Museo Entomológico Francisco Luis Gallego (MEFLG) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín registradas ante el Instituto Alexander von Humboldt.

La identificación taxonómica se realizó mediante observación de caracteres morfológicos externos de larva, pupa y hembras adultas. La genitalia de machos adultos también fue considerada para la identificación de algunas especies. Se utilizaron claves y revisiones taxonómicas de diferentes autores: Berlin y Belkin (1980), Cova-García *et al.* (1966),

Dyar (1982), Fernández *et al.* (2006), Forattini (1962; 1965; 2002), González y Carrejo (2007), González y Darsie (1996), Harbach (1994; 2007), Harbach y Kitching (1998), Judd (1996), Lane (1953; 1965), Lane y Cerqueira (1942), Valencia (1973), Zavortink (1968; 1981).

Para el análisis de correlación de las especies de mosquitos encontradas y las variables consideradas se utilizó el programa estadístico “R” (Hornik 2011). Se emplearon tablas de contingencia con la aplicación de la prueba estadística chi-cuadrado con nivel de significancia de 0,05 y el programa Statistical Package for the Social Sciences para Windows, versión 16 (2007) (SPSS Inc., Chicago, IL), con el que se realizó un análisis de correspondencia múltiple para establecer si existía independencia entre las especies y las características de los criaderos.

Resultados

En total se encontraron 51 criaderos en *Guadua angustifolia* (Tabla 2). Los criaderos correspondieron a tres tipos: (Tabla 2) (Fig. 2) (i) el tipo “tocón” cuyo contenedor se forma al realizar un corte transversal del culmo de la guadua permitiendo la acumulación de agua y materia orgánica en su interior; (ii) el tipo “entrenudo perforado” que se define como un entrenudo de guadua con una abertura lateral, que permite la entrada y almacenamiento de agua y (iii) el tipo “guadua caída”, que se refiere a la guadua sobre el suelo en posición horizontal con un corte longitudinal en el culmo que permite que en ciertos segmentos se acumule agua.

Se determinaron 518 especímenes obtenidos en los criaderos que correspondieron a *Culex (Carrollia) antunesi* Lane & Whitman, 1943, *Cx. (Carrollia) secundus* Bonne-Wepter, 1920 (Tribu Culicini); *Orthopodomyia albicosta* Lutz, 1905 (Tribu Orthopodomyiini); *Limatus durhami* Theobald, 1901, *Trichoprosopon (Trichoprosopon) digitatum*, *Sabethes (Sa-*



Figura 2. Criaderos encontrados en *G. angustifolia* durante el estudio de mosquitos de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) en tres municipios de Colombia. A. Tocón. B. Entrenudo perforado. C. Guadua caída.

Tabla 2. Tipo y número de criaderos encontrados en *Guadua angustifolia* en cada municipio visitado para el muestreo de mosquitos de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) en tres municipios de Colombia.

Municipio	Tipo de criadero en <i>Guadua angustifolia</i>			Total
	Tocón	Entrenudo perforado	Recipiente	
Hispania	10	12	-	22
Jardín	11	-	-	11
Anserma	8	2	8	18
Total	29	14	8	51

Tabla 3. Tabla de contingencia y prueba chi-cuadrado para las especies de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae), según su procedencia geográfica y variables del criadero medidas (volumen de agua y altura sobre el suelo).

	Especie										Total	Valor P*
	<i>Culex (Carr) antunesi</i>	<i>Culex (Carr) secundus</i>	<i>Limatus durhami</i>	<i>Orthopodomyia albicosta</i>	<i>Sabethes undosus</i>	<i>Toxorhynchites</i> sp.	<i>Trichoprosopon digitatum</i>	<i>Trichoprosopon</i> sp.	<i>Wyeomyia oblia</i>	+ Mat. no procesado		
Municipio												
Anserma	2	134	4	25	20	-	26	20	11	27	269	< 0,0001
Hispania	2	107	-	25	-	2	49	10	13	58	266	
Jardín	-	-	-	-	-	-	-	68	-	17	85	
Sin información	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Volumen (ml.)												
≤ 64	-	90	-	5	-	2	1	29	11	30	168	< 0,0001
65-114	1	27	-	9	2	-	41	38	-	23	141	
115-175	1	75	-	15	1	-	1	18	10	36	157	
≥ 176	2	49	4	21	17	-	32	13	3	13	154	
Sin información	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Altura (cm.)												
≤ 4	2	118	4	1	18	1	-	21	1	16	182	< 0,0001
5-15	-	36	-	2	2	1	20	40	-	27	128	
16-109	-	35	-	25	-	-	36	21	8	19	144	
≥ 110	2	52	-	22	-	-	19	16	15	40	166	
Sin información	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	4	241	4	50	20	2	75	98	24	102	620	

* Valores P de la prueba chi-cuadrado para *Cx. (Carr.) secundus*, *O. albicosta*, *T. digitatum*, *Trichoprosopon* sp. y agrupación de las demás especies. +La columna de material no procesado, corresponde a especímenes muertos en estadios larvales I-III y en pupa. La sumatoria total vertical (número de individuos por especie) se hace para cada una de las variables.

bethinus) *undosus* Coquillett, 1906; *Wyeomyia* (*Wyeomyia*) *oblita* Lutz, 1905 (Tribu Sabethini), *Trichoprosopon* sp. y *Toxorhynchites* sp. (Tribu Toxorhynchitini). Las especies presentes y su número según el tipo de criadero se muestran en la figura 3.

En la tabla de contingencia (Tabla 3), se relaciona la frecuencia de individuos de cada especie de mosquitos según la localidad y variables medidas para los criaderos. La prueba de chi-cuadrado evidencia la relación de las especies con cada una de las variables. En Anserma se colectó el mayor número de individuos (269), seguido por Hispania (266), mientras que en Jardín sólo se colectaron individuos de *Trichoprosopon* sp. (68) (Fig. 4A). En tocón se encontró la mayor cantidad de individuos de Culicidae (256). La especie con mayor número de especímenes fue *Culex secundus* (241) (Fig. 4B), colectada solamente en los municipios de Hispania y Anserma, en los tres tipos de criadero. Del género *Trichoprosopon* Theobald, 1901 se colectaron 98 individuos en los tres municipios, encontrados con mayor frecuencia en tocones. En Hispania y Anserma, *Tr. digitatum* (75) se colectó únicamente en tocones y entrenudos perforados (Fig. 4C) mientras que *Orthopodomyia albicosta* (50) estuvo en los tres tipos de criaderos (Fig. 4D). *Sabethes undosus* (20) sólo se registró en Anserma, siendo más frecuente en el criadero tipo guadua caída (Fig. 4E). *Wyeomyia oblita* (Fig. 4F) (24) se colectó en Hispania y Anserma, mostrando mayor afinidad por los entrenudos perforados.

En la tabla 3 se destaca la frecuencia de *Cx. secundus* en criaderos con volúmenes de agua menores o iguales a 64 ml,

los individuos de *Trichoprosopon* en volúmenes entre 65-114 ml y *Or. albicosta* y *Sa. undosus* en criaderos con volúmenes mayores a o iguales a 176 ml. En los cuatro intervalos establecidos para la variable volumen, la frecuencia de especies fue similar.

Con respecto a la variable altura del criadero desde el suelo, es posible observar cierta selectividad de *Cx. secundus* y *Sa. undosus* en alturas menores o iguales a 4 cm, *Trichoprosopon* sp. entre 5-15 cm, *Or. albicosta* superiores a 16 cm, *Tr.*

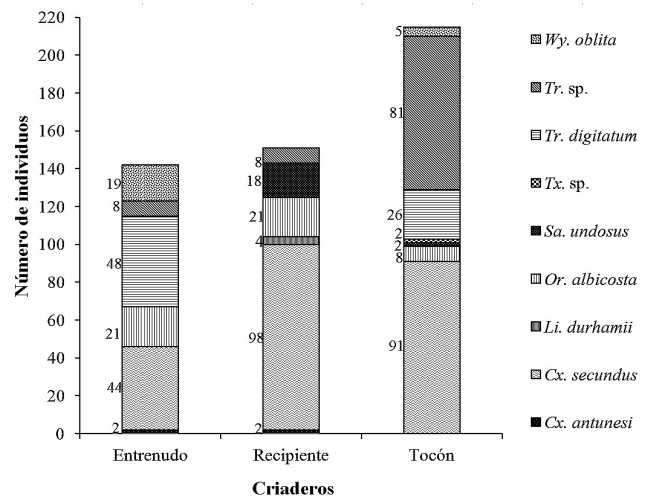
**Figura 3.** Frecuencia de individuos de cada especie de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) por tipo de criadero evaluado.

Tabla 4. Mosquitos de la subfamilia Culicinae incriminados como vectores potenciales de arbovirus, especies consideradas reservorio, distribución geográfica documentada, hábitat conocido y otros datos relacionados. Modificado de Hastriter *et al.* (1998).

Vector	Arbovirus	Reservorio de arbovirus	Distribución geográfica	Temporada de transmisión	Hábitat de inmaduros	Comportamiento de picadura
<i>Limatus durhami</i>	Caraparu Brasil Panamá	<i>Oryzomys capito</i> (Olfers, 1818) <i>Oryzomys laticeps</i> (Lund, 1840) <i>Proechimys guyanensis</i> (Saint-Hilaire, 1803) <i>Nectomys squamipes</i> (Brants, 1827) <i>Zygodontomys brevicauda</i> (Allen & Chapman, 1893) <i>Heteromys anomalus</i> (Thompson, 1815)	Centro y Sudamérica	Durante la temporada de lluvias (noviembre a marzo) en bosques tropicales	Hojas caídas y pequeños contenedores con abundante material vegetal en descomposición.	Pica a humanos en bosques intervenidos durante el día.
<i>Trichoprosopon digitatum</i>	Bussuquara (Panamá) SLE (Colombia, Ecuador) Wyeomyia (Colombia)	Bussuquara y Wyeomyia: "Mosquito". SLE: aves silvestres.	Centro y Sudamérica	Desconocido	Entrenudos de bambú, frutos caídos o cascara, hojas caídas contenedores artificiales, huecos en árboles, brácteas de flores de heliconias y axilas de hojas de bromelias.	Pica a humanos especialmente a nivel del suelo en bosques durante el día, siendo más abundante durante la noche.

digitatum entre 16 y 109 cm y *Wy. oblita* en alturas que sobrepasan los 110 cm. En cada uno de los cuatro intervalos de altura de los criaderos evaluados, la frecuencia de individuos fue similar.

Se encontró que todas las especies se relacionan estadísticamente con las variables localidad, tipo de criadero, altura sobre el suelo y volumen de agua *et al.* ($P < 0,0001$). Las especies *Cx. secundus*, *Tr. digitatum*, *Trichoprosopon* sp. y *Or. albicosta* se colectaron en todos los intervalos establecidos para las diferentes variables medidas en los criaderos. Las especies que se colectaron en menor número fueron *Cx. (Car.) antunesi* (4), *Li. durhami* (4) y *Toxorhynchites* sp. (2), provenientes de los parches de guadua localizados en Hispania y Anserma.

De las especies encontradas asociadas a *G. angustifolia*, *Tr. digitatum* y *Li. durhami* se señalan en la literatura como vectores de arbovirus (Hastriter *et al.* 1998; Natal 1998), la primera relacionada con la transmisión de los virus Bussuquara (Flaviviridae), Wyeomyia (Bunyaviridae), Pixuna (Togaviridae) y Encefalitis de San Luis (Flaviviridae), mientras que *Li. durhami* con los virus Caraparu (Bunyaviridae) y Wyeomyia (Tabla 4).

Discusión

De las especies encontradas asociadas a guadua se destacan como nuevos registros para Colombia *Or. albicosta* y *Wy. oblita* (Barreto-Reyes 1955; Barreto *et al.* 1996).

La literatura especializada para la subfamilia Culicinae es escasa para Colombia; los manuscritos que existen corresponden a estudios clásicos (Barreto-Reyes 1955; Lane 1965; Hieneman-Belkin 1978 y Valencia 1973), por lo que se recurrió a revisiones y claves taxonómicas elaboradas para especies de mosquitos de Venezuela, Brasil y Perú, que suponen una dificultad adicional, pues esta literatura es susceptible

de contener diferencias relevantes con las especies presentes en Colombia. Debido a esto, la identificación taxonómica se confirmó con especialistas de diferentes instituciones internacionales. Para el caso de las dos especies colectadas del género *Culex*, subgénero *Carrollia*, el estudio de los caracteres de larvas y genitalia masculina fueron determinantes para su separación ya que guardan gran similitud morfológica (Valencia 1973).

El poco número de inmaduros y un solo adulto de *Toxorhynchites* Theobald, 1901 supuso la mayor dificultad para su determinación. Las claves taxonómicas disponibles para este género cuentan con información limitada que impide la diferenciación de las especies. Lounibos y Campos (2002) lo señalaron como de difícil manejo taxonómico. *Toxorhynchites* está conformado por individuos no hematófagos y hembras autógenas, con larvas de hábito depredador que consumen inmaduros de otros mosquitos, por lo que este grupo representa gran interés en estudios de control biológico.

Para estudiar la fauna de culicidos asociada a guadua y, en general, a fitotelmata es relevante considerar ciertas características ecológicas del hábitat, que indiquen criterios físicos que faciliten o restrinjan la distribución local de las especies. Estas características comprenden desde las zonas de vida hasta otras específicas de los microhábitat, como altura y volumen de agua (Louton *et al.* 1996; Zequi *et al.* 2005; Yanoviak *et al.* 2006). Según Yanoviak *et al.* (2006), *Li. durhami* y *Tr. digitatum* se han colectado en bosques húmedos tropicales de tierras bajas (Perú); de manera similar, existen registros para *Cx. secundus*, *Li. durhami* y *Tr. digitatum* en bosque lluvioso tropical y bosque húmedo tropical en diferentes departamentos de Colombia (Heinemann y Belkin 1978) y el trabajo de Machado-Allison *et al.* (1986) indica que *Sa. undosus*, *Tr. digitatum* y *Li. durhami* se colectaron en bosque lluvioso tropical (Venezuela). Las localidades muestreadas en este estudio corresponden a

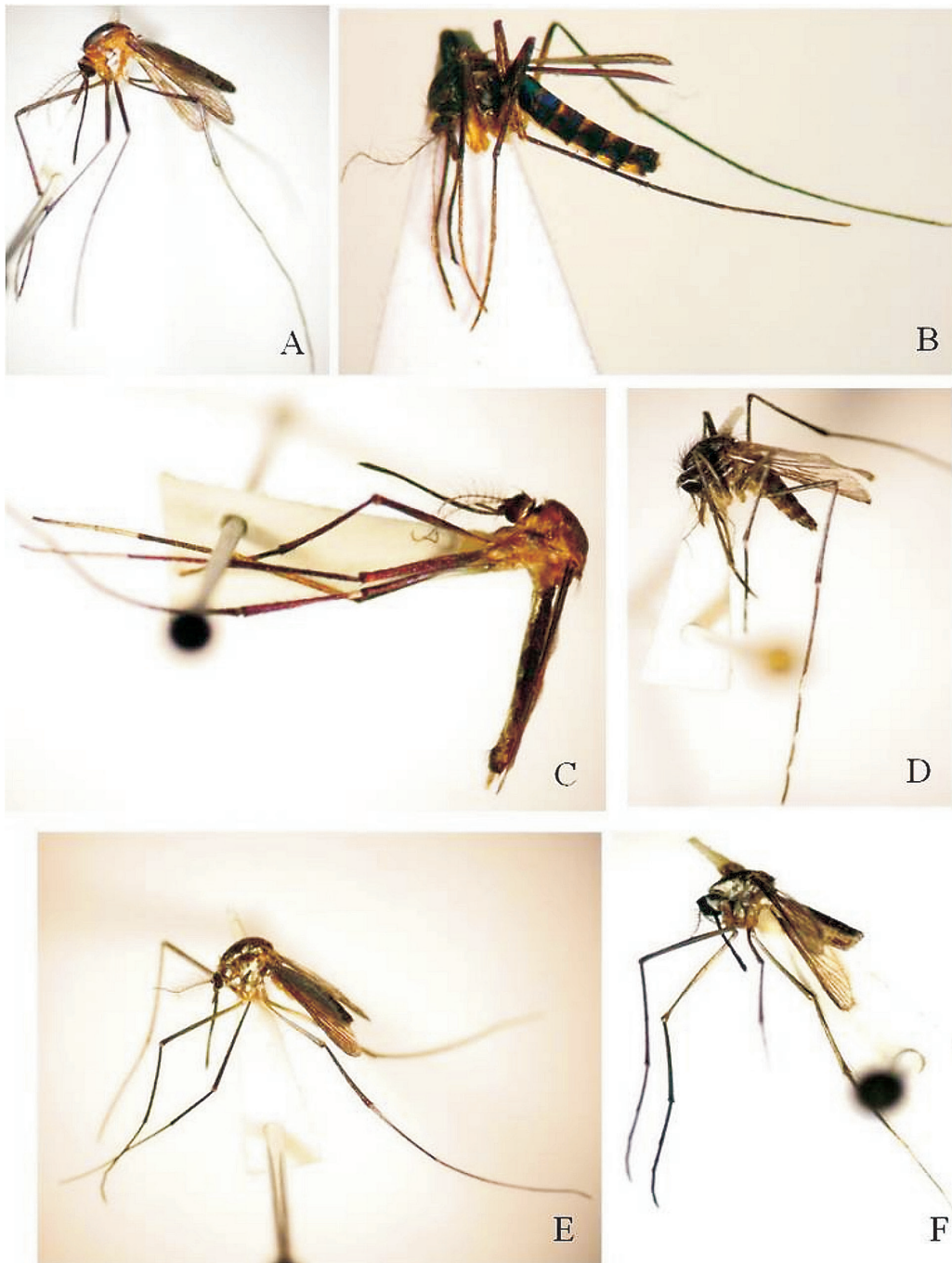


Figura 4. Ejemplares adultos de especies de la subfamilia Culicinae (Diptera: Culicidae) colectadas en *G. angustifolia* en tres municipios de Colombia. **4A.** *Trichoprosopon* sp. **4B.** *Cx. (Carrollia) secundus*. **4C.** *T. digitatum*. **4D.** *O. albicosta*. **4E.** *S. undosus*; **4F.** *W. oblita*.

guadales localizados en zonas de bosque húmedo premontano (Hispania y Jardín) y bosque húmedo tropical (Anserma), por lo que las características ambientales en las cuales ocurren las especies de Culicidae corresponden con regiones de altos niveles de humedad y temperatura.

La información disponible sobre intervalos altitudinales de distribución, que podrían explicar la ocurrencia de las especies asociadas a guadua, en diferentes zonas de vida, es limitada. La mayoría de estudios hacen énfasis en registrar especies, sin documentar debidamente los determinantes ecológicos de las mismas. En este estudio se realizaron co-

lectas en un intervalo entre 805 - 1845 m. Para *Cx. antunesi* Heinemann y Belkin (1978) indican que la especie tiene un intervalo de distribución hasta los 400 m (San Vicente de Chucurí-Santander), en tanto que Valencia (1973) registró colectas de la especie entre los 50 - 500m. El hallazgo de *C. antunesi* en este estudio fue entre 805 - 1040 m de altitud, por lo que por primera vez se documenta la presencia de esta especie en esta altitud. Para *Li. durhami*, *Cx. secundus*, *Tr. digitatum* y *Sa. undosus* los registros de distribución altitudinal coinciden con hallazgos previos citados por otros autores (Heinemann y Belkin 1978; Navarro y Machado-

Allison 1995; Navarro 1998; Yanoviak *et al.* 2006). El volumen de agua de los criaderos se consideró una variable determinante en la distribución de las especies, puesto que la disponibilidad de agua genera un microhábitat propicio para que los inmaduros de culícidos culminen su desarrollo. La permanencia de agua en estos criaderos influye sobre las especies, pues los ciclos de vida pueden variar entre diferentes grupos de Culicidae. Louton *et al.* (1996) mencionan que cuando la procedencia del agua es por efecto de la acción metabólica de la planta, como sucede con frecuencia en guadua, este volumen puede perdurar incluso en épocas de sequía, lo cual es muy favorable para la comunidad de invertebrados acuáticos que allí se desarrolla. Por otro lado, cuando el agua de los criaderos depende de la lluvia, pueden ocurrir grandes fluctuaciones afectando las comunidades de invertebrados que allí habitan (Murillo *et al.* 1988; Sunahara y Mogi 1997). Es de resaltar que aunque los volúmenes de agua medidos en los criaderos de guadua, en este estudio, no influyeron en la presencia de mosquitos Culicinae, la presencia permanente del líquido en los tres tipos de criaderos representan sitios de cría seguros para su desarrollo, incluso en periodos de sequía.

La altura a la cual se encuentra el criadero a lo largo del culmo de la guadua es otro factor que puede afectar la ocurrencia de diferentes especies de mosquitos. Cyrino y Lopes (2001) señalan que la mayor diversidad de especies se da en los primeros dos metros. Estos autores proponen también que las especies con comportamiento alimenticio similar se disponen en diferentes estratos altitudinales a lo largo de la guadua, de esta forma evitan competencia por alimento, e incluso por el mismo criadero, ya que este tipo de hábitat se considera altamente especializado. Los registros de altura de los criaderos muestreados en el presente estudio guardan relación con los datos de altura de criaderos en guadua encontrados en la literatura. En el caso de *Tr. digitatum*, *Sa. undosus* y *Toxorhynchites* sp. no hubo una agrupación detectable en los intervalos medidos (Tabla 3), mientras que los individuos de *Tr. digitatum* se registraron en criaderos por encima de 5 cm de altura, las otras dos especies son más frecuentes en criaderos por debajo de esta medida.

Algunas de las especies que son consideradas de amplia distribución por habitar diferentes tipos de criaderos, como *Tr. digitatum* y *Li. durhami* (Machado-Allison *et al.* 1986), muestran poca especificidad por las condiciones medidas en los sitios de cría encontrados en *G. angustifolia*. El caso contrario se observa en *Sa. undosus*, ya que sus individuos logran ovipositar en criaderos de bambú cuando poseen perforaciones muy pequeñas en sus entrenudos (Machado-Allison *et al.* 1986), lo que les facilita la colonización de criaderos de difícil acceso en guadua. Sin embargo, aun cuando la especie *Sa. undosus* fue encontrada en el presente estudio, el tipo de criadero en donde fue más frecuente corresponde con guadua caída, cuya abertura de acceso es considerablemente grande.

La prueba chi-cuadrado estableció la relevancia de las variables medidas en los criaderos (volumen de agua, altura y tipo del criadero) con la frecuencia de captura de las diferentes especies de Culicinae. Esta información facilita y direcciona futuros muestreos y estudios hacia grupos de mosquitos de interés.

El estudio taxonómico de mosquitos silvestres asociados a la guadua, planta cada vez más explotada en espacios agrícolas, domésticos y urbanos, permite identificar estos

escenarios como sitios de posible contacto entre el hombre y especies de mosquitos de importancia médica, por lo que la guadua debe ser considerada de interés epidemiológico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la investigadora Libertad Ochoa (Universidad de Antioquia) y al estudiante Estiben Galeano (Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín), quienes apoyaron las actividades de campo y laboratorio del estudio. Al Dr. Iván Darío Vélez Bernal, director del PECET de la Universidad de Antioquia por su constante apoyo. A los especialistas internacionales Thomas Zavortink (Universidad de California - Davies - EE.UU.) y Monique Motta (Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz - Rio de Janeiro, Brasil) por la ayuda en la confirmación de las especies de Culicinae. La investigación se realizó con el apoyo financiero del CODI, Universidad de Antioquia (proyecto aprobado Código: EO1551) y Colciencias (proyecto aprobado No. 111545921858).

Literatura citada

- ARANGO, L.; MONTES, J. M.; LÓPEZ, D. A.; LÓPEZ, J. O. 2007. Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del ecoparque Alcázares – Arenillo (Manizales, Caldas – Colombia). Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural 11: 390-409.
- ARNELL, J. H. 1973. A revision of the genus *Haemagogus* (Mosquito Studies XXXII). Contributions of the American Entomological Institute 10 (2): 120-174.
- BARRETO, M.; BURBANO, M. E.; SUÁREZ, M.; BARRETO, P. 1996. *Psorophora ciliata* y otros mosquitos (Diptera: Culicidae) en Yolombó, Antioquia, Colombia. Colombia Médica 27 (2): 62-65.
- BARRETO-REYES, P. 1955. Lista de mosquitos de Colombia. Anales de la Sociedad de Biología 7 (2): 94.
- BELKIN, J. N.; SCHICK, R. X.; GALINDO, P.; AITKEN, T. H. G. 1969. Mosquito Studies (Diptera: Culicidae). I. A project for a systematic study of the mosquitoes of Middle America. Contribution of the American Entomological Institute 1 (2): 1-17.
- BERLIN, O. G. W.; BELKIN, J. N. 1980. Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXXVI. Subgenera *Aedinus*, *Tinolestes* and *Anodiopora* of *Culex*. Contribution of the American Entomological Institute 17 (2): 1-104.
- CORANTIOQUIA. 1999. Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), fase diagnóstico. Documento técnico. Municipio de Jardín. 1.
- CORANTIOQUIA. 2002. Plan básico de Ordenamiento Territorial (POT). Municipio de Hispania. 1.
- CORCALDAS. 2000. Plan básico de ordenamiento Territorial (POT). Municipio de Anserma. 1.
- COVA-GARCIA, P.; SUTIL, E.; RAUSSEO, J. A. 1966. Mosquitos de Venezuela, Tomo 1. Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Caracas, Venezuela. 1.
- CYRINO, J. A.; LOPES, J. 2001. Culicideofauna (Diptera) encontrada em entrenós de taquara de uma mata residual na área urbana de Londrina, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 18 (2): 429-438.
- DYAR, H. G. 1982. The Mosquitoes of the Americas. The Carnegie Institution of Washington. Publ. No. 387: 1-616.
- FERNÁNDEZ, L. D.; HERNÁNDEZ, C. A.; PÉREZ, R. Z.; QUIROGA, V. S. 2006. Contribución al estudio de la familia Culicidae de Guatemala: relación y distribución geográfica de las principales especies de la región norte. Revista Cubana de Medicina Tropical 58 (1): 30-35.

- FERRO, C.; BOSHELL, J.; MONCAYO, A. C.; GONZALEZ, M.; AHUMADA, M. L.; KANG, K.; WEAVER, S. C. 2003. Natural enzootic vectors of Venezuelan Equine Encephalitis Virus in the Magdalena Valley, Colombia. *Emerging Infectious Diseases Journal* 9 (1): 49-54.
- FISH, D. 1983. Phytotelmata: Flora and fauna. pp. 1-27. In: Frank, J. H., Lounibos, L. P. (Eds.). *Phytotelmata: Terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities*. Medford, New Jersey; Plexus, vii + 293 p.
- FORATTINI, O. P. 1962. *Entomologia medica. Parte geral, Diptera, Anophelini*. Vol I, 662 pp., illus. São Paulo.
- FORATTINI, O. P. 1965. *Entomologia Médica. Culicini: Culex, Aedes e Psorophora*. Vol. 2, 506 pp. Universidade de São Paulo, Brasil.
- FORATTINI, O. P. 1965. *Entomologia Médica. Culicini: Haemagogus, Mansonia, Culiseta, Sabethini, Toxorhynchitini*, arboviroses, filaríose bancroftiana, genética. São Paulo: Editora da USP. v. 3, 415p.
- FORATTINI, O. P. 2002. *Culicidologia Médica*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 666 p.
- FRANK, J. H.; CURTIS, G. 1981. On the bionomics of bromeliad-inhabiting mosquitoes. VI. A review of the bromeliad-inhabiting species. *Journal of the Florida Anti-Mosquito Association* 52: 4-23.
- GAFFIGAN, T.; PECOR, J. 1997. Collecting, rearing, mounting and shipping mosquitoes. Walter Reed Biosystematics Unit, Division of Entomology, Walter Reed Army Institute of Research.
- GALINDO, P.; CARPENTER, S. J.; TRAPIDO, H. 1951. Ecological observations on forest mosquitoes of an endemic yellow fever area in Panama. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 31 (1): 98-137.
- GONZÁLEZ, R.; CARREJO, N. S. 2007. Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* de Colombia, claves taxonómicas y notas de distribución. Santiago de Cali. 237 p.
- GONZÁLEZ, R.; DARSIE, R. F. 1996. Clave ilustrada para la determinación genérica de larvas de Culicidae de Colombia y el nuevo mundo. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 4 (1): 21-37.
- GREENEY, H. F. 2001. The insects of plant-held waters: a review and bibliography. *Journal of Tropical Ecology* 17 (1): 241-260.
- GUBLER, D. J. 2002. The global emergence/resurgence of arboviral diseases as public health problems. *Archives of Medical Research* 33: 330-342.
- HARBACH, R. E. 1994. The subgenus *Sabethinus* of *Sabethes* (Diptera: Culicidae). *Systematic Entomology* 19 (1): 207-234.
- HARBACH, R. E.; KITCHING, I. J. 1998. Phylogeny and classification of the Culicidae (Diptera). *Systematic Entomology* 23: 327-370.
- HARBACH, R. E. 2007. The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. *Zootaxa* 1668 (1): 591-538.
- HASTRITER, M. W.; LAWYER, P. G.; MAUER, D. J.; ROBBINS, R. G.; SCHULTZ, G. W.; STRICKMAN, D. A. 1998. Disease vector profile Colombia. Defense Pest Management Information Analysis Center. Washington, D.C., Armed Forces Pest Management Board. Disponible en: www.afpmb.org. [Fecha revisión: 25 mayo 2009].
- HEINEMANN, S. J.; BELKIN, J. N. 1978. Collection records of the project "Mosquitoes of Middle America". 12. Colombia (COA, COB, COL, COM). *Mosquito Systematics* 10 (4): 493-539.
- HORNIK, K. 2011. "The R FAQ". Disponible en: <http://cran.r-project.org/doc/FAQ/R-FAQ.html>. [Fecha revisión: 3 julio 2009].
- IDEAM –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2008. Meteorología y estudios ambientales. Mapas de precipitación mensual. En: <http://www.ideam.gov.co/sectores/agri/precipit/precipit.htm>. Colombia. [Fecha revisión: 31 marzo 2008].
- JUDD, D. 1996. Review of the systematics and phylogenetic relationships of the Sabethini (Diptera: Culicidae). *Systematic Entomology* 21 (1): 129-150.
- LANE, J. 1953. Neotropical Culicidae. Tribe Culicini, *Deinocerites*, *Uranotaenia*, *Mansonia*, *Orthopodomyia*, *Aedomyia*, *Aedes*, *Psorophora*, *Haemagogus*, Tribe Sabethini, *Trichoprosopon*, *Wyeomyia*, *Phoniomyia*, *Limatus*, *Sabethes*. University of São Paulo, Brazil.
- LANE, J. 1965. Neotropical Culicidae. Dixinae, Chaoborinae and Culicinae, tribes Anophelini, Toxorhynchitini and Culicini (Genus *Culex* only). University of São Paulo, Brazil.
- LANE, J.; CERQUEIRA, N. L. 1942. Os Sabetíneos da América (Diptera: Culicidae). *Arquivos de Zoologia de São Paulo* vol. III, art. IX, pp. [473]-849: ill.; 27 1/2 cm
- LOUNIBOS, L. P.; FRANK, J. H.; MACHADO-ALLISON, C. E.; OCANTO, P.; NAVARRO, J. C. 1987. Survival, development and predatory effects of mosquito larvae in Venezuelan phytotelmata. *Journal of Tropical Ecology* 3: 221-242.
- LOUNIBOS, L. P.; CAMPOS, R. E. 2002. Investigaciones recientes sobre *Toxorhynchites rutilus* (Diptera: Culicidae) con referencia al control biológico de mosquitos habitantes en recipientes. *Entomotropica*, antes Boletín de Entomología Venezolana 17 (2): 145-156.
- LOUTON, J.; GELHAUS, J.; BOUCHARD, R. 1996. The aquatic macrofauna of water-filled bamboo (Poaceae: Bambusoideae: Guadua) internodes in a Peruvian lowland tropical forest. *Biotropica* 28 (2): 228-242.
- MacDONALD, W. W.; TRAUB, R. 1960. Malaysian parasites XXXVII. An introduction to the ecology of the mosquitoes of the lowland dipterocarp forest of Selangor, Malaya. *Studies from the Institute of Medical Research, Malaya* 29: 79-110.
- MACHADO-ALLISON, C. E.; BARRERA, R.; DELGADO, L.; GÓMEZ-COVA, C.; NAVARRO, J. C. 1986. Mosquitos (Diptera: Culicidae) de los fitotelmata de panquire, Venezuela. *Acta Biológica de Venezuela* 12 (2): 1-12.
- MURILLO, C.; ASTAIZA, R.; FAJARDO, P. 1988. Biología de *Anopheles (Kerteszia) neivai* H., D. & K., 1913 (Diptera: Culicidae) en la costa pacífica de Colombia. *Revista de Saúde Pública de São Paulo* 22 (2): 94-100.
- NATAL, D.; URBINATTI, P.; MARUCC, D. 1998. Arbovirus vector ecology in the Brazilian coastal range system. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Epidemiologia, Av. Dr. Amaldo, 715, São Paulo, SP, Brasil. pp. 234-247. En: Travassos Da Rosa, A. P. A.; Vasconcelos, P. F.; Travassos da Rosa, J. F. An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries. Belém, Instituto Evandro Chaga.
- NAVARRO, J. C.; MACHADO-ALLISON, C. E. 1995. Aspectos Ecológicos de *Sabethes chloropterus* Humboldt (Diptera: Culicidae) en un bosque húmedo del Edo. Miranda Venezuela. *Boletín Entomológico de Venezuela* 10 (1): 91-104.
- NAVARRO, J. C. 1998. Fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) del Parque Nacional Cerro El Copey y nuevos registros para La Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín Entomológico de Venezuela* 13 (2): 187-194.
- OLANO, V. A.; BROCHERO, H. L.; SÁENZ, R.; QUIÑONES, M. L.; MOLINA, J. A. 2001. Mapas preliminares de la distribución de especies vectores de malaria en Colombia. *Biomédica* 21: 402-408.
- RIVERA-USME, J. J.; CAMACHO-PINZÓN, D. L.; BOTERO-BOTERO, A. 2008. Estructura numérica de la entomofauna acuática en 8 quebradas del departamento del Quindío-Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 13 (2): 133-146.
- ROCA-GARCIA, M. 1944. Isolation of three neurotropic viruses from forest mosquitoes in eastern Colombia. *Journal of Infectious Diseases* 75: 160-169.
- RODRÍGUEZ, H.; DE LA HOZ, F. 2005. Dengue and dengue and vector behaviour in Cáqueza, Colombia, 2004. *Revista de Salud Pública* 7: 1-15.

- ROZEBOOM, L. E.; KOMP, W. H. W. 1930. A new *Microculex elongatus*, from Colombia, with notes on the subgenus. Proceedings of the Entomological Society of Washington 52.
- SILVA, A. M.; NUNES, V.; LOPES, J. 2004. Culicídeos associados a entrenós de bambu e bromélias, com ênfase em *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Diptera, Culicidae) na Mata Atlântica, Paraná, Brasil. Iheringia, Série Zoológica 94 (1): 63-66.
- SUÁREZ, M. F.; NELSON, M. 1981. Registro altitudinal de *Aedes aegypti* en Colombia. Biomédica 1: 225.
- SUÁREZ, M. F. 2001. *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera, culicidae) en Buenaventura Colombia. Informe Quincenal Epidemiológico Nacional 6: 222-223.
- SUNAHARA, T.; MOGI, M. 1997. Distributions of larval mosquitoes among bamboo-stump pools which vary in persistence and resource input. Researches on Population Ecology 39 (2): 173-179.
- TINKER, M. E.; OLANO, V. A. 1993. Ecología del *Aedes aegypti* en un pueblo de Colombia, Sur América. Biomédica 13: 5-14.
- VALENCIA, J. D. 1973. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XXXI. A revision of the subgenus *Carollia* of *Culex*. Contribution of the American Entomological Institute 9 (4): 1-134.
- VÉLEZ, I. D.; QUIÑONES, M. L.; SUÁREZ, M.; OLANO, V. A.; MURCIA, L. M.; CORREA, E.; ARÉVALO, C.; PÉREZ, L.; BROCHERO, H.; MORALES, A. 1998. Presencia de *Aedes albopictus* en Leticia, Amazonas, Colombia. Biomédica 18 (3): 192-198.
- YANOVIK, S. P.; LOUNIBOS, L. P.; WEAVER, S. C. 2006. Land use affects macroinvertebrate community composition in phytotelmata in the Peruvian Amazon. Annals of the Entomological Society of America 99: 1172-1181.
- ZAVORTINK, T. J. 1968. Mosquito studies (Diptera: Culicidae). VIII. A prodrome of the genus *Orthopodomyia*. Contributions of the American Entomological Institute 3 (2): 84-91.
- ZAVORTINK, T. J. 1981. Species complexes in the genus *Thichoprosopon*. Mosquito Systematics 13 (1): 82-85.
- ZEQUI, J. A. C.; LOPES, J.; MEDRI, I. M. 2005. Imaturos de Culicidae (Diptera) encontrados em recipientes instalados em mata residual no município de Londrina, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 22 (3): 656-661.

Recibido: 18-jul-2011 • Aceptado: 27-mar-2013

Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un paisaje cafetero de Risaralda, Colombia

Ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity in a coffee landscape of Risaralda, Colombia

GUSTAVO ADOLFO ZABALA^{1,2}, LINA MARCELA ARANGO^{1,3} y PATRICIA CHACÓN DE ULLOA^{1,4}

Resumen: Se determinó la diversidad de hormigas en tres elementos representativos de un paisaje cafetero de los Andes occidentales de Risaralda, Colombia. En una muestra de paisaje de 500 ha, en zona rural del municipio de La Celia, se muestreó un bosque, parches de bosque y cafetales a libre exposición, mediante el establecimiento de transectos lineales, con 10 estaciones ubicadas cada 10 m. En cada estación, en un área de 1 m², se tomó una muestra de hojarasca, cernida y procesada en sacos mini-Winkler durante 48 horas. Se registraron 96 especies de hormigas, representantes de 34 géneros y nueve subfamilias. En promedio, la eficiencia de muestreo fue de 81% según los estimadores Chao 2 y Jackknife 1 y 2. Especies como *Cyphomyrmex* cf. *dixus*, *Pheidole biconstricta*, *Solenopsis* sp.1 e *Hypoponera* sp.1, se caracterizaron por su alta abundancia en los elementos del paisaje; entre estas, *P. biconstricta* se catalogó como una especie dominante a escala del paisaje y a escala local. En general, se observó una baja incidencia de hormigas catalogadas como potenciales plagas en los diferentes elementos del paisaje. Representantes de *Atta cephalotes*, *Acromyrmex aspersus* y *Acropyga exsanguis*, se registraron en menos del 5% de las muestras revisadas. La presencia exclusiva de especies de grupos como *Acanthognathus*, *Amblyopone*, *Discothyrea* y *Gnamptogenys* en los elementos boscosos, sumada a la baja incidencia de especies invasoras o potencialmente plagas, se proponen como características que en conjunto resultan indicadoras de la salud (equilibrio) y la heterogeneidad de las comunidades de hormigas en el paisaje cafetero estudiado.

Palabras clave: Andes occidentales de Colombia. Biodiversidad. Café. Formicidae. *Pheidole biconstricta*.

Abstract: Ant diversity was studied in three representative elements of a coffee landscape of the western Andes from Risaralda, Colombia. In a landscape sample of 500 ha, in rural zone of La Celia municipality, were sampled a forest, forest patches and sun coffee crops by means of lineal transects with 10 stations arranged each 10 m. For each station, in an area of 1 m², leaf litter samples were processed in mini-Winkler sacks during 48 hours. 96 ant species from 34 genera and nine subfamilies were collected. Sampling efficiency was 81% on average, according to Chao 2 and Jackknife 1 and 2 estimators. Species as *Cyphomyrmex* cf. *dixus*, *Pheidole biconstricta*, *Solenopsis* sp.1 and *Hypoponera* sp.1 were abundant in these landscape units. Among these, *P. biconstricta* was catalogued like a dominant species at landscape and local scale. A low incidence of ants catalogued as potential pests in the landscape units was observed. Specimens of *Atta cephalotes*, *Acromyrmex aspersus* and *Acropyga exsanguis* were recorded in less 5% of the samples. In general, it was observed a low incidence of ants catalogued as potential pest in the landscape elements. The exclusive presence of some species of genera as *Acanthognathus*, *Amblyopone*, *Discothyrea* and *Gnamptogenys* in the forest units?, added to low incidence of invasive or potential pest species, are proposed like characteristics that in set turned out indicators of the health (balance) and the heterogeneity of ant communities in the coffee landscape studied.

Key words: Western Andes of Colombia. Biodiversity. Coffee. Formicidae. *Pheidole biconstricta*.

Introducción

La expansión de la frontera agrícola y la tecnificación de la agricultura son factores importantes que amenazan los ecosistemas naturales y la diversidad biológica mundial (Swift *et al.* 1996; Millenium Assesment 2007). Las prácticas agrícolas inadecuadas disminuyen la biodiversidad, contribuyen a la proliferación de plagas y enfermedades y facilitan la colonización por especies invasoras, afectando negativamente la productividad (Pimentel *et al.* 1997). En Colombia, la región andina ha sufrido un proceso intenso de conversión de bosques en potreros, cultivos y zonas urbanas (Kattan 2002), por lo cual se considera la segunda región del país más transformada por procesos antrópicos, después de la región Caribe (Arango *et al.* 2003).

En el territorio nacional, el cultivo del café comprende cerca de 3.000.000 de hectáreas, distribuidas en 590 municipios y 19 departamentos; de éste cultivo dependen 500.000

familias y cerca de 2,5 millones de personas (FNC 2010). Aunque en los últimos años la industria cafetera ha perdido importancia dentro de la producción agrícola del país, en los Andes occidentales el cultivo de café y las actividades relacionadas siguen ocupando el principal renglón de la economía (Barón 2010). Los paisajes cafeteros son elementos dominantes en el ámbito rural nacional y por ello resulta fundamental el desarrollo de investigaciones que contribuyan al conocimiento de procesos que tienen lugar en estos escenarios. Características como la heterogeneidad espacial o el grado de homogenización en los paisajes agrícolas, así como las prácticas de manejo, pueden resultar determinantes en la diversidad y distribución de la biota local y regional, así como en la incidencia de especies invasoras o plaga (Matson *et al.* 1997; Armbrrecht *et al.* 2005; Phipott *et al.* 2008).

En Colombia algunos trabajos han abordado el estudio de la diversidad asociada a los agroecosistemas cafeteros desde la perspectiva de la ecología del paisaje. En paisajes cafete-

¹ Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia. ² Estudiante de Doctorado en Ciencias - Biología. Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. <http://hormigas.univalle.edu.co>. gustavo.zabala@correounivalle.edu.co. Autor para correspondencia. ³ Bióloga, Grupo de investigación en Biología, Ecología y Manejo de Hormigas. ⁴ Ph. D. Profesora titular. patricia.chacon@correounivalle.edu.co.

ros de tres localidades de los departamentos de Antioquia, Santander y Valle del Cauca, García y colaboradores (2008) estudiaron la diversidad de hormigas cazadoras asociadas a los elementos representativos de estos escenarios, encontrando una mayor diversidad en los elementos con mayor grado de cobertura arbórea (bosques, parches de bosque y cafetales con diferentes tipos de sombrío). En un contexto ecológico diferente, los trabajos de mayor impacto, realizados por Armbrrecht (2003) y Armbrrecht y colaboradores (2005, 2008) en Apía, Risaralda, se enfocaron en la evaluación de la pérdida de diversidad y los cambios en la función ecológica de las hormigas, en gradientes de intensificación, siguiendo el modelo de Moguel y Toledo (1999). Los resultados mostraron una disminución de la riqueza de especies de hormigas con el aumento en el grado de intensificación y sugieren que los cafetales orgánicos con diferentes tipos de sombrío constituyen una matriz favorable para la diversidad de hormigas propias de los elementos boscosos. El estudio de aspectos como la abundancia y dominancia de hormigas en paisajes rurales, se ha abordado únicamente en el bosque seco tropical del valle geográfico del río Cauca. Así, Achury *et al.* (2012) estudiaron los efectos de la heterogeneidad del paisaje y la presencia de la pequeña hormiga de fuego, *Wasmannia auropunctata* Roger, 1863, sobre los ensambles de las hormigas del suelo, encontrando que la abundancia y dominancia de *W. auropunctata* se correlacionaron negativamente con la riqueza de hormigas, mientras que niveles más altos de heterogeneidad de los paisajes favorecieron la diversidad de especies a diferentes escalas. En esta región, Armbrrecht y Ulloa-Chacón (2003) ya habían propuesto a *W. auropunctata* como indicadora de baja diversidad de las comunidades de hormigas en los relictos de bosque seco. Las hormigas constituyen un grupo ideal para realizar estudios en ecología de paisaje porque presentan múltiples características como su notable diversidad taxonómica y funcional, su abundancia, la fidelidad ecológica de algunos grupos, la presencia de especies características de hábitats perturbados, y la presencia de especies de importancia económica como las hormigas cortadoras de hojas. Las colonias de hormigas son relativamente sésiles y se asemejan a las plantas de muchas formas (Andersen 1991).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar la diversidad de hormigas asociada a un paisaje cafetero de los Andes occidentales de Risaralda, analizando la presencia e incidencia de especies dominantes, grupos con potencial bioindicador y potenciales plagas, en tres elementos representativos de estos escenarios rurales: bosque, parches de bosque y cafetales a libre exposición.

Materiales y métodos

Área de estudio: La muestra de paisaje de 500 ha (Fig.1) se encuentra ubicada en zona cafetera del occidente del departamento de Risaralda, al noroccidente del casco urbano del municipio de La Celia, en la vereda La Secreta. El cuadrante comprende un gradiente altitudinal que va desde los 1.500 hasta los 2.000 msnm, y en su interior se encuentra una parte importante y significativa (aproximadamente 20%) del Distrito de Manejo Integrado Verdúm. El área de interés se caracteriza por su relieve heterogéneo y escarpado, en el que se encuentran zonas con pendientes superiores al 100%. El principal cultivo es el café a libre exposición, seguido por el plátano y en menor proporción por pequeños cultivos de maíz, frijol y yuca. En general, el tamaño de las fincas en

promedio oscila entre tres y cinco hectáreas y su manejo no se asocia a las prácticas propias de una caficultura intensiva. Las zonas destinadas a la ganadería son pequeñas y escasas, debido a aspectos como el relieve y la cultura cafetera que predomina en este municipio.

Trabajo de campo y laboratorio: Los muestreos se realizaron durante los meses de julio y agosto del año 2010 y enero y febrero del año 2011. Se estudiaron tres elementos (coberturas) representativos del paisaje cafetero (bosque(1), parches de bosque (2) y cafetales a libre exposición (4), en los cuales se establecieron transectos lineales (Fig.1), (seis en bosque, dos en cada parche de bosque y uno en cada cafetal) con 10 estaciones de muestreo, ubicadas cada 10 m. En cada estación (unidad muestral), en un área de 1 m², se recogió una muestra de hojarasca, la cual fue cernida y posteriormente procesada durante 48 horas en sacos mini-Winkler. El material colectado se almacenó en viales con alcohol al 70%, se rotuló y se llevó al laboratorio del grupo de investigación en Ecología, Biología y Manejo de Hormigas, para su identificación. Los muestreos se complementaron con colecta manual, mediante búsqueda directa en suelo, bajo piedras y troncos en descomposición, y en la vegetación. La determinación a nivel de género se realizó siguiendo las claves taxonómicas de Palacio y Fernández (2003) y a nivel de especie empleando las claves disponibles para los diferentes grupos (e.g. Longino 2012). Los especímenes colectados reposan en la colección de referencia, depositada en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSEUV).

Análisis estadístico: A partir de los registros de las diferentes especies y morfoespecies colectadas en cada estación de muestreo, se elaboró una base de datos en la cual se consignó la información referente a los diferentes eventos de captura.

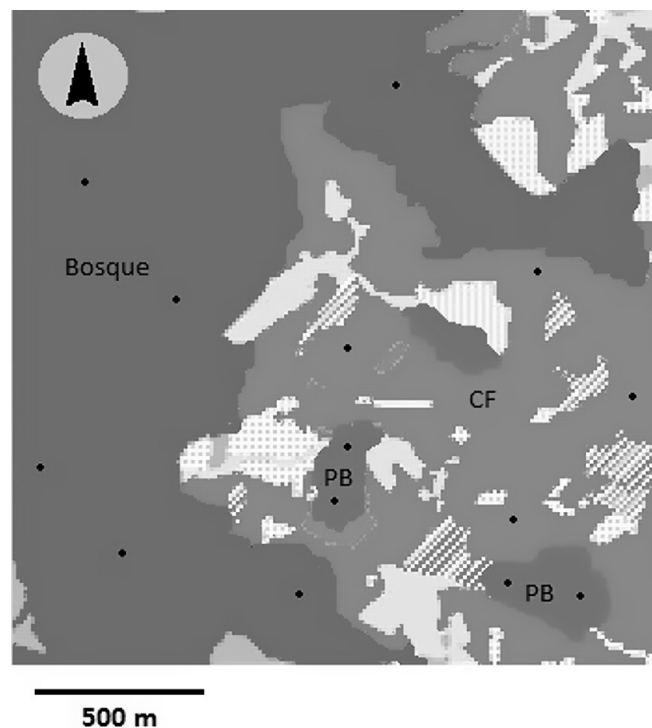


Figura 1. Mapa de la muestra de paisaje, con las correspondientes coberturas muestreadas: Bosque, PB: parche de bosque y CF: café sol (café a libre exposición).

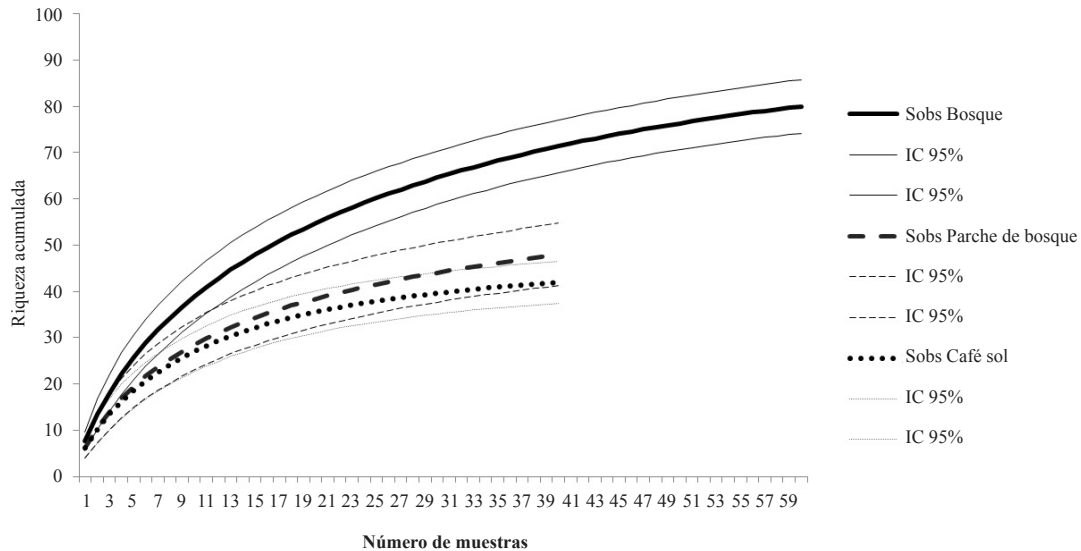


Figura 2. Riqueza acumulada de especies en los tres elementos del paisaje.

Posteriormente, se elaboraron matrices (3) de presencia/ausencia para los tres elementos muestreados, con el objetivo de evaluar la eficiencia de muestreo y realizar un análisis de composición por coberturas. La eficiencia del muestreo se evaluó calculando el promedio de tres estimadores no paramétricos, Chao 2 y Jackknife 1 y 2, empleando el programa EstimateS v. 8.0. Para comparar la riqueza de especies entre elementos de paisaje se realizó inicialmente un análisis de rarefacción, dadas las diferencias en el número de estaciones por cobertura, y posteriormente un análisis de varianza, seguido de una prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% (Coldwell y Coddington 1994). Para detectar diferencias en la composición de especies de hormigas entre los tres elementos del paisaje, se utilizó el análisis de similitud ANOSIM y posteriormente se calculó el porcentaje de disimilitud (SIMPER) para establecer cuales especies son las que contribuyen más a diferenciar los elementos del paisaje. La representación gráfica de las similitudes en composición entre los tres elementos del paisaje estudiados, se realizó mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS), empleando el índice de Jaccard como medida de distancia. Los análisis de composición se realizaron empleando el programa PAST, versión 2.17b (Hammer *et al.* 2001).

Resultados

Se obtuvieron 4.121 individuos, representantes de 96 especies, 34 géneros y nueve subfamilias. La subfamilia que presentó el mayor aporte a la riqueza total del paisaje fue Myrmicinae, con 56 especies, seguida por Ponerinae (15), Formicinae (9) y Ectatomminae (8). En cuanto a la riqueza por coberturas o elementos del paisaje, el bosque presentó el mayor número de especies (74), seguido por los parches de bosque (49) y el café a libre exposición (41). Especies como *Cyphomyrmex* cf. *dixus* Snelling & Longino, 1992, *Gnamptogenys bisulca* Kempf & Brown, 1968, *Octostruma stenoscapa* Palacio, 1997, *Pheidole biconstricta* Mayr, 1870, *Pyramica gundlachi* Roger, 1862, *Hypoconera* sp.1 y *Solenopsis* sp.1 y sp.2 presentaron las mayores frecuencias de captura, sumando el 38% de la abundancia total (Tabla 1). En el caso

de *P. biconstricta*, además de su abundancia en las muestras de hojarasca, las observaciones y los eventos de captura manual, permitieron catalogarla como una especie dominante a escala local (unidades de los elementos) y de paisaje.

Especies como *Acanthognathus teledectus* Brown & Kempf, 1969, *Amblyopone* sp., *Discothyrea sexarticulata* Borgmeier, 1954, *Gnamptogenys interrupta* Mayr, 1887 y *G. minuta* Emery, 1896, se registraron únicamente en las coberturas boscosas, con frecuencias de captura muy bajas. En general, en las muestras de hojarasca se encontró una baja incidencia de hormigas catalogadas como plagas potenciales en los diferentes elementos muestreados. Las hormigas cortadoras de hojas *Atta cephalotes* Linnaeus, 1758 y *Acromyrmex aspersus* F. Smith, 1858 y especies como *Acropyga exsangui* Wheeler, 1909 y especies como *Acropyga exsangui* y *Wasmannia auropunctata*, se encontraron en menos del 5% de las muestras. Sin embargo, las observaciones en los recorridos a través del cuadrante de 500 hectáreas para llegar a los diferentes sitios de muestreo y la búsqueda directa, permitieron detectar la presencia de grandes hormigueros de *A. cephalotes* tanto en cafetales como en parches de bosque.

La eficiencia de muestreo en el paisaje fue del 81%, según el promedio de los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jackknife 1 y 2. La mayor eficiencia se obtuvo en los elementos bosque (83,7%) y café a libre exposición (84,7%), y la eficiencia más baja en los dos parches de bosque muestreados (75,37%) (Tabla 2). En las curvas de rarefacción (Figura 2), la línea de corte en el número mínimo de estaciones de muestreo dispuestas en un tipo de elemento del paisaje (40), muestra un resultado consistente con las cifras obtenidas antes de efectuar este procedimiento; es decir, la riqueza de especies de nuevo fue mayor en bosque (68), seguida por fragmento de bosque (49) y café a libre exposición (41).

El análisis de varianza y la prueba de Tukey, evidenciaron la existencia de diferencias significativas entre la riqueza de los tres elementos ($F_{2,11} = 2,657$; $P = 0,001$), tal como se muestra en la tabla 3. El análisis de similitud (ANOSIM) mostró diferencias significativas en la composición de especies entre los tres elementos del paisaje (R global 0,217; $P < 0,001$) (Tabla 4). Corroborando lo anterior, los resultados del análisis

Tabla 1. Abundancia de las especies de hormigas recolectadas en tres elementos de un paisaje cafetero de los Andes occidentales de Risaralda, Colombia.

Subfamilia y especie	Bosque	Parche de bosque	Café sol	Frecuencia de captura	Abundancia relativa %
Myrmicinae					
<i>Acanthognathus teledectus</i> (Brown & Kempf, 1969)	0	1	0	1	0,11
<i>Acromyrmex aspersus</i> (F. Smith, 1858)	3	2	1	6	0,65
<i>Adelomyrmex tristani</i> (Menozzi, 1931)	10	9	0	19	2,05
<i>Apterostigma</i> sp.	0	1	0	1	0,11
<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	0	3	6	9	0,97
<i>Crematogaster longispina</i> (Emery, 1890)	9	2	6	17	1,84
<i>Crematogaster nigropilosa</i> (Mayr, 1870)	0	0	4	4	0,43
<i>Crematogaster</i> sp.1	1	1	0	2	0,22
<i>Cyphomyrmex</i> cf. <i>dixus</i> (Snelling & Longino, 1992)	28	19	4	51	5,51
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1	16	3	0	19	2,05
<i>Cyphomyrmex</i> sp.2	4	0	0	4	0,43
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	11	14	1,51
<i>Octostruma stenoscapa</i> (Palacio, 1997)	33	21	0	54	5,83
<i>Octostruma</i> ca. <i>rugiferoides</i>	0	2	0	2	0,22
<i>Octostruma balzani</i> (Brown & Kempf, 1960)	3	0	13	16	1,73
<i>Pheidole biconstricta</i> (Mayr, 1870)	19	16	17	52	5,62
<i>Pheidole</i> sp.1	2	1	0	3	0,32
<i>Pheidole</i> sp.2	3	7	0	10	1,08
<i>Pheidole</i> sp.3	0	6	0	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.4	0	5	2	7	0,76
<i>Pheidole</i> sp.5	14	16	3	33	3,56
<i>Pheidole</i> sp.6	0	8	0	8	0,86
<i>Pheidole</i> sp.7	14	5	5	24	2,59
<i>Pheidole</i> sp.8	0	0	6	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.9	0	0	4	4	0,43
<i>Pheidole</i> sp.10	0	0	1	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.11	4	0	0	4	0,43
<i>Pheidole</i> sp.12	6	0	0	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.13	6	0	0	6	0,65
<i>Pheidole</i> sp.14	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.15	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.16	2	0	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.17	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.18	2	0	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.19	0	2	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.20	2	0	0	2	0,22
<i>Pheidole</i> sp.21	1	0	0	1	0,11
<i>Pheidole</i> sp.22	3	0	0	3	0,32
<i>Pyramica gundlachi</i> (Roger, 1862)	11	12	15	38	4,10
<i>Pyramica xenognatha</i> (Kempf, 1958)	0	3	1	4	0,43
<i>Pyramica nubila</i> (Lattke & Goitia, 1997)	16	8	0	24	2,59
<i>Rhopalothrix ciliata</i> (Mayr, 1870)	11	2	0	13	1,40
<i>Rogeria belti</i> (Mann, 1922)	8	1	0	9	0,97
<i>Solenopsis</i> sp.1	19	21	15	55	5,94
<i>Solenopsis</i> sp.2	9	7	17	33	3,56

(Continúa)

Subfamilia y especie	Bosque	Parche de bosque	Café sol	Frecuencia de captura	Abundancia relativa %
<i>Solenopsis</i> sp.3	7	0	1	8	0,86
<i>Solenopsis</i> sp.4	1	0	1	2	0,22
<i>Solenopsis</i> sp.5	1	0	0	1	0,11
<i>Solenopsis</i> sp.6	5	0	0	5	0,54
<i>Strumigenys biolleyi</i> (Forel, 1908)	2	0	0	2	0,22
<i>Strumigenys cordovensisi</i> (Mayr, 1887)	0	1	0	1	0,11
<i>Strumigenys louisianae</i> (Roger, 1863)	0	0	5	5	0,54
<i>Strumigenys raptans</i> (Bolton, 2000)	3	1	0	4	0,43
<i>Trachymyrmex</i> sp.	4	0	0	4	0,43
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	0	0	3	3	0,32
Formicinae					
<i>Acropyga exsanguis</i> (Wheeler, 1909)	0	0	3	3	0,32
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	12	0	9	21	2,27
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	2	0	2	4	0,43
<i>Brachymyrmex</i> sp.3	0	4	12	16	1,73
<i>Brachymyrmex</i> sp.4	5	0	0	5	0,54
<i>Camponotus</i> sp.1	2	0	0	2	0,22
<i>Camponotus</i> sp.2	0	1	0	1	0,11
<i>Nylanderia steinheili</i> (Forel, 1893)	2	4	5	11	1,19
<i>Nylanderia</i> sp.	1	0	0	1	0,11
Dolichoderinae					
<i>Linepithema</i> sp.1	5	0	0	5	0,54
<i>Linepithema</i> sp.2	3	0	0	3	0,32
Ecitoninae					
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	2	1	1	4	0,43
Amblyoponinae					
<i>Amblyopone orizabana</i> (Brown, 1960)	1	0	0	1	0,11
<i>Amblyopone</i> sp.	1	1	0	2	0,22
Ectatomminae					
<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1860)	0	0	8	8	0,86
<i>Gnamptogenys andina</i> (Lattke, 1995)	3	1	0	4	0,43
<i>Gnamptogenys bisulca</i> (Kempf & Brown, 1968)	21	17	5	43	4,64
<i>Gnamptogenys interrupta</i> (Mayr, 1887)	1	0	0	1	0,11
<i>Gnamptogenys minuta</i> (Emery, 1896)	3	9	0	12	1,30
<i>Gnamptogenys porcata</i> (Emery, 1896)	1	0	0	1	0,11
<i>Gnamptogenys strigata</i> (Norton, 1871)	9	0	2	11	1,19
<i>Typhlomyrmex pusillus</i> (Emery, 1894)	7	2	6	15	1,62
Heteroponerinae					
<i>Heteroponera inca</i> (Brown, 1958)	5	3	0	8	0,86
<i>Heteroponera microps</i> (Borgmeier, 1957)	4	1	4	9	0,97
Ponerinae					
<i>Anochetus</i> sp.	1	0	0	1	0,11
<i>Hypoconera</i> sp.1	28	9	4	41	4,43
<i>Hypoconera</i> sp.2	9	4	3	16	1,73
<i>Hypoconera</i> sp.3	5	0	0	5	0,54
<i>Hypoconera</i> sp.4	3	0	3	6	0,65
<i>Hypoconera</i> sp.5	0	0	6	6	0,65
<i>Hypoconera</i> sp.6	0	0	1	1	0,11

(Continuación Tabla 1)

Subfamilia y especie	Bosque	Parche de bosque	Café sol	Frecuencia de captura	Abundancia relativa %
<i>Leptogenys</i> sp.	1	0	0	1	0,11
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	2	1	4	7	0,76
<i>Pachycondyla arhuaca</i> (Forel, 1901)	8	3	0	11	1,19
<i>Pachycondyla becculata</i> (Mackay and Mackay 2010)	1	0	0	1	0,11
<i>Pachycondyla fauveli</i> (Emery, 1896)	3	0	0	3	0,32
<i>Pachycondyla ferruginea ferruginea</i> (Smith F, 1858)	2	0	0	2	0,22
<i>Pachycondyla ferruginea panamensis</i> (Forel, 1899)	2	2	0	4	0,43
<i>Pachycondyla impressa</i> (Roger, 1861)	5	3	1	9	0,97
Proceratinae					
<i>Discothyrea sexarticulata</i> (Borgmeier, 1954)	1	1	0	2	0,22
<i>Discothyrea</i> sp.	1	3	0	4	0,43
Total frecuencia de captura	449	254	223	926	0,11
Total especies	74	49	41		

de porcentajes de similitud (SIMPER) mostraron según los promedios de disimilitud total entre coberturas, diferencias marcadas en la composición de las correspondientes comunidades (bosque vs. café sol: 89,19%, parche de bosque vs. café sol: 86,57 y bosque vs. parche de bosque: 82,57%). Las especies que más contribuyeron a esta diferenciación fueron *Solenopsis* sp.1 y sp.2, *Gnamptogenys bisulca* y *Cyphomyrmex* cf. *dixus* (Tabla 5). El resultado del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) se presentan en la figura 3, (Stress 0.4816, axis 1: 0.04204 y axis 2: 0.02359).

Discusión

La riqueza total a escala de paisaje (96 especies), representa para un área previamente inexplorada en estudios mirmecológicos, una cifra elevada en relación con las cifras registradas en otros estudios realizados en diferentes zonas del país. En el caso de las hormigas cazadoras (poneromorfos), por ejemplo, el número de especies colectadas (29) supera la riqueza encontrada en los paisajes cafeteros estudiados por García *et al.* (2008) en Valle del Cauca y Santander (24 y 20 especies respectivamente), así como la riqueza registrada en un paisaje ganadero de Caldas (25 especies) (Jiménez *et al.* 2008; Abadía *et al.* 2010). Es importante resaltar que en estas investigaciones, la extensión del área de trabajo fue cinco veces mayor (2.500 ha) que la extensión de la muestra de paisaje definida en este estudio. La eficiencia promedio de muestreo, tanto para el paisaje, como para los tres elementos que fueron objeto de atención, indica que se consiguió una buena repre-

sentatividad de la mirmecofauna presente en la zona. Considerando aspectos como el nivel de perturbación antrópica al cual se encuentra expuesto un paisaje agrícola destinado principalmente a la caficultura, el tamaño de la muestra de paisaje, el número de elementos de paisaje muestreados, el rango altitudinal que comprende el cuadrante que limita la zona de estudio (1.500-2.000 msnm), el número de especies encontrado y la composición global de la mirmecofauna, es posible afirmar que este paisaje alberga comunidades heterogéneas de una proporción importante de las especies que se conocen actualmente en el país (900 especies, Fernández 2006).

La riqueza y composición por elementos resulta igualmente significativa considerando las correspondientes cifras y la identidad de las especies. El bosque de Verdúm, en el cual se encuentran zonas en diferente grado de sucesión ecológica, constituye el área de conservación más importante y representativa del municipio de La Celia. El hallazgo de 74 especies, de las cuales 28 resultaron exclusivas de esta cobertura, denota la importancia de esta área protegida (actualmente bajo la figura de Distrito de Manejo Integrado) para la conservación de la biota local y regional. Los parches de bosque, comúnmente inmersos en la matriz de café, permanecen en estos paisajes principalmente porque se valoran como elementos indispensables para la protección de los nacimientos de agua, o porque se encuentran en zonas de difícil acceso por su topografía. Con 49 especies registradas en los dos fragmentos muestreados, se manifiesta la importancia de estos elementos a escala local y regional para propósitos de

Tabla 2. Eficiencias de muestreo basadas en los estimadores no paramétricos Chao2, y Jackknife1 y 2, para los elementos del paisaje.

Estimador y eficiencia de muestreo (%)									
Elemento	N	Sob	Chao2	%	Jack1	%	Jack2	%	Promedio general
Bosque	60	80	88,85	90,04	98,68	81,07	99,94	80,05	83,72
Parche de bosque	40	48	60,68	79,10	61,65	77,86	69,4	69,16	75,37
Café sol	40	42	46,55	90,23	49,8	84,34	52,77	79,59	84,72
Total paisaje	140	98		86,46		81,09		76,27	81,27

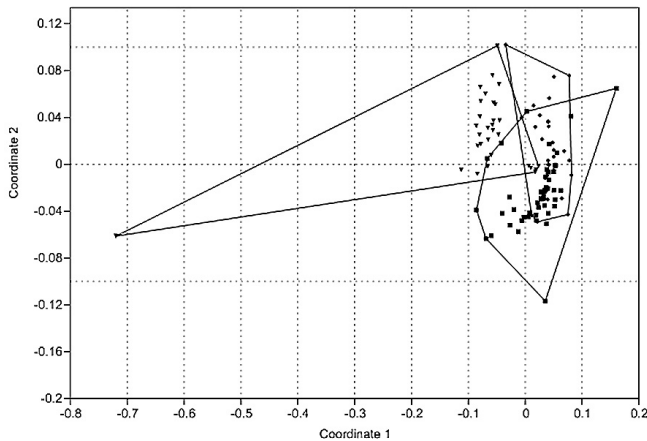


Figura 3. Resultado del análisis de escalamiento múltiple no métrico. Stress = 0,4816. Bosque ■, Parche de bosque ●, café a libre exposición ▼.

conservación, manejo e investigación. Los parches de bosque constituyen el hábitat de especies propias de los bosques nativos y representan elementos fundamentales de conectividad en la dinámica de las poblaciones de hormigas. Mientras que especies como *Acanthognathus teledectus* y *Strumigenys cordovensis* Mayr, 1887 se colectaron exclusivamente en estos fragmentos, otras como *Discothyrea sexarticulata*, *Gnamptogenys minuta*, *Heteroponera inca* Brown, 1958, *Pachycondyla arhuaca* Forel, 1901 y *Strumigenys raptans* Bolton, 2000 se colectaron tanto en bosque como en este elemento.

En general, los cafetales a libre exposición en la vereda La Secreta son cultivos cuya extensión oscila entre una y dos hectáreas, con un manejo que si bien no corresponde totalmente al tradicional (e.g. bajas densidades de siembra y poco uso de agroquímicos y), dista más de un manejo intensivo (e.g. altas densidades de siembra y uso frecuente, en cantidades importantes, de agroquímicos). La riqueza encontrada en este elemento (42 especies), las abundancias y la identidad de las especies colectadas, aunque marcaron diferencias significativas con lo encontrado en las otras coberturas, reflejan la capacidad del cultivo de café para albergar, a diferencia de otras matrices de paisajes agrícolas, grupos que generalmente se catalogan como propios de coberturas boscosas (e.g. *Gnamptogenys bisulca*, *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957, *Pachycondyla impressa* Roger, 1861 y *Typhlomyrmex pusillus* Emery, 1894).

En este mismo contexto biogeográfico, resulta importante resaltar que las cifras registradas en los parches de bosque y los cafetales a libre exposición de este paisaje (49 y 42 especies respectivamente) son más altas que aquellas registradas

en las muestras de hojarasca, tomadas en estos elementos por Armbrrecht *et al.* (2005) en la zona cafetera de Apía, Risaralda (32 y 24 especies respectivamente). Posiblemente estas diferencias obedezcan a características particulares de estos paisajes cafeteros (e.g. grado de homogenización, heterogeneidad topográfica o heterogeneidad estructural) o a un factor determinante como las prácticas de manejo.

Los resultados de los análisis ANOSIM y SIMPER, evidenciaron la existencia de diferencias marcadas en la composición de las comunidades asociadas a los tres elementos. Pese a encontrarse en las tres coberturas, cuatro de los grupos que en el paisaje registraron las abundancias más altas, fueron los que más contribuyeron a esta diferenciación (*Cyphomyrmex* cf. *dixus*, *Gnamptogenys bisulca*, *Octostruma stenoscapa* y *Solenopsis* sp.1). El resultado del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS), muestra en un ordenamiento en dos dimensiones que existe una mayor afinidad en la composición de la mirmecofauna del bosque y los parches de bosque, y una menor afinidad entre la mirmecofauna de estos dos elementos y la de los cafetales a libre exposición (Figura 3).

Entre las especies más abundantes, definidas según los valores más altos de frecuencia de captura (tabla 1), sobresale *Pheidole biconstricta* como una especie dominante a escala local y regional. Su incidencia en las muestras de hojarasca, así como la frecuencia de observación de sus colonias en los recorridos realizados en la zona de estudio, evidenciaron la plasticidad ecológica de esta especie, que por su agresividad y sus hábitos generalistas y oportunistas limita la actividad de forrajeo de otros grupos en el territorio cercano a sus sitios de nidificación. En bosques y parches, se encontraron colonias de *P. biconstricta* en suelo, bajo troncos caídos, y bajo la corteza de árboles de mediano porte. En cafetales a libre exposición, esta especie se encontró anidando predominantemente en suelo.

La baja incidencia de especies catalogadas como potenciales plagas en las muestras de hojarasca se resalta como un aspecto positivo que podría favorecer la sostenibilidad social, agrícola y ambiental en este paisaje. Los escasos registros de géneros como *Acropyga* y *Wasmannia*, la baja incidencia de una especie exótica como *Monomorium pharaonis* y la ausencia de especies como *Paratrechina fulva* Mayr, 1862 (otra especie invasora conocida comúnmente como la “hormiga loca”, registrada en diferentes zonas cafeteras del país) y de *Solenopsis geminata* Fabricius, 1804, asociada frecuentemente a problemas en diferentes cultivos (Della Lucia 2003), permiten afirmar que tanto en estos elementos representativos, como en el paisaje en general, el riesgo que representan actualmente estos grupos como potenciales plagas es bajo. Aunque la incidencia de las hormigas cortadoras de hojas *A. cephalotes* y *A. aspersus* fue igualmente baja en las muestras de hojarasca, la presencia de estas especies en las diferentes coberturas del paisaje, se vislumbra como un problema po-

Tabla 3. Resultado de la prueba de Tukey. Comparaciones pareadas entre la riqueza de los tres elementos del paisaje estudiados.

	Bosque	Parche de bosque	Café a libre exposición
Bosque		0,5099	0,1126
Parche de bosque	1,615		0,5496
Café a libre exposición	3,131	1,517	

Tabla 4. Resultados del análisis de similitud (ANOSIM), utilizando como medida de distancia el índice de Jaccard.

Elemento	Bosque	Parche de bosque	Café a libre exposición
Bosque	0	0,046	0,0001
Parche de bosque	0,046	0	0,0001
Café a libre exposición	0,0001	0,0001	0

Tabla 5. Disimilitud entre tres elementos de un paisaje cafetero de Risaralda, según la composición de la fauna de hormigas de cada cobertura.

Comparaciones	Especie	Contribución %	Disimilitud promedio (%)
Bosque vs. Parche de bosque	<i>Solenopsis</i> sp.1	5,72	82,57
	<i>Cyphomymex</i> cf. <i>dixus</i>	5,51	
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>	4,60	
	<i>Hypoponera</i> sp.1	4,24	
Bosque vs. Café sol	<i>Solenopsis</i> sp.1	5,59	89,19
	<i>Solenopsis</i> sp.2	5,34	
	<i>Cyphomyrmex</i> cf. <i>dixus</i>	4,33	
	<i>Octostruma balzani</i>	4,19	
Parche de bosque vs. Café sol	<i>Solenopsis</i> sp.2	5,55	86,57
	<i>Solenopsis</i> sp.1	5,21	
	<i>Cyphomyrmex</i> cf. <i>dixus</i>	5,08	
	<i>Pyramica gundlachi</i>	4,66	

tencial para caficultores y demás habitantes en la zona. En los recorridos a través del área de estudio, se detectaron en los parches de bosque y en cultivos de café grandes hormigueros de *A. cephalotes*, con numerosas obreras forrajeando activamente en diferentes especies vegetales e incluso en los arbustos de café y almácigos. Dadas las características de estas especies, se recomienda realizar estudios con métodos de muestreo orientados exclusivamente a la detección de sus colonias para conocer en detalle aspectos como su densidad poblacional por coberturas y en todo el paisaje. Varias de las especies colectadas, pertenecen a grupos para los cuales se ha documentado su potencial como controladores biológicos de la principal plaga de este cultivo en Colombia, la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari, 1867). Bustillo *et al.* (1998), Vélez *et al.* (2000 y 2003) y Gallego y Armbrrecht (2005) han reportado en zonas cafeteras de los departamentos de Caldas y Risaralda, especies de géneros como *Crematogaster*, *Gnamptogenys*, *Pheidole* y *Solenopsis* depredando la broca del café en diferentes estadios.

La fidelidad ecológica y la rareza de especies como *Acanthognathus teledectus*, *Amblyopone* sp. (posiblemente nueva especie, Lattke com. pers), *Discothyrea sexarticulata* y *Gnamptogenys minuta*, reflejada en el bajo número de eventos de captura en bosque y parches de bosque, son aspectos que sumados a la baja ocurrencia de hormigas potencialmente plaga y de especies invasoras, se proponen como características que en conjunto resultan indicadoras de la salud (equilibrio) y la heterogeneidad de las comunidades de hormigas en el paisaje cafetero estudiado.

Agradecimientos

A Colciencias y su programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda” (P-2010-0391) en colaboración con la Universidad del Valle, por el apoyo financiero a la Joven Investigadora Lina Marcela Arango. A Colciencias, la Universidad del Valle y Wildlife Conservation Society - Programa Colombia, por la financiación y el apoyo logístico en el proyecto “Análisis de heterogeneidad espacial y diversidad de hormigas y escarabajos coprófagos en paisajes cafeteros” (Proyecto No.110652128706). A los propietarios y demás habitantes de las fincas cafeteras por su

colaboración y por permitir el desarrollo de este trabajo en sus predios. Al Comité de Cafeteros de La Celia, Risaralda, a Jens Dauber, John Lattke, Fernando Zapata, Leonardo Delgado y a los compañeros del grupo de investigación “Biología, Ecología y Manejo de Hormigas” de la Universidad del Valle.

Literatura citada

- ACHURY, R.; CHACÓN DE ULLOA, P.; ARCILA, A. M. 2012. Effects of the heterogeneity of the landscape and the abundance of *Wasmannia auropunctata* on ground ant assemblages in a colombian tropical dry forest. *Psyche* Volume 2012, Article ID 960475, 12 pages, doi:10.1155/2012/960475.
- ABADÍA, J.C.; BERMÚDEZ, C.; LOZANO-ZAMBRANO, F.H.; CHACÓN P. 2010. Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras. *Revista Colombiana de Entomología* 36 (1): 127-134.
- ARANGO, N. D.; ARMENTERAS, M.; CASTRO, T.; GOTTMANN, O. L.; HERNÁNDEZ, C. L.; MATA LLANA, M. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales de Colombia desde una perspectiva ecorregional, Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-WWF. 64 p.
- ARMBRECHT, I.; CHACÓN DE ULLOA, P. 2003. The little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicator of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. *Environmental Entomology* 32 (3): 542-547.
- ARMBRECHT, I. 2003. Diversity and function of leaf litter ants in Colombian coffee agroecosystems. Tesis Doctoral. Escuela de Recursos Naturales y Ambiente. Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan, E.U. 242 p.
- ARMBRECHT, I.; RIVERA, L.; PERFECTO, I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology* 19 (3): 897-907.
- ARMBRECHT, I.; CHACÓN, P.; GALLEGU, M. C.; RIVERA, L. 2008. Efecto de la tecnificación del cultivo de café sobre las hormigas cazadoras de Risaralda. pp. 479-495, capítulo 13. En: Jiménez E.; Fernández, F.; Arias, T. M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia 609 + xiv p.
- BARÓN, J. D. 2010. Geografía económica de los Andes Occidentales de Colombia. Documentos de trabajo sobre economía re-

- gional. Banco de la República. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER). Cartagena. 100 p.
- BUSTILLO, A. E.; CARDENAS, M. R.; VILLALBA, G. D.; BENAVIDES, M. P.; OROZCO, H. J.; POSADA, F. F. 1998. Manejo integrado de la Broca del café, *H. hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, CO, CENICAFE. 127 p.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* 345: 101-118.
- DELLA-LUCIA, T. M. C. 2003. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. pp. 337-349. En: F. Fernández. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS (FNC). 2010. La Tierra del Café. Documento electrónico disponible en: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe. [Fecha revisión: Diciembre 2012].
- FERNÁNDEZ, F. 2006. Caracterización de la diversidad de hormigas en Colombia. pp: 288-290. En: Chaves, M.E.; Santamaría, M. (Eds.). Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 - 2004. 2 Tomo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- GALLEGO ROPERO, M.C.; ARMBRECHT, I. 2005. Depredación por hormigas sobre la broca del café *hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. *Manejo integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) No. 76, p. 32-40.
- GARCÍA, R.; ZABALA, G.; BOTERO, J. E. 2008. Hormigas cazadoras en paisajes cafeteros de Colombia. pp. 461-478, capítulo 12. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T.M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 609 + xiv p.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- JIMÉNEZ, E.; LOZANO-ZAMBRANO, F.; ÁLVAREZ-SAA, G. 2008. Diversidad alfa (α) y beta (β) de hormigas cazadoras de suelo en tres paisajes ganaderos de los andes centrales de Colombia. pp. 439-459, capítulo 11. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T. M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 609 + xiv p.
- KATTAN, G. H. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. pp. 561-590. En: Guariguata, M. R.; Kattan, G. H. (Eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Costa Rica, Libro Universitario Regional.
- LONGINO, J. 2012. Hormigas de Costa Rica. Disponible en: <http://academic.evergreen.edu/projects/ants/Genera> [Fecha revisión: 28 septiembre 2012].
- MATSON, P. A.; PARTON, A. W.; POWER, A. G.; SWIFT, M. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
- MILLENNIUM ASSESMENT. 2007. Millenium Ecosystem Assessment. A toolkit for understanding and action. Protecting Natures's services. Protecting ourselves. Island Press. Washington.
- MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional systems of México. *Conservation Biology* 13: 11-21.
- PALACIO, E. E.; FERNÁNDEZ, F. 2003. Clave para las subfamilias y géneros. pp. 233-260. En: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 423 p.
- PHILPOTT, S. M.; ARENDT, W.; ARMBRECHT, I.; BICHER, P.; DIETSCH, T.; GORDON, C.; GREENBERG, R.; PERFECTO, I.; SOTO-PINTO, L.; TEJEDACRUZ, C.; WILLIAMS, G.; VALENZUELA, J. 2008. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: Reviewing evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology* 22: 1093-1105.
- PIMENTEL, D.; WILSON, C.; MCCULLUM, C.; HUANG, R.; DWEN, P.; FLACK, J.; TRAN, Q.; SALTMAN, T.; CLIFF, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *Bioscience* 47:747-757.
- SWIFT, M. J.; VANDERMEER, J.; RAMAKRISHNAN, P. S.; ANDERSON, J. M.; ONG, C. K.; HAWKINS, B. A. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. pp. 261-298. In: Mooney, H. A.; Cushman, J. H.; Medina, E.; Sala, O. E.; Schulze E. D. (Eds.). *Functional Roles of Biodiversity: a global perspective*. Nueva York, US, John Wiley and Sons.
- VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A.; POSADA, F.J. 2000. Predación sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) de las hormigas *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp. y *Dorymyrmex* sp. durante el secado del café. En Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN (27, Medellín, CO). Memorias. Colombia. p. 17.
- VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A.; POSADA, F.J. 2003. Depredación de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) por *Solenopsis geminata* y *Gnamptogenys* sp. (Hymenoptera: Formicidae). Memorias XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN (30, Cali, CO). Memorias. Colombia. p. 96.

Recibido: 6-feb-2013 • Aceptado: 29-mayo-2013

Arañas (Arachnida, Araneae) asociadas a agroecosistemas en el Valle de Elqui (Región de Coquimbo, Chile)

Spiders (Arachnida, Araneae) associated to agroecosystems in the Elqui Valley (Coquimbo Region, Chile)

OSCAR E. ALCAYAGA^{1,2}, JAIME PIZARRO-ARAYA^{1,3}, FERMÍN M. ALFARO^{1,4} y JORGE CEPEDA-PIZARRO^{1,5}

Resumen: Mediante prospecciones dentro de un transecto altitudinal se examinó la composición taxonómica de arañas asociadas a áreas cultivadas y al secano en el Valle del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile). Se capturó un total de 230 individuos. Se registraron 19 familias y 29 especies. La riqueza específica fue mayor en el secano (23 especies) que en los sectores cultivados (18 especies). Ocho familias fueron comunes para ambas situaciones; estas fueron Anyphaenidae (1,3% del total capturado), Araneidae (5,6%), Gnaphosidae (8,6%), Lycosidae (3,0%), Sicariidae (32,2%), Theridiidae (15,7%), Titanocidae (3,5%) y Zodariidae (6,5%). Las especies más abundantes en el semiárido fueron *Sicarius* sp. (Sicariidae) (17,6% del total capturado en el semiárido), *Steatoda porteri* (Theridiidae) (9,5%) y *Cybaeodamus lycosoides* (Zodariidae) (9,5%). Para los sectores cultivados, las especies numéricamente dominantes fueron, en tanto, *Loxosceles laeta* (Sicariidae) (42,7%), *Steatoda grossa* (Theridiidae) (8,5%) y *Goeldia patellaris* (Titanocidae) (8,5%). Este trabajo representa una primera aproximación al estudio de las comunidades de arañas presentes en las cuencas del semiárido de Chile y sienta las bases taxonómicas para estudios posteriores sobre el papel desempeñado por estos organismos en programas de manejo integrado de plagas o control biológico.

Palabras clave: Artrópodos epigeos. Agricultura de zonas semiáridas. Cuencas semiáridas. Valles andinos.

Abstract: The taxonomic composition of spiders associated with both cultivated areas and dry uncultivated sectors in the Elqui River Valley (Coquimbo Region, Chile) were examined by surveys within an altitudinal transect. A total of 230 specimens were captured. Taxonomically, 19 families and 29 species were obtained. Species richness was higher in the dry uncultivated sectors (23 species) than in the cultivated sites (18 species). Eight families were common to both situations; these were Anyphaenidae (1.3% of total capture), Araneidae (5.6%), Gnaphosidae (8.6%), Lycosidae (3.0%), Sicariidae (32.2%), Theridiidae (15.7%), Titanocidae (3.5%) and Zodariidae (6.5%). The more abundant species in the semiarid area were *Sicarius* sp. (Sicariidae) (17.6% of total capture in the area), *Steatoda porteri* (Theridiidae) (9.5%) and *Cybaeodamus lycosoides* (Zodariidae) (9.5%). In the cultivated areas, in turn, the numerically dominant species were *Loxosceles laeta* (Sicariidae) (42.7%), *Steatoda grossa* (Theridiidae) (8.5%) and *Goeldia patellaris* (Titanocidae) (8.5%). This paper is the first approach to the study of spider assemblages found in the semi-arid watersheds of Chile and sets the taxonomic bases for examining the role played by these organisms in integrated pest management or biological control.

Key words: Epigean arthropods. Semiarid agriculture. Semiarid watersheds. Andean Valleys.

Introducción

Los paisajes agrícolas del norte chico de Chile (regiones de Atacama y Coquimbo), corresponden a una matriz formada por la interacción entre áreas semiáridas y agroecosistemas, cada uno representado por un particular ensamble faunístico y características abióticas (Cepeda-Pizarro *et al.* 2009). Estas áreas semiáridas pueden ser consideradas reservorios de artrópodos, que permitirían la migración y colonización hacia los agroecosistemas (Liljesthröm *et al.* 2002). La migración de artrópodos entre estos sistemas podría estar influenciada por el grado de contraste que presentan, el cual es altamente marcado en agroecosistemas asociados a zonas áridas, donde el agroecosistema ofrecería condiciones de hábitat totalmente distintas (Pluess *et al.* 2010). Dentro de estos paisajes destaca la cuenca del Valle de Elqui (Región de Coquimbo, Chile) la cual está conformada por una matriz semiárida extensa que encierra un conjunto de unidades menores que constituyen focos de producción agrícola principalmente frutales, hortalizas vides y parronales viníferos (INE 1997). Con respecto al conocimiento de la fauna de

artrópodos para el Valle de Elqui es escaso y se refiere a la distribución de *Caraboctonus keyserlingi* Pocock, 1893 (Arachnida: Scorpiones) (Agusto *et al.* 2006), a la composición y distribución del ensamble de Orthoptera (Insecta) (Alfaro *et al.* 2011) y a la distribución altitudinal de familias de artrópodos terrestres, donde se incluye algunas familias de arañas y preferentemente a las de importancia zoonótica (Pizarro-Araya *et al.* 2009). El orden Araneae es considerado un taxón megadiverso (Harvey 2002), constituido por 112 familias, 3898 géneros y 43678 especies (Platnick 2013). Los individuos de este orden son depredadores generalistas y debido a su capacidad de recolonizar ecosistemas perturbados, son uno de los grupos de artrópodos más abundantes en agroecosistemas. Esto convierte a este taxón en un importante factor en la regulación de las poblaciones de artrópodos-plaga (Haddad *et al.* 2004). En este contexto y debido a que no existen antecedentes sobre la araneofauna del Valle de Elqui, nuestro objetivo fue determinar la composición taxonómica de las arañas asociadas a áreas semiáridas y agroecosistemas del Valle de Elqui.

¹ Laboratorio de Entomología Ecológica, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena, Casilla 599, La Serena, Chile. ² Prof. Programa de Magister en Gestión Ambiental, Universidad Católica Del Norte, Coquimbo, Chile. ³ Prof., M. Sc. japizarro@userena.cl. Autor para correspondencia. ⁴ Ing. Agr. Laboratorio de Genética y Evolución, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile. ⁵ Ph. D.

Materiales y métodos

Sitio de estudio. El estudio se realizó en cuatro distritos del Valle de Elqui, el cual se encuentra inserto en la cuenca del río del mismo nombre y ocupa el sector septentrional de la Región de Coquimbo que se extiende desde los 29°40'S hasta los 32°10'S. Esta cuenca tiene una longitud de unos 150 km y una superficie de ~ 9.600 km² (Cepeda-Pizarro *et al.* 2009). Los suelos corresponden a tipo aluvial de naturaleza pardocálcica o alfisoles, provenientes de los interfluvios montañosos transportados por los cauces naturales (Casanova *et al.* 2009). La vegetación del Valle de Elqui se describe como una estepa arbustiva abierta que presenta variaciones altitudinales producto del efecto combinado de los factores ecoclimáticos, topográficos y altitudinales presentes en la cuenca (Cepeda-Pizarro *et al.* op. cit). Según Gajardo (1995) las formaciones vegetales presentes en el sitio de estudio corresponden al Matorral Estepario Interior, Matorral Preandino de la Cordillera de Coquimbo y Estepa Alto Andina. La descripción florística se encuentra detallada en Squeo *et al.* (2009). Los agroecosistemas presentes en el valle se encuentran rodeados por una matriz semiárida, mientras que los principales cultivos explotados corresponden a forrajeras anuales y permanentes, frutales, hortalizas, viñas y parronales viníferos (INE 1997).

Métodos de muestreo. Se realizaron colectas manuales, durante diciembre y enero entre los años 2004 a 2008, con la operación de cinco colectores de forma simultánea. Las recolecciones fueron hechas entre las 10:00 y 17:00 h. durante tres días de cada mes mencionado. Cada muestreo llevado a cabo por colector siguió un transecto lineal de 500 metros (con cuatro réplicas por localidad), en los distritos de Marquesa, El Molle, Diaguitas y Pisco Elqui (Fig. 1). Cada localidad fue tipificada según el uso de suelo y aporte hídrico, dividiéndose en áreas semiáridas y agroecosistemas. El material colectado se conservó en alcohol 80°. Para la determinación del material a nivel de familia se siguió a Ramírez (1999), a nivel

de género y/o especie en Araneidae se siguió a Levi (1962, 2002), en Dipluridae a Raven y Platnick (1978), en Gnaphosidae a Platnick y Shadab (1979), Platnick (1983, 1985), en Zodariidae a Jocqué (1991), en Anyphaenidae a Ramírez (2003) y en Prodidomidae a Platnick *et al.* (2005). Los individuos de las familias Dysderidae, Scytodidae, Segestridae, Sicariidae, Tetragnathidae, Theridiidae y Titanocidae fueron determinados a nivel genérico y/o específico mediante comparación con material de la colección aracnológica de la Universidad de La Serena, Chile. El material se depositó en la colección aracnológica de la Universidad de La Serena, La Serena, Chile (LEULS, Jorge Cepeda-Pizarro).

Resultados

Composición taxonómica y abundancia de arañas. Se examinó un total de 230 individuos adultos pertenecientes a 19 familias y 29 especies, lo que representó aproximadamente el 35% de las familias conocidas para Chile (Zapfe 1995, Aguilera y Casanueva 2005). La familia más diversa fue Theridiidae (17,2% de la riqueza específica total registrada), seguida por Gnaphosidae (13,8%), Araneidae (10,3%) y Sicariidae (6,9%). Las restantes familias estuvieron representadas por escasas especies (Tabla 1). Las familias más abundantes para todo el período estudiado fueron Sicariidae (32,2% del total capturado), Theridiidae (15,7%), Araneidae (5,6%) y Gnaphosidae (3,8%). Las especies que aportaron el mayor número de individuos fueron *Loxosceles laeta* (20,0%) y *Sicarius* sp. (12,2%) ambas pertenecientes a Sicariidae (Tabla 1). Ocho familias fueron comunes para el semiárido y el agroecosistema; estas fueron Anyphaenidae, Araneidae, Gnaphosidae, Lycosidae, Sicariidae, Theridiidae, Titanocidae y Zodariidae. Considerando el total de especies registradas (29 especies), sólo 12 fueron comunes para ambos ambientes.

Riqueza y abundancia de arañas en el semiárido. El semiárido fue el sector más diverso (23 especies, 15 familias). Las familias más diversas para este hábitat fueron Theridiidae y Gnaphosidae con cinco y tres especies, respectivamente. Siete familias Dipluridae, Filistidae, Prodidomidae, Scytodidae, Segestridae, Teraphosidae y Thomisidae se presentaron sólo en esta condición. Asimismo, 11 fueron las especies colectadas sólo en este hábitat (Tabla 1). Este ambiente registró la mayor abundancia de individuos (148; 64,3% del total capturado). La familia más abundante fue Sicariidae (25% del total capturado para el semiárido), siendo *Sicarius* sp., la especie con mayor número de individuos (17,6%), seguida de *Steatoda porteri* Simon, 1900 (Theridiidae) (9,5%) y *Cybaeodamus lycosoides* Nicolet, 1849 (Zodariidae) (9,5%) (Tabla 1).

Riqueza y abundancia de arañas en agroecosistemas. En agroecosistemas se colectó un total de 82 individuos pertenecientes a 12 familias y 18 especies. Las familias más diversas fueron Araneidae y Theridiidae, con tres especies cada una. Cuatro familias se presentaron sólo en esta situación; estas fueron Dysderidae, Linyphiidae, Salticidae y Tetragnathidae. Seis especies fueron registradas sólo en este hábitat (Tabla 1). Al igual que en el semiárido, la familia más abundante fue Sicariidae con el 45,1%, representada por *Loxosceles laeta* (Nicolet, 1849) (42,7%) y *Sicarius* sp. (2,4%), le siguieron en orden de abundancia *Steatoda grossa* Koch, 1838 (Theridiidae)

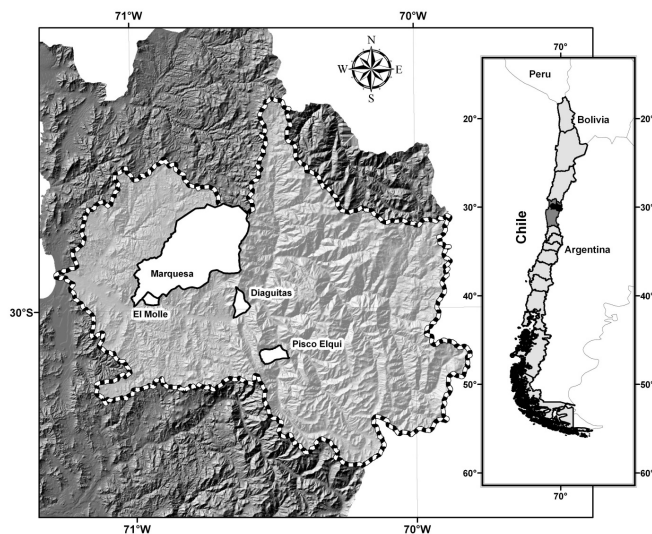


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudios en el Valle de Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Marquesa (29°56'29,7"S 70°57'28,5"O, 373 msnm), El Molle (29°07'03,5" S 70°05'57,8"O, 450 msnm), Diaguitas (30°00'30,4"S 70°37'33,7"O, 855 msnm) y Pisco Elqui (30°07'27,5"S 70°29'41,2"O, 1.272 msnm).

Tabla 1. Relaciones porcentuales de Araneae en el semiárido y agroecosistemas en cuatro distritos del Valle de Elqui (Región de Coquimbo, Chile).

Familia	Especie	Semiárido										Agroecosistemas									
		Marquesa		El Molle		Diaguitas		Pisco Elqui		Marquesa		El Molle		Diaguitas		Pisco Elqui		Total		n	%
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%				
Anypheidae	<i>Gayennoides molles</i> Ramirez, 2003			1	0,7	1	0,7							1	1,2			3	1,3		
Araneidae	<i>Mastophora gasteracanthoides</i> (Nicolet, 1849)													1	1,2			1	0,4		
	<i>Mecynogea erythromela</i> (Holmberg, 1876)					4	2,7	1	0,7							3	3,7	8	3,5		
	<i>Metopetra galatheae</i> (Thorell, 1891)					2	1,4							2	2,4			4	1,7		
Dipluridae	<i>Chiletraps australis</i> (Mello-Leitao, 1939)	4	2,7	6	4,1	1	0,7											11	4,8		
Dysderidae	<i>Dysdera crocata</i> Koch, 1838									1	1,2	1	1,2	1	1,2			3	1,3		
Filistidae	Filistidae sp.	4	2,7	6	4,1	2	1,4											12	5,2		
Gnaphosidae	<i>Echemoides illapel</i> Platnick & Shadab, 1979									1	1,2							1	0,4		
	<i>Echemoides tofo</i> Platnick & Shadab, 1979	6	4,1											1	1,2			7	3,0		
	<i>Eilica</i> sp.									1	0,7							1	0,4		
	Gnaphosidae sp.			10	6,8			1	0,7									11	4,8		
Linyphiidae	Linyphiidae sp.											1	1,2	1	1,2			2	0,9		
Lycosidae	Lycosidae sp.					1	0,7			2	2,4	2	2,4	2	2,4			7	3,0		
Prodromidae	<i>Chilama serena</i> Platnick, Shadab & Sorkin, 2005	3	2,0			1	0,7											4	1,7		
	Salticidae sp.													4	4,9	1	1,2	5	2,2		
Scytodidae	<i>Scytodes globula</i> Nicolet, 1849					2	1,4											2	0,9		
Segestridae	<i>Ariadna</i> sp.			3	2,0													3	1,3		
Sicariidae	<i>Loxosceles laeta</i> (Nicolet, 1849)	4	2,7			4	2,7	3	2,0	3	3,7			32	39,0			46	20,0		
	<i>Sicarius</i> sp.	7	4,7	6	4,1	13	8,8			1	1,2	1	1,2					28	12,2		
Tetragnathidae	<i>Tetragnatha</i> sp.									1	1,2							1	0,4		
Theraphosidae	Theraphosidae sp.	5	3,4	1	0,7	3	2,0											9	3,9		
Theridiidae	<i>Larrodectus</i> sp.					2	1,4							3	3,7			5	2,2		
	Theridiidae sp.	3	2,0			2	1,4											5	2,2		
	<i>Steatoda grossa</i> (C. L. Koch, 1838)	1	0,7			1	0,7			2	2,4			5	6,1			9	3,9		
	<i>Steatoda porteri</i> (Simon, 1900)	14	9,5																		
	<i>Steatoda</i> sp.	1	0,7			1	0,7							1	1,2			14	6,1		
Thomisidae	Thomisidae sp.					1	0,7	1	0,7									3	1,3		
Titanocidae	<i>Goeldia patellaris</i> (Simon, 1892)					1	0,7			1	1,2	2	2,4	4	4,9			2	0,9		
Zodariidae	<i>Cybaodamus lycosoides</i> (Nicolet, 1849)	10	6,8	4	2,7					1	1,2							8	3,5		
Total		62	41,9	37	25	42	28,4	7	4,73	13	15,9	7	8,54	58	70,7	4	4,88	230	100		

dae) (8,5%) y *Goeldia patellaris* (Simon, 1892) (Titanoeidae) (8,5%) (Tabla 1).

Discusión

La mayor diversidad y abundancia observada en el semiárido podría explicarse por la menor perturbación que reciben estos ambientes en comparación a los agroecosistemas (e.g. aplicación de plaguicidas y alteraciones propias de las diferentes etapas de las labores de cultivo) (Liljeström *et al.* 2002). La dominancia de *Sicarius* sp. en los sectores del semiárido podría deberse a los hábitos errantes de la especie, y a que en ambientes áridos permanecen semi-enterradas en la arena o bajo piedras de lugares protegidos de la alta radiación, por lo que no requieren de una arquitectura vegetal muy compleja para su refugio (Llinas-Gutiérrez y Jiménez 2004).

El 41,3% de las especies fueron capturadas tanto en el semiárido como en agroecosistemas, lo que podría indicar un posible movimiento entre ambos ambientes. Por otra parte, Linyphiidae, Salticidae y Tetragnathidae fueron capturadas sólo en agroecosistemas, al igual que *Dysdera crocata* Koch, especie cosmopolita e introducida en Chile (Forster y Platnick 1985). Estos grupos estuvieron representados por un bajo número de individuos lo que podría corresponder a ejemplares errantes bajo las condiciones oscilantes que ofrecen los sectores cultivados (Orellana *et al.* 2012).

Los grupos más diversos fueron las arañas tejedoras de Theridiidae y Araneidae. Por su parte Theridiidae fue más diversa y abundante en la condición semiárida. Estas arañas se caracterizan por la construcción de una tela irregular muy compleja, en la cual se suspenden en posición invertida mientras aguardan por su presa (Aguilera y Casanueva 2005). Por otra parte, Araneidae fue más diversa en el agroecosistema. Estas arañas construyen una tela orbicular generalmente en lugares altos entre las ramas de un arbusto o entre arbustos cercanos (Aguilera y Casanueva 2005). Aunque todos los individuos de este grupo construyen telas, la construcción de éstas varía según la familia, con lo que difiere también el tipo de presas que capturan (Saavedra *et al.* 2007). El predominio de estas arañas en la condición semiárida, en términos de abundancia, puede estar relacionado con las condiciones de menor perturbación y mayor estabilidad del ecosistema (Orellana *et al.* 2012).

Algunas especies presentes en el semiárido (i.e. *Chilehexops australis*, *Echemoides illapel*, *E. tofo*, *Chileuma serena*) corresponden a elementos endémicos de la zonas semiáridas del norte chico de Chile. Estas poblaciones se encontrarían en constante presión producto de la permanente expansión de los agroecosistemas, los cuales sin un manejo sustentable pueden afectar significativamente la biodiversidad nativa. En este sentido, los manejos agrícolas (e.g. aplicación de insectidas, prácticas culturales) realizados en los agroecosistemas pueden reducir en gran medida las poblaciones de arañas (Thorbeck *et al.* 2004; Fountain *et al.* 2007; Kerzicnik *et al.* 2013).

La importancia del control biológico por parte de arañas en estos ambientes está dada por diversos factores, entre ellos los niveles poblacionales de las especies controladoras (Thorbeck *et al.* 2004), la diversidad de grupos funcionales (Marc y Canard 1997) y el grado de perturbación antrópica del ambiente (Chatterjee *et al.* 2009; Orellana *et al.* 2012). Por tales razones el papel desempeñado por estos organismos puede ser de gran importancia dentro de programas de mane-

jo integrado de plagas, los cuales no generan daños sobre las poblaciones de estas especies (Pekár 1999; Kerzicnik *et al.* 2013). El presente trabajo constituye una primera aproximación al estudio de las comunidades de arañas presentes en las cuencas del semiárido de Chile.

Agradecimientos

Fermín M. Alfaro agradece a CONICYT-Chile por la beca de Magister Nacional (2013). Trabajo financiado por los proyectos MCRI Project institutional adaptations to climate change: Comparative study of dryland river basins in Canadá and Chile Universidad de Regina-Universidad de La Serena (JCP) y DIULS-PR13121 y VACDDI001 de la Universidad de La Serena, La Serena (JPA).

Literatura citada

- AGUILERA, M.; CASANUEVA, M. 2005. Arañas chilenas: Estado actual del conocimiento y clave para las familias de Araneomorphae. *Gayana* 69: 201-224.
- AGUSTO, P.; MATTONI, C. I.; PIZARRO-ARAYA, J.; CEPEDA-PIZARRO, J.; LÓPEZ-CORTÉS, F. 2006. Comunidades de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) del desierto costero transicional de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 407-421.
- ALFARO, F. M.; PIZARRO-ARAYA, J.; CEPEDA-PIZARRO, J.; BODINI, A. 2011. Composición y distribución del ensamble de Orthoptera (Insecta) en una cuenca árida del norte-centro de Chile. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 43: 97-110.
- CASANOVA, M.; SEGUEL, O.; LUZIO, W. 2009. Suelos de la Zona Árida y Semiárida (Desde 29° LS hasta 32° LS). pp: 81-123. En: Luzio, W. (Ed.). *Suelos de Chile*. Universidad de Chile. 364 p.
- CEPEDA-PIZARRO, J.; CABEZAS, R.; ROBLES, M.; ZAVALA, H. 2009. Antecedentes generales de la cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile). pp: 5-29. En: Cepeda-Pizarro, J. (Ed.). *Los sistemas naturales de la cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): vulnerabilidad y cambio del clima*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 369 p.
- CHATTERJEE, S.; ISAIA, M.; VENTURINO, E. 2009. Spiders as biological controllers in the agroecosystem. *Journal of Theoretical Biology* 258: 352-362.
- FORSTER, R. R.; PLATNICK, N. I. 1985. A review of the austral spider family Orsolobidae (Arachnida, Araneae), with notes on the superfamily Dysderoidea. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 181: 1-230.
- FOUNTAIN, M. T.; BROWN, V. K.; GANGE, A. C.; SYMONDSON, W. O. C.; MURRAY, P. J. 2007. The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembola communities. *Pedobiologia* 51: 147-158.
- GAJARDO, R. 1995. *La vegetación natural de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 165 p.
- HADDAD, C. R.; LOUW, S. V.; DIPPENAAR-SCHOEMAN, A. S. 2004. An assessment of the biocontrol potential of *Heiophanus pistaciae* (Araneae: Salticidae) on *Nysius natalensis* (Hemiptera: Lygaeidae), a pest of pistachio nuts. *Biological Control* 31: 83-90.
- HARVEY, M. 2002. The neglected cousins: What do we know about the smaller arachnid orders?. *Journal of Arachnology* 30: 357-372.
- INE. Instituto Nacional de Estadísticas. 1997. VI Censo agropecuario. Santiago, Chile.
- JOCQUÉ, R. 1991. A generic revision of the spider family Zodariidae (Araneae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 201: 1-160.

- KERZICNIK, L. M.; PEAIRS, F. B.; CUSHING, P. E.; DRANEY, M. L.; MERRILL, S. C. 2013. Spider fauna of semiarid eastern colorado agroecosystems: diversity, abundance, and effects of crop intensification. *Environmental Entomology* 42: 131-142.
- LEVI, H. W. 1962. The spider genera *Steatoda* and *Enoplognatha* in America (Araneae, Theridiidae). *Psyche* 69: 11-36.
- LEVI, H. W. 2002. Keys to the genera of araneid orbweavers (Araneae, Araneidae) of the Americas. *Journal of Arachnology* 30: 527-562.
- LILJESTRÖM, G.; MINERVINO, E.; CASTRO, D.; GONZÁLEZ, A. 2002. La comunidad de arañas del cultivo de soja en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Neotropical Entomology* 31: 197-209.
- LLINAS-GUTIÉRREZ, J.; JIMÉNEZ, M. L. 2004. Arañas de humedales del sur de Baja California, México. *Anales del Instituto de Biología, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 75: 283-302.
- MARC, P.; CANARD, A. 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 62: 229-235.
- ORELLANA, M.; ÁVILA, I.; ESTRADA, P. 2012. Diversity of spiders in an almond *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb orchard in the Metropolitan Region of Chile (Central Chile). *Idesia* 30: 17-24.
- PEKÁR, S. 1999. Effect of IPM practices and conventional spraying on spider population dynamics in an apple orchard. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 73: 155-166.
- PIZARRO-ARAYA, J.; CEPEDA-PIZARRO, J.; BARRIGA, J.E.; BODINI, A. 2009. Biological vulnerability in the Elqui valley (Coquimbo Region, Chile) to economically important arthropods. *Ciencia e Investigación Agraria* 36: 215-228.
- PLATNICK, N. I. 1983. A review of the *chilensis* group of the spider genus *Echemoides* (Araneae, Gnaphosidae). *American Museum Novitates* 2760: 1-56.
- PLATNICK, N. I. 1985. Notes on the spider genus *Eilica* (Araneae: Gnaphosidae). *Journal of the New York Entomological Society* 93: 1073-1081.
- PLATNICK, N. I. 2013. The world spider catalog, Version 13.5. Disponible en: <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/> [Fecha revisión: 10 junio 2013].
- PLATNICK, N. I.; SHADAB, M. U. 1979. A revision of the Neotropical spider genus *Echemoides*, with notes on other echemines (Araneae, Gnaphosidae). *American Museum Novitates* 2669: 1-22.
- PLATNICK, N. I.; SHADAB, M. U.; SORKIN, L. N. 2005. On the Chilean Spiders of the family Prodidomidae (Araneae, Gnaphosidae), with a revision of the genus *Moreno* Mello-Leitão. *American Museum Novitates* 3499: 1-31.
- PLUESS, T.; OPATOVSKY, I.; GAVISH-REGEV, E.; LUBIN, Y.; SCHMIDT-ENTLING, M. H. 2010. Non-crop habitats in the landscape enhance spider diversity in wheat fields of a desert agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 137: 68-74.
- RAMÍREZ, M. J. 1999. Orden Araneae, pp: 39-59. En: Crespo, F. A.; Iglesias, M. S.; Valverde, A. C. (Eds.). *El ABC en la Determinación de artrópodos I Ed.* CCC Educando, Buenos Aires, Argentina.
- RAMÍREZ, M. J. 2003. A cladistic generic revision of the spider subfamily Amaurobioidinae (Araneae, Anyphaenidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 277: 1-262.
- RAVEN, R. J.; PLATNICK, N. I. 1978. A new genus of the spider family Dipluridae from Chile (Araneae, Mygalomorphae). *Journal of Arachnology* 6: 73-77.
- SAAVEDRA, DE C. E.; FLÓREZ, D. E.; FERNÁNDEZ, H. C. 2007. Capacidad de depredación y comportamiento de *Alpaida veniliae* (Araneae: Araneidae) en el cultivo de arroz. *Revista Colombiana de Entomología* 33: 74-76.
- SQUEO, F. A.; TRACOL, Y.; LÓPEZ, D.; GUTIÉRREZ, J. R. 2009. Vegetación nativa y variación temporal de la productividad en la Provincia del Elqui. pp. 159-183. En: Cepeda-Pizarro, J. (Ed.). *Los sistemas naturales de la cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): vulnerabilidad y cambio del clima.* Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 369 p.
- THORBEK, P.; SUNDERLAND, K. D.; TOPPING, C. J. 2004. Reproductive biology of agrobiont linyphiid spiders in relation to habitat, season and biocontrol potential. *Biological Control* 30: 193-202.
- ZAPFE, H. 1995. Araneae. pp: 182-188. En: Simonetti J. A.; Arroyo, M. T. K.; Spotorno, A. E.; Lozada, E. (Eds.). *Diversidad Biológica de Chile. Comité Nacional de Diversidad Biológica.* CONICYT, Santiago Chile, 364 p.

Recibido: 15-mar-2013 • Aceptado: 13-jun-2013

Variación taxonómica y funcional en la artropofauna asociada a comunidades vegetales en humedales altoandinos (Colombia)

Taxonomic and functional variation in arthropod fauna associated with plant to vegetal communities on high-Andean wetlands (Colombia)

HERNÁN CLAVIJO-AWAZACKO¹ y ÁNGELA AMARILLO-SUÁREZ²

Resumen: El crecimiento urbano no planificado transforma la estructura y funcionamiento de los ecosistemas al disminuir la biodiversidad y la composición de especies. Este impacto es particularmente fuerte en los ecosistemas de humedales, que son importantes en la regulación hídrica y en el ciclo de nutrientes. Este estudio determinó y comparó la composición y estructura funcional de las comunidades de artrópodos en los humedales de El Burro, Techo y La Vaca (Kennedy) Bogotá, Colombia, considerando su abundancia, riqueza y diversidad. En cuadrantes de 5 m de lado en cada hábitat, usando trampas de caída, jameo y captura manual, se colectaron artrópodos en Pastizales, Juncuales/Tifales, Vegetación flotante-Macrófitas y en Pradera emergente herbácea. La mayor riqueza de órdenes y familias se presentó en el humedal de La Vaca (17 órdenes y 75 familias; diversidad de Shannon-Wiener = 3,45), seguida por El Burro (16 órdenes y 73 familias; Diversidad de Shannon-Wiener = 2,99) y finalmente, Techo (12 órdenes y 40 familias; Diversidad de Shannon-Wiener = 2,86). Predominaron los órdenes Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. En cuanto a hábitats, la mayor riqueza de familias se presentó en Pastizales a excepción de El Burro donde fue en Vegetación Flotante y Macrófitas. Se registran 12 familias que no habían sido registradas en estudios previos de la artropofauna de humedales en la Sabana de Bogotá. Los depredadores, descomponedores, nectarívoros/polinívoros fueron los grupos más diversos. Sin embargo la diversidad de microhábitats posibilita una estructura trófica particular para cada humedal y para cada hábitat.

Palabras clave: Insectos. Grupos funcionales. Comunidades animales. Andes. Humedales.

Abstract: Unplanned urban growth transforms the structure and functioning of ecosystems by reducing biodiversity and species composition. These impacts are particularly strong in wetland ecosystems, which are important in hydric regulation and nutrient cycling. This study assessed and compared the composition and functional structure of arthropod communities in the wetlands of El Burro, Techo and La Vaca (Kennedy) Bogotá, Colombia, considering their abundance, richness and diversity. We collected arthropods in grasslands, reedbeds, macrophyte floating vegetation, and emergent prairie meadows by establishing three quadrants of 5x5 m in each habitat, using pitfall traps, insect nets and manual capture. The highest richness of orders and families was at La Vaca wetland (17 orders and 75 families; Shannon-Wiener diversity index (SWD) = 3.45), followed by El Burro (16 orders and 73 families; SWD = 2.99) and Techo (12 orders and 40 families; SWD = 2.86). The predominant orders were Diptera, Coleoptera and Hymenoptera. Richness was higher at grasslands, except at El Burro where it was higher in macrophyte floating vegetation. 12 families had not been previously recorded in arthropod fauna wetland studies in the Bogotá area. Predators, decomposers, and nectar/pollen feeders were the most diverse groups. Nonetheless the diversity of microhabitats enables particular trophic guilds for each wetland and for each habitat.

Key words: Insects. Functional groups. Animal communities. Andes. Wetlands.

Introducción

Los humedales juegan un papel fundamental en los ciclos de la materia y en la calidad de las aguas (Neiff 1999) a través de la retención, transformación y/o remoción de sedimentos, nutrientes y contaminantes. Contribuyen en la regulación de acuíferos (Goldsborough y Robinson 1996), favoreciendo un exceso de materia orgánica y una alta productividad vegetal primaria que sirve de sustento a las cadenas tróficas (Elser y Frees 1995). Sin embargo, estos ecosistemas están desapareciendo en el último siglo debido al proceso de desarrollo urbano que provoca alteraciones en su estructura, funcionamiento y diversidad (McDonnell y Pickett 1990; Van Velzer 1991; Green y Baker 2003; Takami *et al.* 2004). Estos impactos son particularmente fuertes provocando su disminución y extinción alrededor del mundo (Holland *et al.* 1995; Semlitsch y Bodie 1998; Gallego *et al.* 1999).

Los insectos en los humedales sirven de alimento a organismos como otros insectos, aves, anfibios y mamíferos. Son descomponedores de la materia orgánica acumulada que resulta de la producción de biomasa. Es así, como los cambios ocurridos sobre las comunidades de insectos por fenómenos como la fragmentación, la urbanización y el reemplazo para el establecimiento de cultivos y potreros, además de afectar su diversidad y estructura, alteran las funciones ecológicas y tróficas del ecosistema entero. Dentro de los estudios sobre los grupos de artrópodos de humedales altoandinos en Colombia, Sturm (1978), citado en Amat y Quitiaquez (1998), trabajó sobre los hábitos de distribución de algunos grupos entomofaunísticos en turberas paramunas. Entre 1980 y 1985 se compiló información básica de la entomofauna de algunos humedales, como los de La Florida y La Herrera (Bogotá, Colombia) gracias a estudios realizados por la Universidad Nacional de Colombia.

¹ Ecólogo. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D. C., Colombia. clavijoanime@hotmail.com. ² Ph. D. Departamento de Ecología y Territorio. Pontificia Universidad Javeriana. Transv. 4 # 42-00 piso 8. Bogotá, D.C., Colombia. amarillo@javeriana.edu.co. Autor para correspondencia.

Estudios regionales o ecológicos detallados mencionan de manera indirecta los insectos de humedales (Álvarez y Roldán 1983; Bedoya y Roldán 1984). Amat y Quitiaquez (1998) estudiaron la riqueza y abundancia de los insectos y su relación con la vegetación del humedal Juan Amarillo. Amat y Blanco (2003) estudiaron doce humedales (Torca, Parque El Lago, Parque Timiza, Tibanica, Nenje, Neuta, Fute, Tierra Blanca, La Herrera, La Floresta, El Guali y el Reservorio San Pedro), cada uno bajo diferentes sistemas de manejo dando a conocer diversos aspectos sobre composición, riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades de artrópodos a nivel de unidades de vegetación. Se resalta en estos estudios a Diptera como grupo más abundante, al representar alrededor del 50% de las especies. Esto posiblemente debido a la humedad y abundancia de detritos orgánicos. Andrade y Amat (2000) elaboraron una guía preliminar de insectos de Santa Fe de Bogotá y sus alrededores, en la que ilustraron insectos de los principales humedales de la Sabana de Bogotá. En la actualidad sólo se han realizado investigaciones breves sobre la artropofauna presente en los humedales El Burro, Techo y La Vaca. A nivel internacional se han realizado estudios de la ecología de la artropofauna en humedales de zonas templadas en referencia con la biología y la ecología de algunos grupos de humedales de los Estados Unidos, demostrando que el incremento de cobertura de vegetación está positivamente correlacionado con algunas familias de Insecta (Culicidae, Ephydriidae y Syrphidae), mientras que está negativamente correlacionado con otras (Corixidae, Chironomidae and Hydrophilidae), lo que representa la presencia de comunidades diferentes por cada tipo de vegetación (De Szalay y Resh 2000; Keiper *et al.* 2002).

Dada la gran complejidad de los sistemas de humedales de Bogotá y los diferentes tipos de perturbación que los afectan, este estudio caracterizó y comparó la diversidad de artrópodos terrestres asociada a las comunidades vegetales de los humedales El Burro, La Vaca y Techo de la región altoandina colombiana de Bogotá, actualmente bajo grandes presiones y perturbaciones antrópicas de diferente índole. Se determinó y comparó, en primer lugar, la composición y estructura de las comunidades de artrópodos de los tres humedales por vegetación asociada considerando su abundancia, riqueza y diversidad y en segundo, por grupos funcionales. Los resultados obtenidos se compararon con los estudios realizados en otros humedales del área urbana de Bogotá, con el fin de identificar elementos comunes en cuanto a la distribución de riqueza y grupos funcionales.

Materiales y métodos

Áreas de estudio. Este estudio se llevó a cabo en los humedales de El Burro, Techo y La Vaca ubicados dentro del espacio urbano de la localidad de Kennedy, Bogotá, Colombia (Fig. 1) localidad que cuenta con una extensión de 3.785 ha. En su conjunto, es plana con un declive notorio que corresponde al área inundable del río Bogotá. Debido a la construcción de un aeródromo y de una avenida, la laguna El Tintal, que pertenecía al sistema hidrológico de los ríos Fucha y Tunjuelito, fue fraccionada en cinco cuerpos de agua formando los actuales humedales de Tibanica, La Vaca, El Burro, Techo y la laguna de Timiza, declarados en 1994 reserva ambiental natural de interés público y patrimonio ecológico de Santafé de Bogotá D.C.



Figura 1. Ubicación de los humedales objeto de este estudio. A. La Vaca. B. El Burro. C. Techo.

El humedal El Burro ($4^{\circ}38'29.82''N$ $74^{\circ}8'59.96''O$) presenta forma alargada, con una extensión de 18 ha de área legal y 0,2 ha de espejo de agua. Se encuentra fraccionado en dos porciones desiguales (norte con 4,15 ha y sur con 13,84 ha) rodeadas de urbanizaciones y bodegas. La mayor parte del humedal está cubierta por pastizales, seguidos de praderas emergentes. El humedal de Techo ($4^{\circ}38'52.72''N$ $74^{\circ}8'35.32''O$) comprende 2,5 ha de zona húmeda, fragmentado en tres porciones desconectadas por procesos de urbanización. Posee comunidades vegetales compuestas por un espejo de agua cubierto por enea (*Typha latifolia* L.) (0,47 ha) y otra área de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) (0,15 ha). El humedal es alimentado principalmente por aguas superficiales de escorrentía, además de aguas subterráneas y flujos ocasionales de desborde de aguas negras provenientes del canal vecino. El humedal La Vaca ($4^{\circ}37'38.23''N$ $74^{\circ}9'37.12''O$) es el más degradado del Distrito de Bogotá en términos ecológicos. Se encuentra fraccionado en dos sectores inmersos en una matriz urbana. Posee comunidades herbáceas emergentes de botoncillo (*Bidens laevis* (L.) Britton, Sterns & Poggenb), barbasco (*Polygonum* sp.), y sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*). El resto del humedal se encuentra cubierto por pastizales de kikuyo. De las ocho ha que conforman el área declarada, cinco presentan coberturas relacionadas con usos urbanos (vías, viviendas, botaderos de escombros, etc.) (EE/Hidromecánicas 1996-1998; EE/Hidromecánicas 1998).

Definición de tipos de vegetación. El estudio se realizó en los tres humedales entre abril y mayo de 2009. En cada humedal se colectaron artrópodos en cuatro tipos de hábitat definidos según los trabajos de Hernández *et al.* (2003) y Amat y Quitiaquez (1998). Los tipos de vegetación identificados fueron Pastizales, Juncuales y/o Tifales, Pradera emergente herbácea y Vegetación flotante y Macrófitas. Los Pastizales corresponden a las comunidades de vegetación amortiguadora terrestre del humedal, de la ronda hidráulica, muchas veces implantada con especies forestales con fines de conservación, masas densas, altas (a veces hasta 1 m o más) e invasivas de pasto kikuyo, bosques de aliso (*Alnus* spp.), sauce (*Salix humboldtiana* Willd.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), acacia (*Acacia* spp.), urapán (*Fraxinus chinensis* Roxb.) y otras especies típicas de transición. El hábitat de Juncuales y Tifales corresponde a vegetación de rivera a manera de cinturón de macollas gigantes de junco, alcanzando hasta los 3 m de altura, creciendo en agua con enea, y asociaciones de junco (*Junco* sp. y *Schoenoplectus* sp.). El hábitat de Praderas Emergentes Herbáceas lo constituyen comunidades mesoacuáticas enraizadas de tipo camalotal que crecen en aguas someras y emergen para formar una capa densa de vegetación con especies como barbasco, sombrilla de agua, lengua de vaca (*Rumex* sp.), botoncillo y buchón (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). El hábitat de Vegetación Flotante y Macrófitas corresponde a la comunidad de vegetación flotante semiarraigada que forma un tapete densamente pluriestratificado y de acuerdo con el estado de eutroficación, pueden invadir rápidamente el espejo de agua con presencia de especies vegetales de biotipo acroleustofíticas como buchón, sombrilla de agua y lenteja de agua (*Lemna* sp.).

Muestreo. En cada humedal se utilizaron tres métodos de captura: trampas de caída, red entomológica y captura manual. Para cada tipo de vegetación se establecieron tres cuadrantes de 5 m de lado en los que se muestrearon artrópodos como sigue: (1): trampas de caída: efectivas para muestrear poblaciones de artrópodos terrestres de la superficie del suelo. En cada una de las esquinas de un cuadrado de 5 m de lado y en el centro se colocó una trampa de caída por espacio de 48 horas. Cada trampa poseía en el fondo una solución de aproximadamente 150 ml de alcohol al 70%. (2): red entomológica, empleada para la captura de insectos y arácnidos asociados a vegetación herbácea y arbustiva. Se realizaron barridos, con tres repeticiones, de 50 pases dobles en cada cuadrante. (3): captura manual, para la captura de insectos que se encuentran en grietas, interior de las flores etc. desde donde es difícil extraerlos por otros medios. Se realizaron capturas sobre sustratos florales, caulinares, herbáceos y debajo de rocas, con un esfuerzo de captura de 30 min (tres intervalos) en cada cuadrante.

Identificación taxonómica. El material recolectado fue preservado en alcohol al 70%. Los lepidópteros se conservaron en sobres de papel milano. Todo el material se identificó a orden y a familia. Se emplearon las claves y diagnosis de González y Carrejo (1992), Borror *et al.* (1989), Sáenz y De La Llana (1990), Rupert & Barnes (1996), Fernández (2003). En Araneae, la identificación y determinación se realizó con base en las claves de Kaston (1978). Estas fueron revisadas y ajustadas con la colaboración del profesor experto en el grupo, Eduardo Flórez, del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Asignación a grupos funcionales. Para la caracterización de los roles funcionales de cada una de las familias, se realizó una revisión de la literatura sobre sus historias de vida y hábitos alimenticios con base en Sáenz y De La Llana (1990), González y Carrejo (1992), Borror *et al.* (1989), Rupert y Barnes (1996), Fernández (2003) y Triplehorn y Johnson (2005). Se establecieron así 10 categorías o grupos funcionales: descomponedores, parasitoides, saprófitos/saprófagos/coprófagos, nectarívoros/polinívoros, fitófagos, fitófagos succionadores de savia, fitófagos xilófagos/perforadores de tallos/comedores de semillas, depredadores, hematófagos, fitófagos formadores de agallas y parásitos de plantas. Esta clasificación se basó en la definición de grupo funcional de Steneck (2001) quien lo define como un grupo de especies que cumplen papeles equivalentes en comunidades y ecosistemas. Así, un grupo funcional está relacionado con la manera en que un recurso es procesado por diferentes especies proveyendo así una función ecosistémica (Blondel 2003).

Análisis de datos. Tanto para los análisis de diversidad y abundancia taxonómica como de grupos funcionales, se realizaron las siguientes pruebas: Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk 1965) y el test de Kolmogorov-Smirnov/Lilliefors (Stephens 1970) para determinar el tipo de pruebas estadísticas a emplear. Índices de diversidad alfa y beta permitieron evaluar riqueza, abundancia y estructura de la artropofauna de cada una de los hábitats, en los tres humedales y para los diferentes grupos funcionales. Para cuantificar la diversidad alfa se utilizó el índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') (Magurran 1988); para analizar la estructura de las comunidades se utilizó el índice de Dominancia de Simpson (D) que tiene en cuenta los taxa que están mejor representados. Para estimar la uniformidad en la distribución de la abundancia de los artrópodos se utilizó el Índice de equidad de Pielou (J) (Ludwig y Reynolds 1988). Se calculó la diversidad β a partir del índice cuantitativo de Bray-Curtis (Bray y Curtis 1957) que considera la composición y la abundancia como las medidas de distancia para definir la similitud y como método de unión de grupos el promedio entre grupos (UPGMA) utilizando el programa PAST. Se comparó la diversidad (abundancia de familias) entre hábitats y entre humedales por medio de un análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W) (Zar 1996) y una prueba de comparación de rangos múltiples HSD Tukey para establecer diferencias entre pares de muestras en los casos en que la prueba de K-W arrojó diferencias significativas.

Resultados y discusión

Composición y estructura de la artropofauna en humedales. La tabla 1 presenta los resultados de riqueza y abundancia general de órdenes y familias por humedal y por tipo de vegetación. Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera y Araneae, obtuvieron las mayores riquezas a nivel de familia, siendo Diptera el que presentó los mayores valores (Fig. 2). Estos grupos son denominados de alto rango o megadiversos por su alta riqueza, abundancia y su predominio en un gran número de microhábitats (Amat y Blanco 2003). Los órdenes restantes presentan valores heterogéneos en relación con la riqueza de familias entre los humedales (Fig. 2). Los valores de riqueza aquí mostrados son altos comparados con los presentados por Amat y Quitiaquez (1998) quienes registraron diez órdenes, 34 familias,

en el humedal Juan Amarillo y los de Amat y Blanco (2003) quienes registraron 15 órdenes y 81 familias de artrópodos en doce humedales de la Sabana de Bogotá. Así mismo Sánchez y Amat (2005) registraron siete órdenes y 48 familias en el humedal Jaboque. La diferencia entre los altos valores obtenidos en este estudio y los de los anteriores responde muy probablemente a la época de muestreo, a las metodologías de captura empleadas y a la intensidad de los muestreos. Igualmente, el pulso de inundación y el periodo de lluvias ejerce una fuerte influencia en la dinámica de la vegetación y composición florística de los humedales (Worbes *et al.* 1992; Wittmann *et al.* 2002), que además condicionan las características del paisaje, la estructura biótica, y las relaciones entre productores, consumidores y descomponedores (Bruquetas de Zozaya 1986; Poi de Neiff y Bruquetas de Zozaya 1989; Neiff 2001).

Para muchas especies de dípteros el humedal representa el hábitat ideal por la alta cantidad de materia orgánica derivada de la vegetación en descomposición y la alta humedad (González y Carrejo 1992). Las familias Ephydriidae (moscas de las riberas) y Chloropidae se encuentran relacionadas con la vegetación que se desarrolla en los humedales (Keiper *et al.* 2002).

En cuanto a Hymenoptera, se encontraron las familias Braconidae, Ichneumonidae, Eulophidae, Eucharitidae, Eupelmidae y Chrysidae consideradas reguladoras del tamaño poblacional de otros artrópodos, dado que son parásitas o depredadoras de otros insectos, especialmente de aquellos que pueden ser plagas. Esto puede estar indicando la presencia de una buena oferta de larvas de mariposas y de escarabajos para ser parasitadas. Se presentaron polinizadoras de plantas de la familia Apidae y formadores de agallas de la familia Figitidae con poca abundancia. La abundancia de Coleoptera pudo deberse a la presencia de abundante materia orgánica, la alta humedad y a la existencia de vegetación que sirven como fuente de alimento y un lugar para el desarrollo de larvas. Individuos de este orden contribuyen al reciclaje de nutrientes al incorporar eficientemente compuestos nitrogenados al sistema edáfico.

La riqueza de la araneofauna y la de los demás depredadores en los humedales radica en la variabilidad de sustratos

derivados de la fisonomía de la vegetación; esto permite la construcción de redes y las condiciones microclimáticas que estimulan el incremento de la densidad de los insectos-presa (Amat y Blanco 2003). La mayor abundancia de Lycosidae en el humedal de Techo puede explicarse por el hecho de que son especies cazadoras activas abundantes en pastizales y campos agrícolas (Dondale y Redner 1990).

En cuanto a la diversidad beta, los humedales La Vaca y El Burro presentaron la similitud más alta (48%), seguidos después por la asociación [(La Vaca, El Burro) Techo] con una similitud cercana al 30%. La prueba de Kruskal-Wallis indicó que hay diferencias significativas entre los humedales en la abundancia de individuos por familia ($H = 32,6$, $\alpha < 0,05$). La prueba de contraste múltiple de rango arrojó diferencias significativas (7,15) únicamente entre los humedales de El Burro y Techo.

En el humedal La Vaca se evidenció la alta riqueza de familias de Diptera propias de aguas estancadas con bajo contenido de oxígeno y de fácil adaptación a ambientes con tendencia a la eutroficación (Fig. 2). Actualmente el espejo de agua es amplio y alargado superando en área a otras coberturas y rodeado de pastizales lo que permite una alta presencia de organismos con afinidad a estos lugares.

Según el índice de Shannon los humedales de este estudio presentaron una diversidad media y alta dominancia, indicativo de una diversidad en donde las familias no presentaron valores similares en abundancia. Este hecho es confirmado por el alto valor de equidad que representa la uniformidad de la distribución de la abundancia entre las familias capturadas en los humedales (Tabla 1).

Las familias Anyphaenidae (Araneae), Forficulidae (Dermaptera) Dryomyzidae, Micropezidae, Otitidae, Simuliidae, Tanyderidae y Trichoceridae (Diptera); Pyrrhocoridae (Hemiptera); Bethyidae (Hymenoptera); Hemerobiidae (Neuroptera) y Pulicidae (Siphonaptera) no habían sido registradas en los estudios de artropofauna de humedales en la Sabana de Bogotá. Todas ellas, con excepción de Eulophidae y Pyrrhocoridae, se encontraron con números menores a diez individuos, lo que podría explicar el hecho de que no se hayan registrado anteriormente.

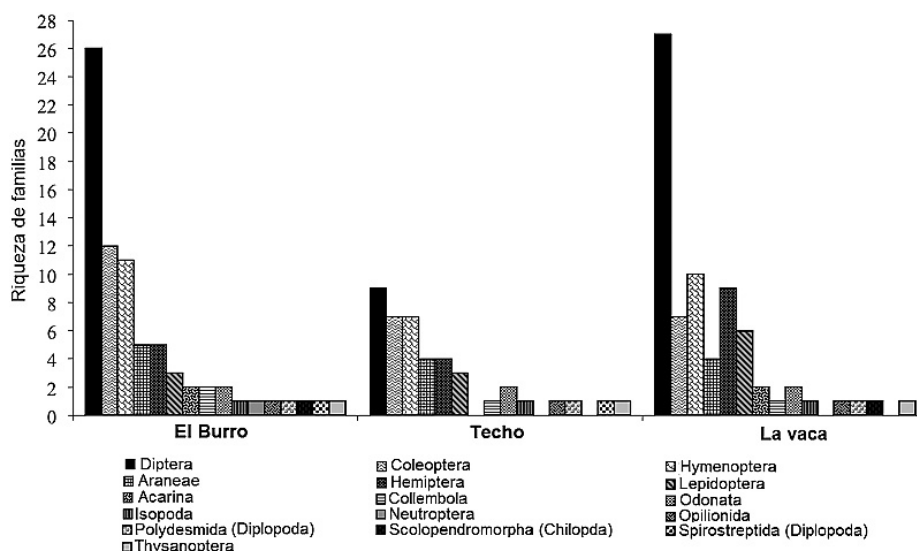


Figura 2. Riqueza de familias por orden en los humedales El Burro, Techo y la Vaca en la localidad de Kennedy, Bogotá, Colombia.

Tabla 1. Valores de los índices de abundancia, riqueza y diversidad de artrópodos asociados a diferentes tipos de hábitats en los humedales de Burro, La Vaca y Techo de la localidad de Kennedy, Bogotá, Colombia. **Hábitats:** PA: Pastizales, JT: Juncales y/o Tifales, PEH: Pradera emergente herbácea, VFM: Vegetación flotante y Macrófitas.

Variables	EL BURRO					TECHO					LA VACA			
Hábitats	JT	PEH	VFM	PA	Total	JT	PEH	VFM	PA	Total	JT	PEH	PA	Total
Riqueza (Órdenes)	10	8	10	12	16	8	7	6	10	12	13	10	14	17
Riqueza (Familias)	26	19	42	37	73	16	15	14	17	40	27	47	45	75
Individuos (Abundancia)	125	213	377	241	956	50	68	67	55	240	17	168	63	734
Diversidad de Shannon (H)	2,54	2,05	2,39	2,5	2,99	2,33	2,18	1,88	2,59	2,86	1,31	2,09	2,15	3,45
Dominancia de Simpson (1-D)	0,84	0,82	0,81	0,82	0,9	0,85	0,84	0,77	0,91	0,9	0,61	0,79	0,8	0,95
Equidad (J)	0,78	0,69	0,64	0,69	0,69	0,84	0,8	0,71	0,91	0,77	0,73	0,71	0,76	0,8

Composición y estructura de la artropofauna entre hábitats por humedal. Díptera presentó los mayores valores de riqueza de familias en todos los hábitats, seguido por Hymenoptera y Hemiptera, con excepción de los Pastizales que arrojaron tres familias más de Coleoptera que de Hymenoptera. Los órdenes restantes, presentaron valores heterogéneos con respecto a la riqueza de familias entre los distintos hábitats (Fig. 3). En el humedal El Burro el hábitat Juncales-Tifales presentó la mayor diversidad, dominancia y equidad, seguido de Pastizales, Pradera Emergente Herbácea y Vegetación Flotante-Macrófitas. (Tabla 1). Los hábitats Pradera Emergente Herbácea y Vegetación Flotante-Macrófitas presentaron una similitud del 50% que corresponde al valor más alto, seguido por los hábitats [(PEH - VFM) - JT] con una similitud del 39%. Pastizales conformó un hábitat independiente. La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre estos hábitats ($H = 13,9$, $\alpha < 0,05$) y la prueba de contraste múltiple de rango no arrojó diferencias con respecto a la abundancia.

En el humedal Techo, el hábitat Pastizales presentó la mayor riqueza de órdenes y familias seguido de Juncales-Tifa-

les, Pradera Emergente Herbácea y Vegetación Flotante-Macrófitas (Tabla 1). Hymenoptera presenta los mayores valores de riqueza de familias en Juncales-Tifales y Vegetación Flotante-Macrófitas, seguido de Díptera y Araneae. En Pastizales la mayor riqueza correspondió a Araneae, Coleoptera y Lepidoptera y en Pradera Emergente Herbácea la mayor riqueza fué de Díptera seguida de Araneae y Odonata. Los demás órdenes se distribuyeron uniformemente entre los hábitats en un rango de una a dos familias (Fig. 3). La mayor abundancia se encontró en Pradera Emergente Herbácea Vegetación Flotante-Macrófitas. Pastizales tuvo la mayor diversidad, dominancia y equidad, seguido de Juncales-Tifales, Pradera Emergente Herbácea y Vegetación Flotante-Macrófitas. (Tabla 1). En cuanto a diversidad beta, los hábitats Pradera Emergente Herbácea y Vegetación Flotante-Macrófitas presentaron una similitud del 56% que corresponde al valor más alto. La asociación [(PEH-VFM)-JT] posee una similitud del 37 %. Finalmente, Pastizales conformó un hábitat independiente. La prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencia entre los hábitats con respecto a la abundancia ($H = 1,26$, $\alpha > 0,05$).

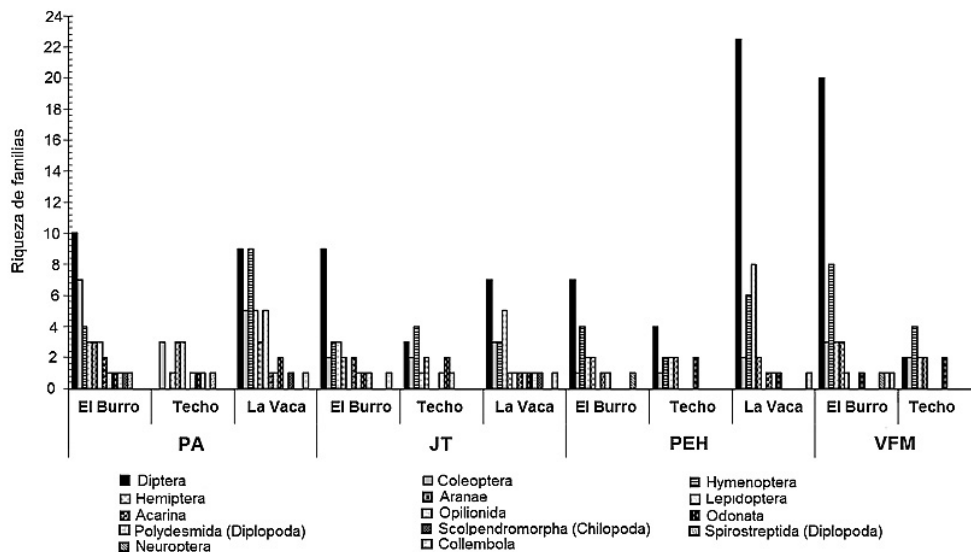


Figura 3. Riqueza de familias por orden en los hábitats de los Humedales El Burro, Techo y La Vaca. **Hábitats:** PA: Pastizales. JT: Juncales y/o Tifales. PEH: Pradera emergente herbácea. VFM: Vegetación flotante y Macrófitas.

En el humedal La Vaca, el hábitat Pastizales presentó la mayor riqueza en órdenes, mientras que la mayor riqueza de familias correspondió a Pradera Emergente Herbácea, la menor riqueza de órdenes a Pradera Emergente Herbácea y la menor de familias a Juncuales-Tifales (Tabla 1). El orden Díptera presentó la mayor riqueza de familias en todos los hábitats, seguido de Hymenoptera, Coleoptera y Hemiptera (Fig. 3). La mayor abundancia se encontró en Pradera Emergente Herbácea seguida por Pastizales. La mayor diversidad se presentó en Pastizales seguida por Pradera Emergente Herbácea y Juncuales-Tifales. Los hábitats Pastizales y Pradera Emergente Herbácea presentaron la mayor dominancia, seguido de Juncuales-Tifales, la mayor equidad correspondió a Pastizales, seguido por Juncuales-Tifales y Pradera Emergente Herbácea (Tabla 1). Los hábitats PEH-PA presentaron una similitud del 26% que correspondió al valor más alto, luego los hábitats [(PEH, PA), JT] presentaron una similitud del 16% (Kruskall-Wallis $H = 17,3$, $\alpha > 0,05$) y la prueba de contraste múltiple de rango arrojó diferencias entre JT-PEH (-5,2) y PA-PEH (-3,46).

Las características ecológicas que ofrece cada hábitat en los humedales en su aspecto fisionómico y su composición florística entre otros, influyeron en los valores de riqueza de las familias y órdenes presentes. En los tres humedales aunque esto no fue una constante, se observó que Juncuales-Tifales y Pastizales son los que presentaron diversidad, dominancia y equidad mayor. Al analizar los factores que pudieron favorecer esta diversidad se pueden mencionar factores climáticos como precipitación y humedad. El incremento de la lluvia puede afectar los periodos de reproducción, estimular la floración y la fructificación de plantas que luego sirven de alimento a los herbívoros. La artropofauna presente en los humedales corresponde a organismos adaptados a la persistencia de alta humedad durante largos periodos de tiempo y a consumir alimento que proviene o depende del agua, muchos de los cuales son presa de las arañas, principalmente Díptera y Hemiptera.

Comparación de la composición y estructura de grupos funcionales entre humedales. La mayor riqueza de grupos funcionales y la mayor abundancia de individuos se encontró en el humedal El Burro, seguido de Techo y La Vaca (Tabla 2). El grupo funcional Depredadores presentó la mayor riqueza de familias en los humedales El Burro y Techo (Fig. 4). El grupo Depredador presentó la mayor abundancia de

individuos en El Burro. A nivel de diversidad, dominancia y equidad el humedal La Vaca presentó los mayores valores, seguido de El Burro y Techo. En cuanto a diversidad beta, entre La Vaca y El Burro se obtuvo el mayor valor de similitud de (78%), seguido por la asociación La Vaca-El Burro-Techo con similitud cercana al 38%, (Kruskall-Wallis $H = 7,93$, $\alpha > 0,05$). La prueba de contraste múltiple de rango mostró diferencias significativas entre los humedales El Burro y Techo (101).

Composición y estructura de grupos funcionales entre hábitats por humedal. En El Burro la mayor riqueza de grupos funcionales se presentó en Pastizales, seguida de Pradera Emergente Herbácea, Vegetación Flotante-Macrófitas y Juncuales-Tifales que poseen la misma riqueza de grupos funcionales. Sin embargo en Pradera Emergente Herbácea no se encontraron Parasitoides ni Xilófagos/Perforadores de tallos/Comedores de Semillas. En la Vegetación Flotante-Macrófitas y Juncuales-Tifales no se encontraron los grupos Fitófagos formadores de Agallas y Xilófagos/Perforadores de tallos/Comedores de Semillas (Fig. 5).

Los grupos funcionales Depredadores y Saprófitos/Saprófagos/Coprófagos presentaron los mayores valores de riqueza de familias en todos los hábitats, seguido por Nectarívoros/Polinívoros y Parasitoides. Los grupos restantes presentaron valores heterogéneos en relación con la riqueza de familias entre los hábitats (Fig. 5). Los hábitats PEH-JT arrojaron la similitud más alta (70%), seguida por el grupo de hábitats ((PEH-JT)-VFM) con similitud del 50% y finalmente el grupo [(PEH-JT)-VFM]-MHD con similitud del 30% (Kruskall-Wallis $H = 1,57$, $\alpha > 0,05$). La prueba de contraste múltiple de rango no mostró diferencias entre hábitats con respecto a la abundancia.

En el humedal Techo la mayor riqueza de grupos tróficos se presentó en Vegetación Flotante-Macrófitas seguida de Pradera Emergente Herbácea, Juncuales-Tifales y Pastizales (Tabla 2). El grupo Depredadores presentó la mayor riqueza de familias en todos los hábitats, seguido de Parasitoides en Vegetación Flotante-Macrófitas y Juncuales-Tifales, y Saprófitos/Saprófagos/Coprófagos en Pastizales y Pradera Emergente Herbácea (Fig. 5). Juncuales-Tifales posee la mayor diversidad, dominancia y equidad, seguido de Pradera Emergente Herbácea, Pastizales y Vegetación Flotante-Macrófitas (Tabla 2). Los hábitats (PEH-VFM) presentaron la mayor similitud con el 83%, seguida por el conjunto de hábitats [(PEH-VFM)-JT] con una similitud

Tabla 2. Valores de los índices de abundancia, riqueza y diversidad de Grupos Funcionales asociados a diferentes tipos de hábitats en los humedales de Burro, La Vaca y Techo, localidad de Kennedy, Bogotá, Colombia. **Hábitats:** JT: Juncuales y/o Tifales, **PEH:** Pradera emergente herbácea, **VFM:** Vegetación flotante y Macrófitas, **PA:** Pastizales.

Variables	El Burro					Techo					La Vaca			
Hábitats	JT	PEH	VFM	PA	Total	JT	PEH	VFM	PA	Total	JT	PEH	PA	Total
Riqueza (Grupos Funcionales)	8	8	8	10	10	6	6	7	5	8	7	8	9	9
Individuos (Abundancia)	143	313	532	347	1278	52	68	71	65	262	84	704	184	1005
Diversidad de Shannon (H)	1,78	1,61	1,86	1,323	1,92	1,557	1,361	1,245	1,318	1,53	1,77	1,99	1,96	2,03
Dominancia de Simpson (1-D)	0,79	0,76	0,82	0,64	0,84	0,75	0,69	0,62	0,69	0,72	0,81	0,86	0,83	0,85
Equidad (J)	0,86	0,77	0,9	0,57	0,83	0,87	0,76	0,64	0,82	0,74	0,91	0,95	0,89	0,92

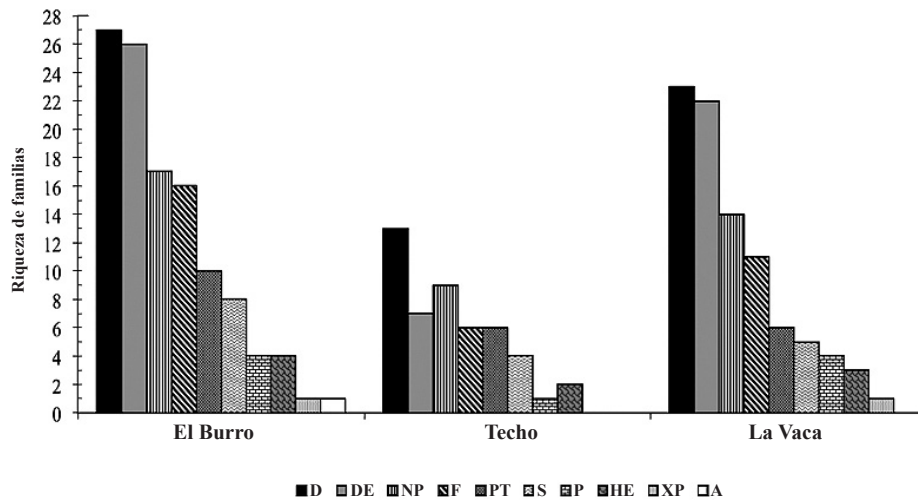


Figura 4. Riqueza de familias de artrópodos por Grupos Funcionales en los humedales de El Burro, Techo y La Vaca de la localidad de Kennedy, Bogotá, Colombia. Categorías Funcionales: DE: Saprófitos/Saprófagos/Coprófagos, NP: Nectarívoros/Polinívoros, PT: Parasitoide, F: Fitófago, S: Succionador de savia, XP: Xilófagos/Perforadores de tallos/Comedores de Semillas, D: Depredador, HE: Hematófago, A: Formador de Agallas, P: Parásito.

del 74 %. Pastizales apareció como un hábitat independiente. La prueba de Kruskal-Wallis ($H = 0,70$, $\alpha < 0,05$) no mostró diferencias significativas entre los hábitats.

En el humedal La Vaca, la mayor riqueza de grupos funcionales se presentó en el hábitat Pastizales, seguido de Pradera Emergente Herbácea, y Juncuales-Tifales (Tabla 2) Los grupos Depredadores, Saprófitos/Saprófagos/Coprófagos y Nectarívoros/Polinívoros, arrojaron la mayor riqueza de familias en todos los hábitats, seguidos de Parasitoide y Fitófago en Pastizales y Pradera Emergente Herbácea. En Juncuales-Tifales continúan los grupos Fitófago y Fitófagos succionadores de savia (Fig. 5) La asociación (JT-PA) presentó la similitud más alta (53%), seguida por el conjunto de hábitats [(JT-PA)-PEH] con una similitud del 30%. Kruskal-Wallis arrojó diferencias significativas entre los hábitats (H

$= 11,74$, $\alpha > 0,05$) y la prueba de contraste múltiple de rango indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los hábitats JT-PEH (-68,8) y entre PA-PEH (-57,7).

En los humedales estudiados, se observó que en general la taxocenosis y su distribución variaron de acuerdo con la diversidad del hábitat, con la diversidad florística y con la cobertura vegetal. Estas variaciones correspondieron, a variaciones proporcionales en la riqueza y abundancia de artrópodos. Los artrópodos en cadenas alimentarias desempeñan relaciones ecológicas que al conectarse forman una red trófica (Price 1999). La composición trófica de la artropofauna de los Humedales de El Burro, Techo y La Vaca está constituida, fundamentalmente por organismos Saprófitos/Saprófagos/Coprófagos y Fitófagos que contribuyen en el flujo de energía y reciclaje de nutrientes. En la actualidad en estos humedales

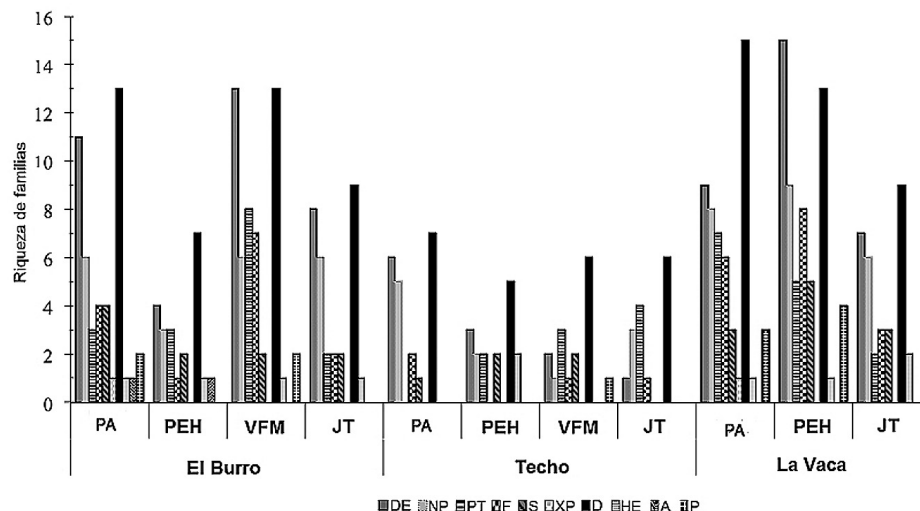


Figura 5. Riqueza de familias de artrópodos por Grupos Funcionales presentes en los hábitats de los Humedales El Burro, Techo y La Vaca de la localidad de Kennedy. Categorías Funcionales: DE: Saprófitos/Saprófagos/Coprófagos, NP: Nectarívoros/Polinívoros, PT: Parasitoide, F: Fitófago, S: Succionador de savia, XP: Xilófagos/Perforadores de tallos/Comedores de Semillas, D: Depredador, HE: Hematófago, A: Formador de Agallas, P: Parásito. Hábitats: PA: Pastizales. JT: Juncuales y/o Tifales. PEH: Pradera emergente herbácea. VFM: Vegetación flotante y Macrófitas.

se encuentra una gran cobertura de pastizales dominados por kikuyo, que proporciona una gran biomasa; recurso que es explotado de diferentes formas por la artropofauna de hábitos fitófagos y nectarívoros. Las especies fitófagas habitan en su mayoría en estratos herbáceos y arbustivos ocupando el follaje y sustratos florales. Los parasitoides y depredadores encontrados podrían estar ejerciendo un control biológico sobre las especies fitófagas. Por ejemplo, la dieta de *Alpaida variabilis* (Keyserling, 1864) (Araneae: Araneidae), encontrada en pastizales en Tenjo, Cundinamarca, comprende Cicadellidae (Homoptera) y Sciaridae y Bibionidae (Diptera) (Flórez 2004). En la fracción superficial del suelo y en los troncos en descomposición dominan los organismos saprófagos al igual que muchas especies depredadoras que presentaron los mayores valores de abundancia debido a la alta oferta de alimento representada en fitófagos y organismos que emplean excremento bovino como sustrato de alimentación, desarrollo y nidificación (Begon *et al.* 1996; Basto y Fierro 1999).

Juncuales-Tifales configuran un estrato arbustivo predominante con vegetación de sitios terrarizados hasta sitios con espejo de agua de buena profundidad que favorecen la presencia de ninfas de Odonata. En la Vegetación Flotante-Macrófitas las capas vegetales sobre el agua tienen un efecto directo sobre el desarrollo de otros organismos. Ésta posee una comunidad de artrópodos que puede ser única, porque ahí las especies encuentran condiciones fisicoquímicas muy diferentes a las que existen en otras microzonas de los humedales (Agostinho *et al.* 2003).

La diversidad de la fauna con interface agua-tierra genera una diversidad florística y una estructura característica que puede configurar una heterogeneidad para inducir selección activa de hábitats por parte de un gran número de especies de artrópodos (Keiper *et al.* 2002), lo que explicaría en parte la diversidad significativamente diferente en relación con la artropofauna encontrada en cada uno de los hábitats estudiados. Finalmente la Pradera Emergente Herbácea es un mosaico establecido sobre terreno en procesos de consolidación, que atrae grandes cantidades de insectos, sobre todo polinizadores y depredadores.

En conclusión, la composición trófica funcional en los humedales estudiados está establecida en su base por grupos descomponedores que sirven de alimento a otros organismos como depredadores y parasitoides. La heterogeneidad de los hábitats y las condiciones que presentan favorecen la abundancia de órdenes como Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y Araneae, hecho que se confirma con la abundancia de microhábitats para organismos descomponedores, depredadores y parasitoides. En este estudio se registraron además doce familias que no han sido registradas en estudios anteriores (Anyphaenidae de Araneae, Forficulidae de Dermaptera, Dryomyzidae, Micropezidae, Otitidae, Simuliidae, Tanyderidae y Trichoceridae de Diptera, Pyrrhocoridae de Hemiptera, Bethyldidae de Hymenoptera, Hemerobiidae de Neuroptera y Pulicidae de Siphonaptera). A pesar de las diferentes amenazas que presentan estos humedales por presiones antrópicas, el tipo de presión ejercida sobre cada humedal es diferente, lo que genera una estructura de comunidad particular para cada uno y diferencias en la distribución de la riqueza y diversidad de órdenes y familias. Esto hace difícil la extrapolación de datos de otros estudios en la comprensión general de la composición, estructura y diversidad de artrópodos en los humedales altoandinos. Estudios posteriores podrían encaminarse a analizar la relación entre las

perturbaciones de cada humedal y la diversidad y estructura de las comunidades de artrópodos. Hasta la fecha todos los estudios realizados en humedales de la Sabana de Bogotá han trabajado únicamente a nivel de familia. La identificación a especie de cerca de los 2.000 individuos colectados en este estudio y de los cerca de 2.000 colectados en otros estudios puede arrojar datos valiosos en términos de especies nuevas, endémicas o en peligro de extinción, dadas las condiciones particulares de estos ecosistemas. No obstante, a pesar de la problemática que por años han enfrentado estos ambientes con el crecimiento de la ciudad, estos ecosistemas aún hoy albergan una gran diversidad de organismos.

Agradecimientos

Agradecemos a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) por brindar fondos necesarios para la ejecución de este proyecto mediante el convenio de cooperación EAAB-Fundación Alma. A la directora del convenio Anabelle Arenas por el apoyo en los muestreos, a las guías ambientales Luz Mery García de Techo, y Dora Villalobos en el humedal La Vaca por permitir el trabajo y por su valiosa ayuda. A la Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ecología y Territorio y en especial al laboratorio de Ecología Evolutiva y conservación quien brindó apoyo para el análisis de las muestras de artrópodos. Byron Calvachi (EAAB) brindó importantes elementos para el desarrollo de este estudio. A la ecóloga Pamela Terán por sus ideas durante las fases iniciales de campo de este estudio y a Ángela Cantero por la confianza y ayuda en el trabajo con las comunidades aledañas a los humedales. A la ecóloga Sandra Sierra por colaboración durante la fase de campo. A los profesores Helmut Aguirre, Eduardo Flórez y Santiago Bustamante por su ayuda en la corroboración taxonómica de algunos grupos de artrópodos.

Literatura citada

- AGOSTINHO, A.; GOMES, L.; JULIO, H. 2003. Relações entre macrófitas e fauna de peixes. pp. 261-279. En: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Ed.). Ecología e Manejo de macrófitas aquáticas. EDUEM. Maringá, Brasil.
- ÁLVAREZ, L.; ROLDÁN, G. 1983. Estudio del orden Hemiptera (Heteroptera) en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. Actualidades Biológicas 12 (44): 31-45.
- AMAT, G.; QUITIAQUEZ, G. 1998. Un estudio de la entomofauna de humedales: El Humedal Juan Amarillo en Bogotá. pp. 107-123. En: Guerrero, E. (Ed.). Una aproximación a los humedales en Colombia. Fondo FEN Colombia - Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), Bogotá.
- AMAT, G.; BLANCO, E. 2003. Artropofauna de los humedales de la Sabana de Bogotá. pp. 90-106. En: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y Conservación internacional - Colombia (Eds.). Los Humedales de Bogotá y la Sabana. Tomo I, Bogotá.
- ANDRADE, G.; AMAT, G. 2000. Guía preliminar de insectos de Santafé de Bogotá y sus alrededores. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) Bogotá.
- BASTO, G.; FIERRO, L. 1999. Manejo sostenible de praderas. Programa regional Transferencia de Tecnología. Publicación de Corpoica Regional Uno. Santafé de Bogotá, Colombia. 30 p.
- BEDOYA, I.; ROLDÁN, G. 1984. Estudio de los dípteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales en el Departamento de Antioquia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 2: 113-134.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWSEND, C. R. 1996. Decomposers and detritivores. pp. 402-428. En: Begon, M.; Harper, J. L.;

- Townsend, C. R. Ecology: individuals, populations and communities. Third edition. Blackwell Scientific Publications. Boston, EE.UU.
- BLONDEL, J.; 2003. Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos* 100: 223-231.
- BORROR, D.; TRIPLEHORN, D.; JHONSON, N. 1989. An introduction to the study of insects. 6th Ed. Saunders College Publishing, Philadelphia. 875 p.
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- BRUQUETAS de ZOZAYA, I. Y. 1986. Fitófagos y otros invertebrados que habitan esteros densamente vegetados del Chaco Oriental. *Ambiente Subtropical* 1: 160-175.
- DE SZALAY, F. A.; RESH, V. H. 2000. Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover. *Freshwater Biology* 45: 295-308.
- DONDALE, C. D.; REDNER, J. H. 1990. The wolf spiders, nurseryweb spiders, and lynx spiders of Canada and Alaska. *Arañeae: Lycosidae, Pisauridae, and Oxyopidae. The Insects and Arachnids of Canada: 17. Agriculture Canada, Canada, 383 p.*
- E.E.I./HIDROMECAICAS LTDA. 1996-1998. Plan de manejo ambiental del humedal de Techo. Tomo 5 - Anexo No. 5. Plan de manejo ambiental de los humedales Torca, Guaymaral, El Burro, Techo, La Vaca y Tibanica. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-ESP. Santa Fe de Bogotá D.C.
- EEI/HIDROMECAICAS. 1998. Plan de manejo ambiental de los humedales Torca, Guaymaral, Embalse de Córdoba, Capellania, El Burro, La Vaca y Tibanica. Tomo 5 Anexo 7. Plan de Manejo Ambiental del Humedal La Vaca. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- ELSER, J.; FREES, D. 1995. Microconsumer grazing and sources of limiting nutrients for phytoplankton growth: Applications and complications of a nutrient-depletion/dilution gradient technique. *Limnology Oceanography* 40 (1): 1-16.
- FERNÁNDEZ, F. 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- FLÓREZ, E. 2004. Selección de presas y composición de la dieta de la araña *Alpaida variabilis* (Araneae: Araneidae), en praderas de la Sabana de Bogotá. *Revista Ibérica de Aracnología* 9: 241-248.
- GALLEGU, J. B.; FERNÁNDEZ, M.; GARCÍA-MORA, M. R.; GARCÍA-NOVO, F. 1999. Small wetlands lost: a biological conservation hazard in Mediterranean landscapes. *Environmental Conservation* 26: 190-199.
- GOLDSBOROUGH, G.; ROBINSON, G. 1996. Pattern in wetland. pp. 77-108. En: Stevenson, R.; Bothwell, M.; Lowe, R. *Algal ecology freshwater benthic ecosystems*. Academic. San Diego, California.
- GONZÁLEZ, R.; CARREJO, N. S. 1992. Introducción al estudio de los Díptera. Centro Editorial Universidad del Valle, Cali.
- GREEN, D. A.; BAKER, M. G. 2003. Urbanization impacts on habitat and bird communities in a Sonoran desert ecosystem. *Landscape and Urban Planning* 63: 225- 239.
- HERNÁNDEZ, J.; RANGEL-CH., O.; GRANEZ, A. 2003. La vegetación de Jaboque. Informe final. Convenio de cooperación interinstitucional empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá-Universidad Nacional de Colombia.
- HOLLAND, C.; HOMEA, J. E.; GWIN, S. E.; KENTULA, M. E. 1995. Wetland degradation and loss in the rapidly urbanizing area of Portland, Oregon. *Wetlands* 15: 336-345.
- KASTON, B. J. 1978. Cómo saber las arañas. 3ª ed. Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa. 272 p.
- KEIPER, J. B.; WALTON, W. E.; FOOTE, B. A. 2002. Biology and Ecology of higher Díptera from Freshwater Wetlands. *Annual Review of Entomology* 47: 207-232.
- LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. 1988. Statistical Ecology: A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. University Press, Cambridge. 179 p.
- MCDONNELL, M. J.; PICKETT, S. 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology* 71: 1232-1237.
- NEIFF, J. J. 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. pp. 97-145. En: Malvarez, A. I.; Kandus, P. (Eds.). *Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos. OR-CYT-MAB (UNESCO)*. 224 p.
- NEIFF, J. J. 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South America. pp. 157-186. En: Gopal, B.; Junk, W.; Davis, J. (Eds.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation, Vol II*. Backhuys Publish. The Netherlands.
- PRICE, P. 1999. The concept of the ecosystem. pp. 19-52. En: Huffaker, C. B.; Gutiérrez, A. P. (Eds.). *Ecological Entomology*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. EE.UU. 756 p.
- POI de NEIFF, A.; BRUQUETAS de ZOZAYA, I. Y. 1989. Efecto de las crecidas sobre las poblaciones de invertebrados que habitan macrófitas emergentes en islas del río Paraná. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 22 (1): 13-20.
- RUPERT, E.; BARNES, D. 1996. Zoología de los invertebrados. Mc Graw -Hill, México. 114 p.
- SÁENZ, M. R.; DE LA LLANA, A. A. 1990. Entomología Sistemática. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- SÁNCHEZ, N.; AMAT, G. 2005. Diversidad de la Fauna de Artrópodos Terrestres en el Humedal Jaboque, Bogotá-Colombia. *Caldasia* 27 (1): 311-329.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. 1965. Un análisis de la prueba de la variación para la normalidad. *Biometrika* 52 (3): 591-611.
- SEMLITSCH, R. D.; BODIE, J. R. 1998. Are small, isolated wetlands expendable? *Conservation Biology* 1129-1133.
- STENECK, R. 2000. Functional groups. pp. 121-139. En: Levin, S. A. (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press. 4666 9.
- STEPHENS, M. A. 1970. Use of the Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises and related statistics without extensive tables. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 32:115-122.
- TAKAMI, Y.; KOSHIO, C. H.; ISHI, M.; FUJII, H.; HIDAKA, T.; SHIMIZU, I. 2004. Genetic diversity and structure of urban populations of *Pieris* butterflies assessed using amplified fragment length polymorphism. *Molecular Ecology* 13: 245-258.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 2005. Borror and Delong' introduction to the study of insects. Thompson Brooks/Cole, México, D. F.
- VAN VELZER, H. 1991. Prioridades para la conservación de los Andes Colombianos. Seminario sobre ecosistemas de montaña tropicales. IUBS. Memorias Univ. Cauca. 58 p.
- WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W. J. 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *Journal of Tropical Ecology* 18: 805-820.
- WORRES, M.; KLINGE, H.; REVILLA, J. D.; MARTIUS, C. 1992. On the dynamics, floristic subdivision and geographical distribution of várzea forests in Central Amazonia. *Journal of Vegetation Science* 3: 553-564.
- ZAR, J. H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd ed. Prentice Hall.

Primer reporte de *Choroterpes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) para Caldas, Colombia

The first record of *Choroterpes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) from Caldas, Colombia

LUIS F. GARCÍA T.^{1,2}, DIANA C. HOYOS J.^{1,3} y LUCIMAR G. DÍAS⁴

Resumen: Se registra por primera vez el género *Choroterpes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) para el departamento de Caldas, Colombia. El género se encontraba previamente reportado para Suramérica basado en un material sin datos precisos de procedencia y no formalmente publicado, proveniente de los departamentos de Antioquia y Tolima (Colombia), respectivamente. En este trabajo, las numerosas ninfas recolectadas se encontraron asociadas a hojarasca en un afluente del río Manso en el municipio de Norcasia, Caldas.

Palabras clave: Efímera. Nínfa. Río Manso. Distribución. Neotrópico.

Abstract: The genus *Choroterpes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) is recorded for the first time from Caldas department, Colombia. This genus was previously reported from South America, based on a Colombian material lacking precise locality data from Antioquia and Tolima departments, respectively. In this paper, the numerous nymphs were found associated with leaf litter in río Manso stream in the municipality of Norcasia, Caldas.

Key words: Mayfly. Nymph. Manso river. Distribution. Neotropic.

Introducción

Leptophlebiidae está entre las tres familias de Ephemeroptera más diversas del Neotrópico. Posee géneros monotípicos y otros muy ricos en especies (Domínguez *et al.* 2006). El género *Choroterpes* Eaton, 1881, se describió con *C. lusitanica* (syn. *C. picteti*). Actualmente, *Choroterpes*, incluye tres subgéneros: *Choroterpes* s.s. Eaton con 14 especies, *C. (Euthraulius)* Barnard con 27 especies y *C. (Cryptopenella)* Gillies con tres especies. El género está distribuido en la zona que comprende la región holártica, neotropical, Etiopía y el oriente del planeta (Domínguez *et al.* 2006). Debido a su distribución cosmopolita, *Choroterpes* ha sido ampliamente utilizado en estudios biogeográficos (Flowers 2009).

A pesar de su distribución cosmopolita, el único registro de *Choroterpes* para Suramérica fue realizado recientemente por Peters *et al.* (2005), basado en apenas dos ninfas provenientes de Antioquia recolectadas en 1983 por H. Moreno, sin datos precisos de procedencia. Actualmente, el conocimiento al respecto del género es todavía incipiente, con otro registro no formalmente publicado para el departamento de Tolima, presentado en eventos científicos (Reinoso-Flórez *et al.* 2006; Gutiérrez *et al.* 2008). En un muestreo reciente, con el objetivo de documentar la fauna de Ephemeroptera de la Reserva Natural de río Manso, departamento de Caldas (Colombia), se logró coleccionar numerosas ninfas del género *Choroterpes*, un hallazgo importante que amplía la distribución del género en el país y Suramérica.

Choroterpes Eaton (Fig. 1)

Comentarios: Entre los caracteres que diferencian al género se encuentran: la morfología de las branquias, en el segmen-

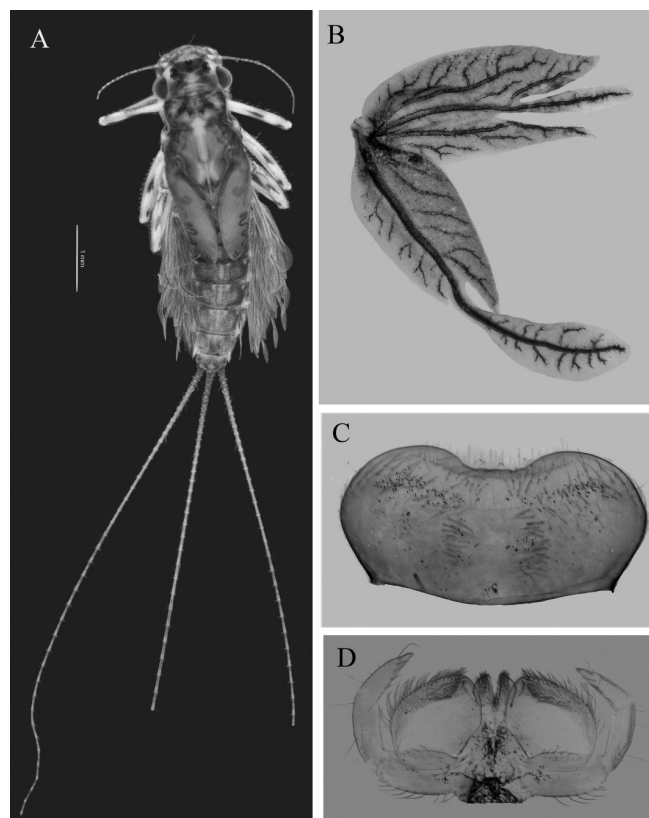


Figura 1. A. Nínfa de *Choroterpes* sp. (hábito en vista dorsal). B. Branquia del segmento IV. C. Labro (vista dorsal). D. Labro (vista ventral).

¹ Biol. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. ² luisfelgt@hotmail.com. ³ dicahoja@hotmail.com. ⁴ D. Sc. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. lucimar.dias@ucaldas.edu.co. Autor para correspondencia.

to I reducidas a un filamento, en los segmentos II-VII con tres proyecciones, el filamento mediano de la lámina dorsal largo y expandido (Figs. 1A y 1B); labro con doble hilera de setas posteriores que alcanzan la zona media de esta estructura (Fig. 1C), una seta única debajo del molar maxilar y una aglomeración de setas en el palpo de esta misma estructura, la forma general de la hipofaringe, ápice de la glosa (labio) con setas espatuladas (Fig. 1D), la hilera de setas en el fémur y el número de denticulos en la uña tarsal (Ávila y Flowers 2006). Las ninfas fueron recolectadas mediante red Surber y coladores manuales, siempre asociadas al sustrato hojarasca. Se trató de recolectar los adultos de este género utilizando trampas de luz y también métodos para cría de ninfas. Sin embargo, no fue posible obtenerlos y estos son indispensables para determinar a nivel de especie. Cabe destacar que todavía no existen especies de *Choroterpes* reportadas para Suramérica (Domínguez *et al.* 2006) y que, por tanto, más esfuerzos de colecta de adultos deben ser realizados.

Material examinado: 20 ninfas, **COLOMBIA.** Caldas, Norcasia, Reserva Natural de río Manso, afluente río Manso, 5°39'46.03"N 74°46'38.76"O, 180 msnm., 11-16/v/2010, Hoyos D.C. y García, L.F. Cols. [CEBUC]; 50 ninfas, similar al anterior, excepto: 5°39'51.3"N 74°46'56.6"O, 11-14/ii/2012, Gutiérrez Y., Díaz, L.G., Llano, C.A., Benavides, J.L. Cols. [CEBUC]; 80 ninfas, similar al anterior, excepto 5°40'16.8"N 74°46'40.9"O. [CEBUC].

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas por financiar el trabajo. Al Dr. Ralph Wills Flowers por la confirmación del género. A Camilo Andrés Llano Árias, José Luis Benavides y Yeisson Gutiérrez López

(autor de las fotografías) por el apoyo durante la recolección de las muestras.

Literatura citada

- ÁVILA, S.; FLOWERS, R. W. 2006. Two new species of *Choroterpes* Eaton (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) from Costa Rica. *Zootaxa* 1245: 59-68.
- DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M. L.; HUBBARD, M. D.; NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. En: Adis, J.; Arias, J. R.; Rueda-Delgado, G.; Wantzen, K. M. (Eds.). *Aquatic biodiversity in Latin America* (ABLA, Vol. 2), Pensoft. 646 p.
- FLOWERS, R.W. 2009. Life was a beach: a panbiogeographic analysis of the cosmopolitan mayfly genus *Choroterpes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Aquatic Insects* 31 (1): 585-593.
- GUTIÉRREZ, C.; REINOSO-FLOREZ, G.; VILLA, F. A.; GUEVARA, G. C. 2008. Rediscovery of *Choroterpes* Eaton 1881 for South America (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae): a nymphal description from an Andean river. Abstract book of the XVI International Symposium on Plecoptera and XII international conference on Ephemeroptera. Alemania. p. 6869.
- PETERS, J. G.; FLOWERS, R. W.; HUBBARD, M. D.; DOMÍNGUEZ, E.; SAVAGE H. M. 2005. New records and combinations for Neotropical Leptophlebiidae (Ephemeroptera). *Zootaxa* 1054: 51-60.
- REINOSO-FLÓREZ, G.; GUEVARA, G. C.; VILLA, F. A.; GUTIÉRREZ, C. 2006. Redescubrimiento para Colombia y Suramérica de ninfas del género *Choroterpes* (Leptophlebiidae: Ephemeroptera). Libro de Resúmenes VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre ríos y humedales neotropicales, Neolimnos, Tolima. p. 24.

Recibido: 29-oct-2012 • Aceptado: 15-mar-2013

Scientific note

First record of *Euplectrus floryae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) in Brazil

Primer registro de *Euplectrus floryae* (Hymenoptera: Eulophidae) como parasitoide de *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) en Brasil

PATRÍCIA PAULA BELLON^{1,2}, KELLEN FAVERO^{1,2}, MARCELO TEIXEIRA TAVARES³
and HARLEY NONATO DE OLIVEIRA⁴

Abstract: This is the first report of *Euplectrus floryae* (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil and also the first report of this species parasitizing larvae of *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) on cassava. The occurrence of *E. floryae* on larvae of this pest on cassava opens up the possibility to integrate this natural enemy in biological control programs for cassava crops.

Key words: Biological control. Cassava. Larval parasitoid.

Resumen: Este es el primer registro de *Euplectrus floryae* (Hymenoptera: Eulophidae) en Brasil y también el primer reporte de esta especie parasitando larvas de *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) en yuca. La presencia de *E. floryae* sobre larvas de esta plaga de la yuca abre la posibilidad de la integración de este enemigo natural de los programas de control biológico en este cultivo.

Palabras clave: Control biológico. Yuca. Parasitoide de larvas.

Introduction

Species of *Euplectrus* (Westwood, 1832) (Hymenoptera: Eulophidae) are gregarious larval ectoparasitoids that parasitizes many Lepidoptera species (Coudron *et al.* 1997). Females of this genus inject a chemical arrestant through the ovipositor prior to egg laying. This substance is able to stop the caterpillar from molting (Coudron and Brandt 1996), causing paralysis of the caterpillar in the same instar it was when parasitized (Coudron *et al.* 1997). This ability to affect the development of the hosts gives to the parasitoids a potential value to be used in biological control programs (Coudron and Brandt 1996).

Among Eulophidae genera, *Euplectrus* is the only one where larvae live externally on the host, forming a cocoon for the pupal stage. In the same way, it is also the only genus in which the species produce silk from the anus using modified Malpighian tubules (Ferrière 1941), for the spinning of the cocoon. Eggs are laid externally in groups on the host caterpillar. The larvae are attached to the host by their mouthparts and feed on hemolymph through the cuticle of the host larva. When they are ready to pupate, larvae of some of the species move to the underside of the caterpillar, while others spin a ruff of cocoons around it (Schauff and Janzen 2001).

Some species of *Euplectrus* have been reported to successfully control insect pests. *Euplectrus platyhypenae* (Howard, 1885) was used to control *Spodoptera mauritia* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) in Mexico (Osborn 1938), *S. litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Philippines (Uichanco, 1934), and *Levuana iridescens* (Bethune-Baker, 1906) (Lepidoptera: Zygaenidae) in Fiji (Rao *et*

al. 1971). In Israel, *E. laphygmae* (Ferrière, 1941), was introduced to control *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833). In the United States, *E. puttleri* (Gordh, 1980) was used to control *Anticarsia gemmatilis* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) (Puttler *et al.* 1980), and *Euplectrus* sp. was cited as controlling *Penicillaria jocosatrix* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) in Guam (Nafus 1991). *Euplectrus floryae* (Schauff and Janzen 2001) is commonly found parasitizing larvae of the second and third instars of *Enyo ocypete* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) in forest regions in Costa Rica (Schauff and Janzen 2001).

Erinnyis ello (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) is a defoliator, in Brazil known as “mandarová-da-mandioca”, and is the main pest on cassava in Brazil, being able to cause high defoliation levels, and thus significantly reducing the production of cassava, especially so during the later larval stages (Fazolin *et al.* 2007). Among the control methods of this pest, biological control using its natural enemies has been shown to be effective.

Materials and methods

Five parasitized caterpillars of *E. ello* were collected on leaves of cassava in Dourados, Mato Grosso do Sul State, Brazil (22°16'30"S 54°49'00"W, 408 m) in February 2012. This caterpillars were transported to the laboratory in plastic trays. In the laboratory, each larva was placed individually in glass tubes, sealed with PVC plastic film and maintained at 25 ± 1 °C, a relative humidity of 70 ± 10% and with 12 hours photoperiod, until the emergence of the parasitoids.

¹ Doctorate student in Entomology, ² Universidade Federal da Grande Dourados, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil; patriciabellon@yahoo.com.br; kellenfaver@yahoo.com.br. ³ Ph. D. Prof. Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil, 29043-900, Vitória, Espírito Santo, Brasil. tavares.mt@gmail.com. ⁴ Ph. D. Researcher Embrapa Agropecuária Oeste, P.O. Box 449, ZIP 79804-970 Dourados, MS, Brazil; harley.oliveira@embrapa.br. Corresponding author.

Results and discussion

The mean number of parasitoid emerged by caterpillar was six (ranged from 4 to 8 individuals/larvae). The adult parasitoids obtained from these caterpillars were identified as *E. floryae* and the specimens are deposited in the Entomological Collection of the Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brazil. This is the first record of *E. floryae* from Brazil and the first host-record with larvae of *E. ello*. Until now this parasitoid was recorded only in Costa Rica parasitizing caterpillars of *Enyo ocypete*, *Perigonia ilus* (Boisduval, 1870), *P. lusca* (Fabricius, 1777) and *Aellopos fadus* (Cramer, 1776), all of them from the Sphingidae family (Schauff and Janzen 2001). The potential of this parasitoid for biological control of *E. ello* in cassava plantations should be investigated.

Acknowledgements

To Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul (FUNDECT), to Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and to Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES).

Literature cited

- COUDRON, T. A.; BRANDT, S. L. 1996. Characteristics of a developmental arrestant in the venom of the ectoparasitoid wasp *Euplectrus comstockii*. *Toxicon* 34 (11-12): 1431-1441.
- COUDRON, T. A.; BRANDT, S. L.; RAQIB, A. 1997. Comparison of the response of *Heliothis virescens* to parasitism by *Euplectrus comstockii* and *Euplectrus plathypenae*. *Biochemistry and Molecular Biology* 116 (2): 197-202.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L.V.; CAMPOS FILHO, M. D.; SANTIAGO, A. C. C.; FROTA, F. de S. 2007. Manejo integrado do mandarová-da-mandioca *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae): conceitos e experiências na região do Vale do Rio Juruá, Acre. Comunicado Técnico – Embrapa Acre, Rio Branco, 45 p. (Embrapa Acre. Documentos, 107).
- FERRIERE, C. 1941. New species of Euplectrini (Hym. Chalcidoidea) from Europe, Africa and Asia. *Bulletin of Entomological Research* 32 (1): 17-48.
- NAFUS, D. 1991. Biological control of *Penicillaria jocosatrix* (Lepidoptera: Noctuidae) on mango on Guam with notes on the biology of its parasitoids. *Environmental Entomology* 20 (6): 1725-1731.
- OSBORN, H. T. 1938. The introduction into Hawaii from Mexico of insect parasites to control armyworms, 1923-1924. *Hawaii Plant Record* 42 (2): 148-152.
- PUTTLER, B.; GORDH, G.; LONG, S. H. 1980. Bionomics of *Euplectrus puttleri*, new species, an introduced parasite of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis* from South America. *Annals of the Entomological Society of America* 73 (1): 28-35.
- RAO, V. P.; GHANI, M. A.; SANKARAN, T.; MATHUR, K. C. 1971. A review of the biological control of insects and other pests in South-East Asia and the Pacific regions. Farnham Royal: Commonwealth Institute of Biological Control. 149 p. (CIBC. Technical communication, n. 6).
- SCHAUFF, M. E.; JANZEN, D. H. 2001. Taxonomy and ecology of Costa Rican *Euplectrus* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of caterpillars (Lepidoptera). *Journal of Hymenoptera Research* 10 (2): 181-230.
- UICHANCO, L. B. 1934. A twenty-five year balance sheet for economic entomology. *Agricultural Scientist* 23 (5): 419-429.

Received: 21-Nov-2012 • Accepted: 2-May-2013

Ocurrencia de *Phelypera* sp. (Coleoptera: Curculionidae) en semillas de *Caesalpinia spinosa* en Sinop, Mato Grosso, Brasil

Occurrence of *Phelypera* sp. (Coleoptera: Curculionidae) in seeds of *Caesalpinia spinosa* in Sinop, Mato Grosso, Brazil

PASTOR AMADOR MOJENA*¹ y MARLITON ROCHA BARRETO²

Resumen: El presente estudio documenta, por vez primera, la presencia de una especie del género *Phelypera* (Coleoptera: Curculionidae) barrenando semillas de *Caesalpinia spinosa* (Leguminosae). Los insectos fueron observados en frutos colectados en la ciudad de Sinop, Mato Grosso, Brasil en el procesamiento de las semillas en el laboratorio de semillas del Instituto de Ciencias Agrícolas y Ambientales Campo Sinop - UFMT, Brasil.

Palabras clave: Curculionidae. *Caesalpinia*. Brasil.

Abstract: This study documents for the first time, the presence of a species of *Phelypera* (Coleoptera: Curculionidae) boring *Caesalpinia spinosa* seeds. The insects were observed in fruits collected in the city of Sinop, Mato Grosso, Brazil while processing seeds in the seed laboratory of the Institute of Agricultural and Environmental Sciences Field UFMT Sinop, Brazil.

Key words: Curculionidae. *Caesalpinia*. Brazil.

Introducción

En la América Latina y en Brasil, la explotación forestal es realizada, en gran medida, en los bosques nativos y los estudios entomológicos muestran un creciente número de citas de insectos asociados a esas comunidades forestales.

Las semillas de plantas nativas atacadas por agentes dañinos están siendo cada vez más estudiadas (Loureiro *et al.* 2004; Rodrigues *et al.* 2012). En muchos casos los daños causados por insectos llegan a ser intensos lo que compromete la obtención de semillas para planes de reforestación sea para recuperación de áreas degradadas, producción de madera y otros usos.

Para el establecimiento de plantaciones, a nivel extensivo, es necesario poseer un banco de semillas que pueda estar disponible en cualquier momento para ser utilizadas. En este campo se hace necesario e importante tener información sobre los enemigos naturales de los frutos y semillas forestales (Janzen 1970, 1971, 1980). Surge la necesidad de conocer los insectos que ocasionan daños a los árboles forestales. Para el campo de las investigaciones, docencia y extensión en las universidades, empresas e institutos esta información es valiosa e importante. De esta forma, en este trabajo se registra la ocurrencia de una especie de insecto asociada a las semillas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en el municipio de Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Materiales y métodos

En septiembre de 2012, se recolectaron aleatoriamente frutos de *Caesalpinia spinosa* en varios puntos del municipio de Sinop, donde este árbol se utiliza como ornamental. El material fue llevado para el laboratorio de semillas del Instituto

de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la UFMT, Campo Universitario de Sinop para el procesamiento, pruebas de germinación y almacenamiento.

En el procesamiento de las semillas, éstas fueron retiradas de las vainas y colocadas en bandejas plásticas en condiciones ambientales de laboratorio para el secado natural. En esta etapa fueron observadas semillas dañadas por insectos y se procedió al análisis de cada muestra para detectar la presencia e identificar los agentes causales de los daños. Los insectos fueron conservados en alcohol etílico 75%.

Resultados y discusión

Los adultos emergidos fueron comparados con los insectos de la entomoteca de la UFMT, no siendo posible su identificación por los autores. Este género ha sido poco estudiado y por la dificultad de encontrar claves para su identificación fueron enviados al especialista, Dr. C. Germano Henrique Rosado Neto (UFPr).

La especie encontrada pertenece al género *Phelypera* (Coleoptera: Curculionidae) de la subfamilia Hyperinae y tribu Cepurini causando (Fig. 1), siendo este el primer registro de *Phelypera* atacando semillas de esta planta en Brasil.

García (1999), en su trabajo de levantamiento de insectos en árboles ornamentales en el área urbana de Goiânia, Brasil, encontró *Phelypera shuppeli* (Boheman, 1834) en *Paquiria aquatica* Aubl. Lima (1955) relata que barrenadores adultos de Hyperinae presentan el rostro cilíndrico, más largo que la cabeza, ojos casi siempre transversales y grandes, algunas veces continuos en la frente, protórax sin lóbulos oculares o con estos muy poco desarrollados y garras tarsales libres.

Costa *et al.* (2004) registraron que larvas de *P. distigma* son nómadas y de comportamiento procesionario. De esta

¹ Dr. C. en Ciencias Florestales. Profesor Adjunto. Instituto de Ciencias Agrarias y Ambientales - Universidad Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato, 1200. 78.557-267. Sinop, MT. Brasil. pamadormojena@yahoo.com.br. ² Dr. C. en Entomología. Profesor Adjunto. Núcleo de Estudios de la Biodiversidad de la Amazonia Mato-grossense, Instituto de Ciencias Naturales, Humanas e Sociales. Universidad Federal de Mato Grosso. Av. Alexandre Ferronato, 1200. 78.557-267. Sinop, MT. Brasil. mrbarreto@ufmt.br.

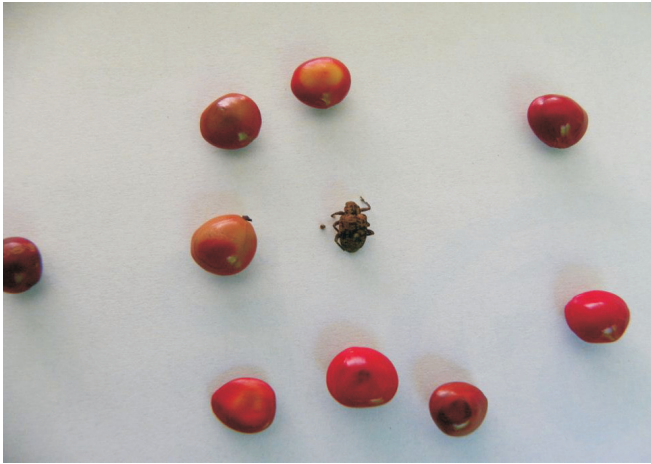


Figura 1. Adultos de *Phelypera* sp. y semillas dañadas de *Caesalpinia spinosa*. Tamaño medio: adulto = 0,5 mm. Semilla 0,7 mm.

forma, los daños causados en las semillas son el resultado apenas del comportamiento de forrajeo del adulto, no existiendo orificios de salida del adulto en cuanto que sus larvas viven sobre las hojas de las que se alimentan conforme lo observado por Bondar (1943) y corroborado en la presente investigación.

El género está distribuido en México, Guatemala, Nicaragua (Maes and O'Brien 1990; Maes 1994; Jolivet and Maes 1996) (Matagalpa, León) y Panamá. En Venezuela, este género está representado por la especie *P. distigma* v. *bimaculata* Capiomont (Barriga-Tuñón 1986) y en Nicaragua se encuentra la especie *Phytonomus distigma* Boheman, 1842 (Barriga-Tuñón y Jean-Michel Maes 1986).

Conclusiones

Las informaciones generadas en este estudio refuerzan la importancia del conocimiento de insectos plagas de especies arbóreas nativas. Muchos de ellos pueden causar daños de consideración comprometiendo la calidad fisiológica de las semillas una vez que inviabilizan el embrión y su consecuente pérdida.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Dr. C. Germano Henrique Rosado Neto (UFPR) por la identificación del insecto y a los revisores de este trabajo.

Literatura citada

- BARRIGA-TUÑÓN, J. E.; MAES, J. M. 1986. Especies presentes en Nicaragua de la familia Curculionidae (Curculionidae species from Nicaragua). <http://www.coleoptera-neotropica.org/pag/2>. [Fecha revisión: 5 junio 2012].
- BARRIGA-TUÑÓN, J. E. 1986. Especies presentes en Venezuela de la familia Curculionidae (Curculionidae species from Venezuela) Curculionidae de Venezuela. Disponible en: <http://www.coleoptera-neotropica.org/pag/2>. [Fecha revision: 5 mayo 2012].
- BONDAR, G. 1943. Biología de *Phelypera pachirae* Marsh. (Col. Curc. Hyperinae) plaga de las Bombáceas. In Notas entomológicas da Bahia, XII. Revista de Entomologia 14: 85-134, 40 figs.
- COSTA, J. T.; FITZGERALD, T. D.; PESCADOR-RUBIO, A.; MAYS, J.; JANZEN, D. H. 2004. Social behavior of larvae of the neotropical processionary Weevil *Phelypera distigma* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae: Hyperinae). Ethology 110: 515-530.
- GARCÍA, A. H. 1999. Levantamento, identificação e avaliação dos danos de insetos em árvores ornamentais na área urbana de Goiânia (GO). Pesquisa Agropecuaria Tropical 29 (1): 77-81.
- JANZEN, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree Species in tropical forests. American Naturalist 104 (940): 501-528.
- JANZEN, D. H. 1971. Seed predation by animals. Annual Review of Ecology and Systematics (2): 465-492.
- JANZEN, D. H. 1980. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous Forest. Journal of Ecology 68 (3): 929-952.
- JOLIVET P; MAES J. M. 1996. Un cas de cycloalexie chez un Curculionide: *Phelypera distigma* (Boheman) (Hyperinae) au Nicaragua. L'Entomologiste 52 (3): 97-100.
- LIMA, A. M. C. 1955. Insetos do Brasil, coleópteros, v. 09, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 85 p.
- LOUREIRO, M. B., CARVALHO, A. G., ROSSETTO, C. A. V. 2004. Danos causados por insetos na germinação e no vigor de sementes de *Apuleia leiocarpa* Vog. Macbride. Agronomia 38: 105-109.
- MAES, J. M.; O'BRIEN C. W. 1990. Lista anotada de los Curculionidos (Coleoptera) de Nicaragua. Revista Nicaraguense de Entomología 12: 1-78.
- MAES, J. M. 1994. Insectos y ácaros asociados al cultivo de caféto (*Coffea arabica*) (Rubiaceae) y sus enemigos naturales. Memoria Reunión Informativa sobre Avances de Investigación. Escuela de Ecología, Universidad Centroamericana, Managua, 29 p.
- RODRIGUES, L. M. S.; VIANA J. H.; RIBEIRO-COSTA C. S.; ROSSI M. N. 2012. The extent of seed predation by bruchine beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in a heterogeneous landscape in southeastern Brazil. The Coleopterists Bulletin 66: 271-279.

Recibido: 29-nov-2012 • Aceptado: 24-jun-2013

Fecundidad potencial de *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) bajo condiciones de invernadero

Potential fecundity of *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) under greenhouse conditions

ARTURO RAMÍREZ-CRUZ¹ y CELINA LLANDERAL-CÁZARES²

Resumen: La fecundidad potencial (FP), en el caso de los insectos, es la cantidad total de ovocitos (u ovariolas) presentes en los ovarios previo al proceso de la oviposición. Es la variable más confiable del potencial reproductivo de una especie. *Dactylopius coccus* es un insecto de gran importancia industrial para la obtención del colorante natural ácido carmínico. Debido a la carencia de información sobre la fecundidad potencial en *D. coccus*, el objetivo de este trabajo fue la cuantificación de dicha variable, considerando que esta información podría ser útil en la cría comercial de la especie. La fecundidad real (FR) se determinó en hembras adultas maduras, una vez finalizado el periodo de la oviposición. Mediante disección se registró el número de individuos remanentes en los ovarios (IRO), calculándose finalmente la fecundidad potencial (FP). La FR fue en promedio de 147,13 individuos por hembra, mientras que el número de IRO presentó un valor promedio de 184,48 individuos por hembra. Por su parte, la fecundidad potencial calculada en *D. coccus* tuvo un valor promedio de 331,62 ovocitos u ovariolas por hembra, lo que indica que el 55,89 % de la fecundidad potencial permanecen como IRO; esto representa altas pérdidas de potenciales ninfas que permanecen en los ovarios al término de la oviposición, por lo que es necesario ajustar las condiciones de cría del insecto para disminuir al mínimo este valor.

Palabras clave: Grana cochinilla. Ovarios. Reproducción.

Abstract: Potential fecundity (PF), in the case of insects, is the total number of oocytes (or ovarioles) present in the ovaries before oviposition. It is the most reliable variable of the reproductive potential of a species. *Dactylopius coccus*, from which the natural dye carminic acid is obtained, is highly important for industry processes. Because information on the potential fecundity of *D. coccus* is lacking, this study was conducted to quantify this variable given that this information could be useful in commercial rearing of the species. Real fecundity (RF) was determined in mature adult females after the oviposition period had ended. These females were dissected to determine the number of remaining individuals in the ovaries (RIO), and lastly the potential fecundity (PF) was calculated. RF was, on average, 147,13 individuals per female, while RIO had an average value of 184,48 individuals per female. Moreover, potential fecundity calculated in *D. coccus* had an average value of 331,62 oocytes, or ovarioles, per female, indicating that 55,89 % of potential fecundity remains as RIO. This large loss of potential nymphs remaining in the ovaries at the end of oviposition makes it necessary to adjust rearing conditions to minimize losses.

Key words: Cochineal insect. Ovaries. Reproduction.

Introducción

La fecundidad real, es decir, la cantidad total de huevos que oviposita una hembra durante su vida, se considera una de las variables más importantes para determinar la capacidad reproductiva de los insectos (Rabinovich 1984); sin embargo, esta variable no necesariamente representa el verdadero potencial reproductivo de una especie, ya que muchos de los ovocitos presentes en los ovarios, en su momento podrían no llegar a madurar y mucho menos ser ovipositados (Engelman 1970). Por ello es importante determinar la llamada fecundidad potencial, la cual en el caso de los insectos representa la cantidad total de ovocitos (u ovariolas) presentes en los ovarios antes de que se realice el proceso de la oviposición (Rabinovich 1984), ya que puede representar una variable más específica del verdadero potencial reproductivo de una especie (Hodin 2009).

Dactylopius coccus Costa, 1829 (Hemiptera: Dactylopiidae) es de gran importancia comercial para la obtención del colorante rojo ácido carmínico, el cual tiene infinidad de aplicaciones en diferentes industrias (Méndez-Gallegos *et al.*

2003). Es una especie ovovivípara (Pérez-Guerra y Kosztarab 1992). Presenta ovarios de tipo telotrófico con más de 400 ovariolas, cada una de las cuales contiene un solo ovocito; dichas ovariolas maduran asincrónicamente por lo que es posible encontrarlas en diferentes grados de madurez (Ramírez-Cruz *et al.* 2008).

Aunque existe información sobre valores de la fecundidad de *D. coccus* cuando se cría bajo diferentes condiciones ambientales (Marín y Cisneros 1977; Pérez-Guerra y Kosztarab 1992; Flores-Flores y Tekelenburg 1995) y de substrato alimenticio (Méndez-Gallegos *et al.* 2010), no existe información acerca de su fecundidad potencial, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar dicha variable con el fin de contribuir al conocimiento de su biología reproductiva, información que además podría ser útil en el cultivo comercial de esta especie.

Materiales y métodos

La cría de los insectos se realizó durante la primavera de 2012, sobre cladodios de *Opuntia ficus indica* (L.) Mill (Cac-

¹ Ph. D. Centro de Educación Continua, Unidad Morelia. Instituto Politécnico Nacional. 58190. Morelia, Michoacán. México. aramirez@ipn.mx. Autor para correspondencia. ² Ph. D. Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México Texcoco. 56230. Montecillo, Edo. de México. México. llcelina@colpos.mx.

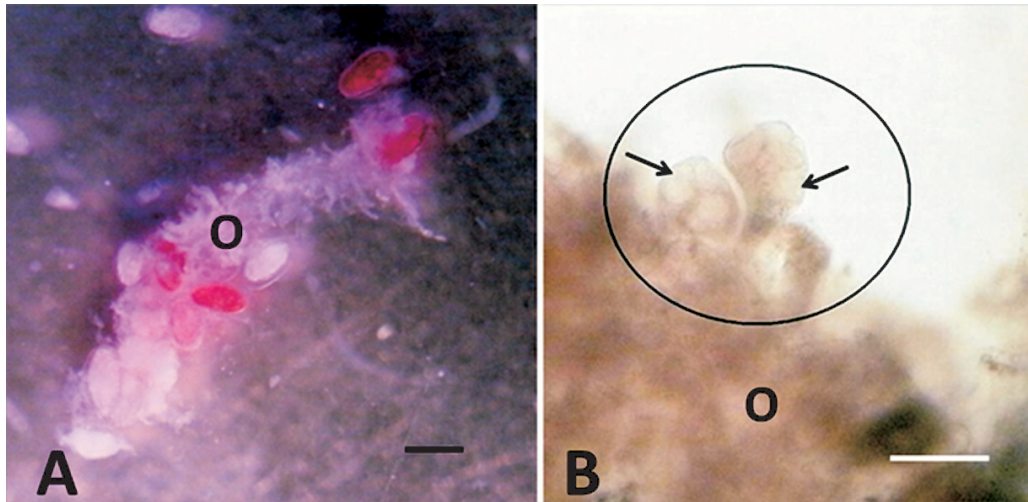


Figura 1. Fragmentos de oviductos laterales (O) de *D. coccus*. **A.** con ninfas color rojo y ninfas y huevos incoloros que han perdido completamente el ácido carminico. **B.** ovariolas inmaduras (círculo) donde sólo se observan cistocitos (flechas). (Escala: **A**, 500 μ m; **B**, 30 μ m).

taceae) con el método de penca invertida colgante propuesto por Aldama-Aguilera y Llanderal-Cázares (2003). Se usó un invernadero para la cría de grana cochinilla, con una temperatura que osciló entre 12-27 °C y una humedad relativa de 40-70%, el cual se ubica en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, México (19°29'N y 98°54'O), a una altitud de 2.250 m.

Cuando se observó que algunas hembras iniciaron la oviposición, se seleccionaron 29 hembras adultas ovíplanas, las cuales se desprendieron de los cladodios y se mantuvieron individualmente en recipientes de plástico circulares de 4 cm de diámetro, provistos de una tapa con rejilla en el centro para la ventilación. Se contabilizó la cantidad total tanto de huevos como de ninfas libres puestos por hembra, lo cual correspondió a la fecundidad real o total (FR). Una vez terminado su periodo de oviposición, las hembras se fijaron en líquido de Carnoy de acuerdo a Martínez (1999) durante 24 h y después se lavaron con alcohol al 70%. A cada una de las hembras se le extrajo los ovarios para determinar la cantidad de ovariolas inmaduras, así como de individuos (embriones y ninfas) remanentes en los ovarios (IRO). De las 29 hembras evaluadas, se seleccionaron seis para contabilizar la cantidad de IRO que pudieran haber entrado en reabsorción, es decir, degenerado, previo a la fijación con Carnoy. Para facilitar la visualización y el conteo, los ovarios fueron transparentados con KOH al 10%, y se contaron las ovariolas de ambos ovarios bajo el estereomicroscopio, desprendiendo cada una de ellas y retirándolas de inmediato para evitar errores de conteo. De esta manera la fecundidad potencial (FP) se calculó mediante la relación: $FP = FR + IRO$.

Se analizaron las diferencias entre los valores promedio del número de huevos y número de ninfas libres, correspon-

dientes a la FR, mediante la prueba t-Welch con el programa estadístico GraphPad Instat II (1993).

Resultados y discusión

De acuerdo a las condiciones ambientales, el sistema de producción y sustrato empleados en este estudio, la FR de *D. coccus* fue en promedio de 147,13 individuos por hembra (Tabla 1), dicho valor difiere del promedio de 419 (Marín y Cisneros 1977), 430 (Pérez-Guerra y Kosztarab 1992), 100 (Llanderal y Nieto 2001) y 167,3 (Méndez-Gallegos *et al.* 2010) huevos por hembra registrados para esta especie. Lo anterior es reflejo de que la fecundidad depende de variables externas, así como de la capacidad intrínseca que presenta *D. coccus* para producir y madurar continuamente una cantidad variable de ovariolas (y en consecuencia de ovocitos) durante su vida adulta (Ramírez-Cruz *et al.* 2008), ya que si bien el número de ovariolas puede estar controlado genéticamente, también puede ser influenciado por factores externos (Hodin 2009).

Las hembras de *D. coccus* depositaron tanto huevos (ninfas aún dentro del corion) como ninfas libres (en proporción de 4,1:1,0), siendo significativamente mayor la cantidad de huevos que de ninfas (Tabla 2). Esto contrasta con lo registrado por Pérez-Guerra y Kozstarab (1992) quienes a dos temperaturas y humedades relativas constantes (24 °C - 70% HR; 26 °C - 60% HR), nunca observaron la puesta de ninfas sino únicamente de huevos. Esto podría sugerir que la variación entre la cantidad de huevos y ninfas libres puestos por la hembra de *D. coccus*, también está condicionada por factores ambientales, aspecto que debe ser comprobado. En este sentido, el estado de huevo en los insectos es muy vul-

Tabla 1. Valores promedio de la fecundidad real (FR), número de individuos remanentes en los ovarios (IRO) y la fecundidad potencial (FP) en *D. coccus*.

FR	IRO	FP
$\bar{x} \pm d.e.$ (mínimo - máximo)	$\bar{x} \pm d.e.$ (mínimo - máximo)	$\bar{x} \pm d.e.$ (mínimo - máximo)
147,13 \pm 52,68 (0,0 - 244)	184,48 \pm 56,45 (83 - 322)	331,62 \pm 82,61 (185 - 502)

Tabla 2. Comparación entre el número promedio de huevos y ninfas libres puestos por hembra, durante el periodo de oviposición de *D. coccus*.

Huevos $\bar{x} \pm d.e$ (mínimo - máximo)	Ninfas libres $\bar{x} \pm d.e$ (mínimo - máximo)	t	df	p
118,58 \pm 46,91 (0,0 - 191)	28,55 \pm 32,15 (0,0 - 108)	8,37	49	< 0,0001

nerable, de modo que desde el punto de vista ecológico se puede considerar que la puesta de huevos en *D. coccus* sería más desventajosa en comparación con la puesta de ninfas libres, tanto por la desecación a la que pueden estar sometidos los huevos mientras emergen las ninfas, como por la depredación por parte de sus enemigos naturales; de hecho en *D. coccus*, al final del periodo de oviposición es común observar cadenas de varios huevos que no llegan a eclosionar, lo cual influye negativamente en el proceso de infestación en la cría comercial.

Con relación al número de IRO contabilizado en *D. coccus*, se obtuvo un valor promedio de 184,48 individuos por hembra (Tabla 1); la totalidad de las hembras disecadas presentaron exclusivamente ovariolas con embriones o con ninfas, mientras que la cantidad de ovariolas en etapa de maduración (con clara distinción entre las células nutricias y el ovocito) contabilizadas por ovario, fue insignificante ya que no era mayor a tres o cuatro ovariolas por ovario. Las ovariolas en estado de reabsorción, correspondieron al 44,21 \pm 14,55 % de los IRO, y se caracterizaron por contener embriones o ninfas que murieron previo a la fijación con Carnoy, ya que eran individuos transparentes o incoloros por haber perdido por completo el ácido carmínico o porque su interior estaba ocupado por material amorfo conformado por pequeños coágulos blanquecinos (Fig. 1A). Esto indica que en *D. coccus* aproximadamente la mitad del valor de IRO, después de la etapa de oviposición, son individuos muertos, lo que es muy importante, ya que éstos no contribuyen para la concentración total de ácido carmínico presente en la hembra. Se sabe que en las hembras de mayor peso la concentración de ácido carmínico disminuye, mientras que aumenta su fecundidad, y se ha sugerido que esto se debe al uso del ácido carmínico para la defensa o para la reproducción (Rodríguez *et al.* 2005). Sin embargo, esto también puede ser consecuencia de la gran cantidad de ovariolas que entran en reabsorción en *D. coccus* conforme aumenta de tamaño.

Después de contabilizar las ovariolas correspondientes al valor de IRO, se observó que todas las hembras estudiadas contuvieron ovariolas inmaduras muy pequeñas, emergiendo a lo largo de los oviductos laterales y en las que sólo fue posible distinguir los citocitos (no había diferencia entre las células nutricias y el ovocito) (Fig. 1B); aunque estas ovariolas no pudieron ser cuantificadas debido a su reducido tamaño, sí representan una disminución importante de la fecundidad potencial de *D. coccus*, ya que son ovariolas/ovocitos que nunca llegan a madurar.

La fecundidad potencial (FR + IRO) calculada para *D. coccus*, tuvo un valor promedio de 331,62 ovocitos u ovariolas por hembra (Tabla 1), de modo que más de la mitad (el 55,89 \pm 12,86 %) de la fecundidad potencial permanecen como IRO, es decir, como potenciales ninfas en el interior de los ovarios, ello sin considerar la cantidad de ovariolas inmaduras, ya mencionadas, que sólo emergen de los oviductos y no llegan siquiera a madurar. Este valor representa una reducción alta de potenciales ninfas que quedan en los ovarios

de *D. coccus* al término de la oviposición. En consecuencia esto soporta la sugerencia de cosechar las hembras adultas a los 10 días de edad, ya que han alcanzado un tamaño adecuado con el máximo contenido de ácido carmínico (Briseño-Garzón y Llanderal 2008). Cosecharlas después de esta edad, representaría pérdida indirecta de colorante tanto por la alta reabsorción de huevos como por la alta cantidad de ovariolas que no llegan a madurar. Además, sería necesario estandarizar cuidadosamente las condiciones ambientales de la cría comercial de *D. coccus*, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de ovariolas en maduración y reducir al mínimo la cantidad de reabsorción de las mismas.

Agradecimientos

A los revisores anónimos por sus valiosos aportes para mejorar el escrito final.

Literatura citada

- ALDAMA-AGUILERA, C.; LLANDERAL-CÁZARES, C. 2003. Grana cochinilla: Comparación de métodos de producción en penca cortada. *Agrociencia* 37: 11-19.
- BRISEÑO-GARZÓN, A.; LLANDERAL, C. 2008. Contenido de ácido carmínico en hembras de grana cochinilla de diferentes edades. pp: 16-20. En: Llanderal C.; Zetina, D. H.; Viguera, A. L.; Portillo, L. (Eds.). Grana cochinilla y colorantes naturales. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México. México. 124 p.
- ENGELMANN, F. 1970. The physiology of insect reproduction. Pergamon Press. Oxford. 307 p.
- FLORES-FLORES, V.; TEKELENBURG, A. 1995. Dacti (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. pp: 167-184. En: Barbera G.; Inglese P.; Pimienta Barrios E. (Eds.). Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. Plant production and protection. Paper 132. FAO, Roma, Italia. 216 p.
- GRAPHPAD INSTAT V2.03. 1993. GraphPad Software, Inc., San Diego, California. EEUU.
- HODIN, J. 2009. She shapes events as they come: plasticity in female insect reproduction. pp. 423-521. In: Whitman, D. W.; Ananthakrishnan, T. N. (Eds.). Phenotypic plasticity of insects: Mechanisms and consequences. Science Publishers, Inc. Enfield, New Hampshire. 894 p.
- LLANDERAL, C. C.; NIETO, H., R. 2001. Características biológicas de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa. pp: 23-30. En: Llanderal, C. C.; Nieto, H. R. (Eds.). Producción de grana cochinilla. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México. México. 140 p.
- MARÍN L, R.; CISNEROS, V. F. 1977. Biología y morfología de la cochinilla de carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homopt.: Dactylopiidae). *Revista Peruana de Entomología* 20 (1): 115-120.
- MARTÍNEZ M., I. 1999. Estudio de la anatomía microscópica en insectos: Técnicas básicas. *Folia Entomológica Mexicana* 105: 65-76.
- MÉNDEZ-GALLEGOS, S. de J.; PANZAVOLTA, T.; TIBERI, R. 2003. Carmine cochineal *Dactylopius coccus* Costa (Rhynchotha: Dactylopiidae): Significance, production and use. *Advances in Horticultural Science* 17 (3): 165-171.

- MÉNDEZ-GALLEGOS, S. de J.; TARANGO-ARÁMBULA, L.A.; CARNERO, A.; TIBERI, R.; DÍAZ-GÓMEZ, O. 2010. Crecimiento poblacional de la cochinilla *Dactylopius coccus* Costa criada en cinco cultivares de nopal *Opuntia ficus-indica* Mill. *Agrociencia* 44: 225-234.
- PÉREZ-GUERRA, G.; KOSZTARAB, M. 1992. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. Bulletin No. 92-1. Virginia Agricultural Experiment Station. 90 p.
- RABINOVICH, J. E. 1984. Introducción a la ecología de poblaciones animales. CECSA. 3ª edición. México. 313 p.
- RAMÍREZ-CRUZ, A.; LLANDERAL-CÁZARES, C.; RACOTTA, R. 2008. Ovariole structure of the cochineal scale insect, *Dactylopius coccus*. *Journal of Insect Science* 8 (20): 1-5.
- RODRÍGUEZ, L. C.; FAÚNDEZ, E.; SEYMOUR, J.; ESCOBAR, C. A.; ESPINOZA, L.; PETROUTSA, M.; AYRES, A.; NIE-MEYER, H. M. 2005. Factores bióticos y concentración de ácido carmínico en la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae). *Agricultura Técnica (Chile)* 65: 323-329.

Recibido: 28-ene-2013 • Aceptado: 26-may-2013

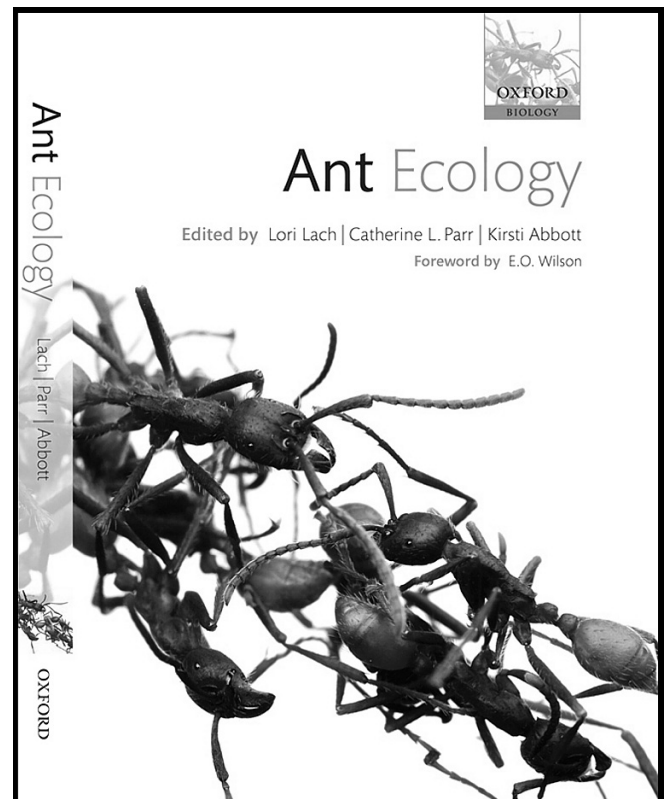
Book review

**ANT ECOLOGY. 2010. Edited by L. Lach, C. L. Parr & K. L. Abbott.
Oxford University Press, xviii + 402 pp. US \$ 53 paperback**

Ants are among the most conspicuous and important insects in terrestrial ecosystems, due to their abundance, long history and diversity with over 12,000 extant species described so far. Their presence and dominance are key factors influencing the structure and dynamics of tropical forests and even agroecosystems. The literature on ant ecology, like the literature on other aspects of ant biology, is naturally enormous, with thousands of publications. In 1990, Hölldobler and Wilson published "The Ants", a wonderful treatise which has exalted young scientists and stimulated them to do research on these insects. Lach, Parr and Abbott clearly belong to this new generation of enthusiast myrmecologists. With their book, they provide the first comprehensive review focusing on ant ecology since "The Ants".

The book is divided into 16 chapters grouped in four parts, plus a glossary and a series of plates with color photographs. Including the three editors, 53 authors contributed to the different chapters. The first part (Global Ant Diversity and Conservation) includes chapters on ant systematics, biogeography, geographic gradients and conservation. The systematics chapter, written by a world authority, Phil Ward, summarizes the various recent proposals in phylogeny and evolution at the level of subfamilies. We learn that the monophyly of Formicidae and most of its subfamilies is well supported by both molecular and morphological studies, except for Amblyoponinae and Cerapachyinae. However, there is no certainty about the relationships between subfamilies, especially within the poneroid complex, which seems to be an artificial group. Recent phylogenetic studies (Kück *et al.* 2011; Moreau & Bell 2013) still provide uncertain results concerning the respective positions of the subfamilies Martialinae and Leptanillinae, which seem to be the sister groups to all remaining ants. Fisher explains in his chapter on biogeography that ants seem to have diversified after the breakup of Gondawana, in the Upper Cretaceous, in concordance with fossil data (LaPolla *et al.* 2013). Dunn *et al.* thoroughly explore geographic gradients in ant diversity, body size, range size and other life-history traits, seeking explanations for differences in speciation and extinction rates, and relationship between climate and patterns of local and global ant diversity. Some of these aspects may, in part, explain the gradual decrease of ant species richness with latitude and elevation, but there is still much to be investigated! In particular, the authors remark that most studies of patterns in ant diversity and composition have been correlative and they conclude with a call for a more experimental approach. Finally, Alonso explores the relatively little-studied but important topic of ant conservation. It is clear that for many ants there is not the slightest information on their distribution and extinction risk. The second part (Community Dynamics) includes chapters on competition, mutualisms, influence of resources on ant ecology, and ant diversity and function in disturbed habitats. Parr and Gibb review the vast literature on competition within and between ant species, and the role of dominant ants in the structure of local assemblages. They show that existence of

competition is often difficult to demonstrate with confidence, and that the strength of competitive interactions is highly context-dependent. Although Parr and Gibb conclude that competition is undoubtedly an important factor in ant ecology, the reader understands that competition is not the predominant structuring factor as it was suspected to be (*e.g.* Hölldobler & Wilson (1990) described competition as the "hallmark of ant ecology"). This feeling was confirmed by recent papers (Parr and Gibb 2012; Cerdá *et al.* 2013; Stuble *et al.* 2013). Ness *et al.* review one of the most interesting topics of ant biology, namely mutualistic interactions between ants and other organisms such as Lepidoptera, Hemiptera, plants, fungi, and bacteria. Although several of these associations are relatively well studied, authors demonstrate that there is still much to explore regarding the scope of the expected costs and benefits of each association, its origin and dynamics over time and space, and the influence of these interactions on the diversity of its components. Blüthgen and Feldhaar address the issue of the influence of food and shelter resources on ant ecology. Clearly these factors are very important to the structure of ant communities (*e.g.* size and location of the colonies; species coexistence; etc.). Although the vast majority of ants are omnivorous (rare in other Hymenoptera), some have specialized diets and, for others like the enigmatic *Martialis* or *Tatuidris*, we simply do not know what they may eat. The



use of stable isotopes to study ant trophic position and the impact of gut microsymbionts or specific intracellular endosymbionts on ant nutritional balance are some of the new and exciting avenues of research in ant ecology discussed by the authors. Philpott *et al.* deal with a crucial question: how ant diversity and function are affected by disturbance and changing environments? Like other insects, ants are not immune to changes in their environment such as deforestation, mining or other space invasions for human “development”. As a result, habitat disturbance can drastically alter ant diversity, function, and services. This in turn can affect other components of the ecosystem due to the numerous interactions ants maintain with other organisms.

The third part of the book deals with population ecology. Peeters and Molet summarize the rich and extensive literature on reproduction and life histories in ants. This is a dense and complex issue, with amazing life strategies, far beyond the oversimplified idea we may have of a typical colony (and probably in the close future, with the study of additional species and the accumulation of fascinating discoveries, we could no longer speak about “typical” ants). In the next chapter, Steiner *et al.* explain the structure of ant colony (another complex subject!) and provide a wealth of details about number of queens per colony, caste interactions, task allocation or nest properties (number, size and architecture). They underline the influence of both proximate and ultimate factors on ant colony structure, and they discuss the ecological consequences of colony structure on different levels of the ecosystem, from the colony itself to the abiotic environment. For these authors, there are nine elements that shape the colonies: genetics and gene flow, morphology, chemical signals, nutrition, habitat, pathogen and parasite load, cooperation and conflict in the colony, age of the colony, and chance. A key aspect of the success of the ants (and other social insects) has been, without doubt, communication, mainly based on signal chemistry. This topic is covered by d’Ettorre and Lenoir in their chapter on nestmate recognition. The latter seems to be mainly based on cuticular hydrocarbons. The subject of this chapter (chemistry!) could frighten some readers but the information is so clearly (we could say pedagogically) presented that everyone would have the impression to smell the odorous world of ants! The last chapter of this third part is written by Dornhaus and Powell and covers the subject of foraging and defense strategies. Just as the issue of colony structure or breeding strategies, this is another vast topic with abundant literature. As the authors point out, the issue has generated theoretical concepts and algorithms which have helped a lot to understand ant foraging.

The fourth and final part is entirely devoted to the hot topic of invasive ants. Human activities have indeed altered the distribution of many ant species. Some of them have become global scourges or worldwide agricultural and medical pests. Among these species is the fire ant (*Solenopsis invicta* Buren, 1972) one of the most studied ants (Tschinkel 2007). Suarez *et al.* describe biogeographic and taxonomic patterns of roughly 200 species of ants that have established populations outside their native regions. Most invasive species belong to the larger ant subfamilies, namely Myrmicinae, Formicinae and Dolichoderinae, with some genera making the “top ten” of the most problematic ants: *Solenopsis*, *Wasmannia*, *Monomorium*, *Linepithema*, *Technomyrmex*, *Paratrechina* and *Hypoponera*. Study of invasive species has been very useful to establish patterns of invasion, to identify “do-

nor” and “recipient” regions (we are sad to inform that South America has produced the greatest number of invasive ant species), and to determine attributes of successful invaders. Krushelnysky *et al.* explore deeper invasion processes and causes of success. Clearly this implies the sum of several factors, including tolerance to anthropogenic disturbance, transport probability, attributes of colonies and populations, and local biotic and abiotic conditions in the new habitats. Successful invasive ants such as the Argentine ant (*Linepithema humile* (Mayr, 1868)) and the little fire ant (*Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863)) often share similar attributes (unicolonality, polygyny, generalist diets, etc.) that allow them to outcompete native species. However, the authors note with reason that our knowledge of ant biological invasions is mostly based on the study of a handful of species, and they urge myrmecologists to include a higher number of species in their studies to provide a more comprehensive understanding of ant invasiveness. It is important since ant invasions are not only economically costly but also has huge consequences on ecosystems as explained by Lach and Hooper-Bui in the next chapter. The authors provide a synthetic but extensive survey of the relevant literature. Invasive ants alter not only native ant assemblages but also the different components of the ecosystems (invertebrates, vertebrates, plants, and soil are discussed). Once again, it is unfortunate that the majority of research has focused on only a few ant species (mostly *Anoplolepis gracilipes* (Smith, 1857), *L. humile* and *S. invicta*) and a few native ones. Knowledge of the impact of invasive ants at the community level is missing but urgently needed. The last chapter (Hoffmann *et al.*) concerns the management of invasive ants. The authors bring us optimism since they show that prevention, control and eradication of invasive ant species are possible, at least in some conditions.

The book ends with a synthesis written by the editors. Interesting perspectives are also offered. By the way it is important to acknowledge the huge effort made by the editors to produce a coherent treatise despite the participation of 53 co-authors. In general, when so many authors collaborate boring repetitions, disjointed ideas or quality discrepancies occur among chapters. Not here! The scientific level is sound throughout the book.

Overall, the book covers well the most expected topics of the complex and vast subject of ant ecology, and its long list of references (over 65 double column pages) is a formidable source of information. There is one or the other issue left out or only briefly treated as ant mosaics in native forests and agricultural systems, or the ecology of some specific groups such as legionary ants, or mushroom cultivators. Sure, interested people can complement their knowledge by the reading of other publications that reinforce topics of this book. On the ecology and evolution of interactions between ants and plants the reader may refer to the excellent book of Rico-Gray and Oliveira (2007), on mutualisms to Stadler & Dixon (2008) or on colony dynamics to Gordon (2010).

The Neotropical Region has certainly played and plays an important role in the evolution and diversity of ants. Although these insects apparently originated in Laurasia during the Lower Cretaceous or Upper Jurassic, the first major diversification of lineages corresponds to the Late Cretaceous, and its geographic and ecological dominance can be observed since the Upper Eocene. The Neotropics have witnessed several waves of diversification of ant groups and host the richest fauna and the largest number

of endemic genera. Much of the book offers explanations about why ants are so successful, why it is worth studying them and, of course, why it is necessary to preserve them.

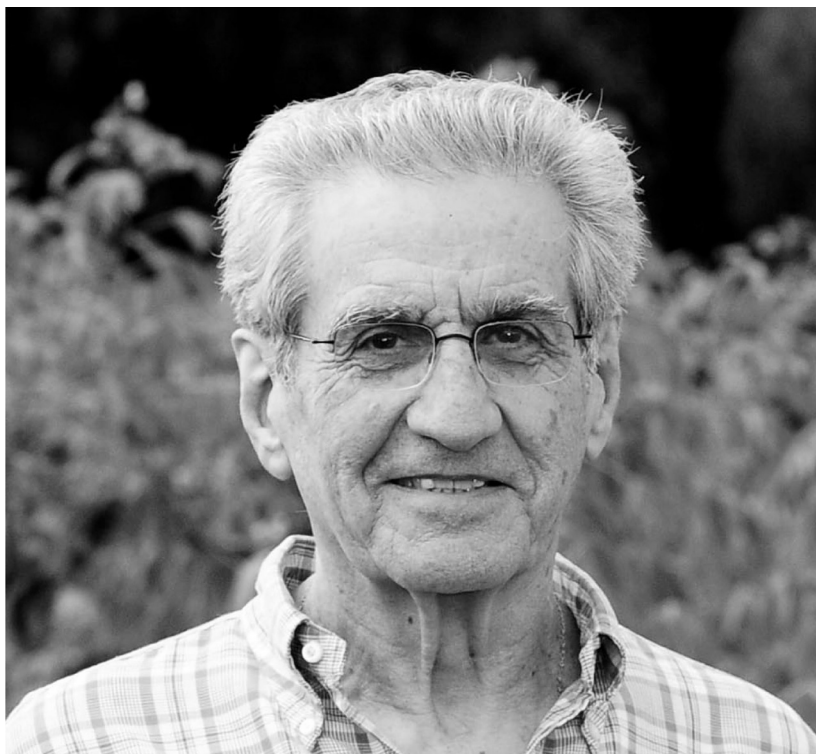
One final thought about the authorship of the book. Apart from two exceptions, all the 53 authors are from the USA, Europe or Australia. It is fine, of course, as these countries shelter hundreds of experienced myrmecologists with extensive experience in various aspects of ant ecology. But... Where are Latino American authors? The Neotropics is not only rich in ant species! It is also rich in researchers, teachers and students who explore various aspects of ant biology. Countries such as Mexico, Brazil and Argentina have institutions and researchers with significant contributions in any of the topics covered by the book. It is very strange and disappointing that this myrmecological community was ignored.

Literature cited

- CERDÁ, X.; ARNAN, X.; RETANA, J. 2013. Is competition a significant hallmark of ant (Hymenoptera: Formicidae) ecology? *Myrmecological News* 18: 131-147.
- GORDON, D. M. 2010. *Ant encounters. Interactions Networks and Colony Behavior*. Princeton University Press, 167 p.
- HÖLDOBLER, B.; WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press.
- KÜCK, P.; HITA GARCÍA, F.; MISOF, B.; MEUSEMANN, K. 2011. Improved phylogenetic analyses corroborate a plausible position of *Martialis heureka* in the ant tree of life. *PLoS ONE* 6: e21031.
- LAPOLLA, J.; DLUSSKY, G. M.; PERRICHOT, V. 2013. Ants and the Fossil Record. *Annual Review of Entomology* 58: 609-630.
- MOREAU, C. S.; BELL, C. D. 2013. Testing the museum versus cradle tropical biological diversity hypothesis: phylogeny, diversification, and ancestral biogeographic range evolution of the ants. *Evolution*: doi: 10.1111/evo.12105.
- PARR, C. L.; GIBB, H. 2012. The discovery-dominance trade-off is the exception, rather than the rule. *Journal of Animal Ecology* 81: 233-241.
- RICO-GRAY, V., OLIVEIRA, P. S. 2007. *The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions*. Chicago University Press, 331 p.
- STADLER, B.; DIXON, T. 2008. *Mutualism. Ants and their Insect Partners*. Cambridge University Press, 219 p.
- STUBLE, K. L.; RODRÍGUEZ-CABAL, M. A.; McCORMICK, G. L.; JURIC, I.; DUNN, R. R.; SANDERS, N. J. 2013. Trade-offs, competition, and coexistence in eastern deciduous forest ant communities. *Oecologia* 171: 981-992.
- TSCHINKEL, W. R. 2006. *The fire ants*. Harvard University Press, 723 p.
- Fernando Fernández**, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, ffernandezca@unal.edu.co.
- Thibaut Delsinne**, Royal Belgian Institute of Natural Sciences; Section of Biological Evaluation, Brussels, Belgium, Thibaut.Delsinne@sciencesnaturelles.be.

IN MEMORIAM

Anthony Bellotti



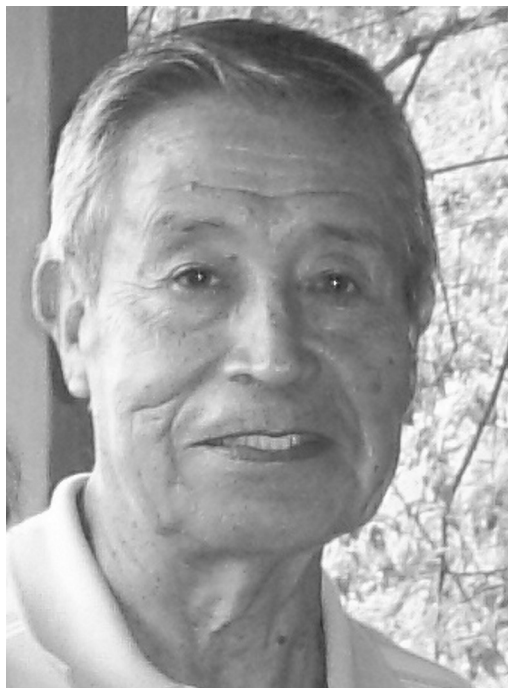
El Dr. Anthony (Tony) Bellotti, un entomólogo pionero del cultivo de la yuca, murió el 5 de marzo 2013 en el estado de Florida, EE.UU., después de una breve batalla contra el cáncer. Tony nació en el barrio de Staten Island en la ciudad de Nueva York. En 1962, se unió al primer grupo de voluntarios del Cuerpo de Paz, una iniciativa del entonces presidente John F. Kennedy, en El Salvador donde trabajó en proyectos relacionados con el crecimiento de los vegetales, las frutas tropicales y los pequeños ganaderos. Obtuvo su maestría en ciencias de la Universidad Estatal de Nuevo México (EE.UU.) y regresó al Cuerpo de Paz en 1967 como subdirector en Paraguay y luego como instructor en California hasta 1970. En 1974 recibió su doctorado en entomología y fitomejoramiento de la Universidad de Cornell. Tony se unió al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia, en un principio como un becario posdoctoral de la Fundación Rockefeller. Pasaría 40 años en el CIAT de los cuales 18 meses residió en Brasil. Por su prolífica obra siempre fue orgullo el que estuviese vinculado a la Sociedad Colombiana de Entomología. Su trabajo dio como resultado más de 300 publicaciones científicas. Tony llegó a ser una autoridad preeminente en la entomología de la yuca y su trabajo resultó en avances agrícolas a través del mundo donde la yuca es un cultivo de subsistencia y, luego, con importantes aplicaciones industriales. Tal vez su mayor contribución fue el descubrir a la avispa parasitoide *Apoanagyrus (Epidinocarsis) lopezi* en Paraguay como enemigo natural de la cochinilla *Phenacoccus manihoti*, una plaga devastadora de la yuca. La introducción masiva de la avispa al África subsahariana sigue siendo un ejemplo sobresaliente del control biológico con beneficios económicos de miles de millones de dólares. Más recientemente, Tony prestó su experiencia a un programa similar de introducción de parasitoides en el sureste de Asia. Se mantuvo activo en la investigación hasta agosto de 2012 cuando regresó de una expedición a Vietnam.

Tony fue mentor para muchos estudiantes quienes han llegado a ser entomólogos exitosos a través del mundo. Más allá de sus logros profesionales, Tony será recordado por su personalidad extrovertida y su intenso interés en entomología, entomólogos, los Yankees, libros de historia, cocina Italiana, vinos, arte Colombiano, excursiones en la Avenida Sexta y su querido perro adquirido a cambio de una botella de bourbon. Durante su breve enfermedad, fue hospitalizado en Naples, Florida, donde mantuvo un apartamento y durante ese tiempo fue visitado por amigos cercanos, familiares y colegas que tuvieron la suerte de haber tenido la oportunidad de compartir unas cuantas horas más con un notable humanitario y científico.

Stephen Lapointe

IN MEMORIAM

Germán Oswaldo Valenzuela Vera



Ingeniero Agrónomo MS en Entomología, nacido en El Angel provincia del Carchi (Ecuador) el 18 de febrero de 1926. Muy joven partió de su país y se vino a Colombia, donde trabajó en diferentes instituciones tales como la Federación de Algodonero de Colombia (FEDEREALGODON). También participó desde varias de las facultades de Agronomía del país en la formación de varias generaciones de Ingenieros Agrónomos en su cátedra de Entomología y conoció en Manizales a quien sería su esposa Gabriela. Echó raíces entonces en forma definitiva en Colombia y en 1966, se trasladó a la ciudad de Bogotá, junto con su familia, donde permaneció como profesor de Entomología en la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional durante los años 67, 68 y 69.

En 1970 fue contratado por la empresa Bayer para prestar sus servicios profesionales de Entomólogo en la División Fito-sanitaria contribuyendo no solo en los aspectos relacionados con su especialidad, sino también en la implementación y desarrollo de muchas publicaciones, conferencias y en el posicionamientos técnico de los productos Insecticidas de esa compañía. Trabajó con Bayer hasta finales de 1990, cuando se retiró al recibir su jubilación.

En el año 1971, junto a Hernán Alcaráz, Cesar Cardona, Antonio Beltrán, y otros destacados profesionales tomó parte activa en la fundación y creación de la SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA “SOCOLEN” donde fue Secretario de la primera Junta Directiva. En 1973 en el mes de mayo junto a los demás miembros de la directiva de la Sociedad logran realizar el PRIMER CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA donde Germán realiza una de las conferencias que ha sido reconocida como un instrumento valioso y de inmensa utilidad a los estudiosos de la Entomología Colombiana titulada: **“Reseña histórica de la Entomología Colombiana”**. A lo largo de toda su vida profesional, Germán ayudó a desarrollar y a fortalecer a SOCOLEN al participar en numerosas asambleas de Socios, como miembro de diferentes juntas directivas, o desde los comités de diferente índole; siempre proporcionándole gran empuje y entregándose con gran devoción y entusiasmo a su Sociedad. Hasta sus últimos días, se refirió y se sintió muy orgulloso de haber sido uno de los artífices de SOCOLEN.

Marchó luego unos años al Canadá y regreso al país a disfrutar de su completo retiro en la localidad de Villeta (Cundinamarca), donde vivió hasta la muerte de su esposa en el 2011. Sus últimos años los pasó en Bogotá en compañía de sus hijos hasta su fallecimiento acaecido el 26 de febrero del presente año.

Camilo Pinzón Ruiz

IN MEMORIAM

César Cardona Mejía

Septiembre 9 de 1941 - Junio 19 de 2013



**Obituario preparado por Juan Miguel Bueno
con la colaboración de Guillermo Sotelo,
Iván Zuluaga y Francisco Rendón.**

El miércoles 19 de junio falleció en Cali, el Dr. César Cardona Mejía, científico que se caracterizó por su orden, rigurosidad, rectitud y productividad. Con su integridad profesional construyó una huella imborrable en la investigación, una trayectoria de éxitos científicos y personales por los cuales fue considerado el mejor entomólogo en Colombia, en Latinoamérica y a través del CGIAR fijó pilares fundamentales para la entomología en el mundo.

Nació en Bogotá (Colombia) el 9 de septiembre de 1941. Estudió y se graduó con honores como bachiller en el colegio Santa Librada de Cali en 1960. Cinco años después obtuvo su título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. En 1966 ingresó al Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, en calidad de entomólogo asistente, luego ocupó los cargos de Director del Programa de Entomología y Director Nacional de la División de Investigaciones Agrícolas, en Tibaitatá. Estando en el ICA, cursó sus estudios de posgrado en la Universidad de California en Riverside Estados Unidos, donde recibió el Master of Science en Entomología en 1970. Su tesis "*The Biology of *Apanteles dignus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae): a primary parasite of the tomato pinworm*", obtuvo en 1971 el "Harry S. Smith" premio al mejor estudiante de posgrado. Dos años después, se graduó de la misma universidad como Ph.D. en Entomología con la tesis "*Biology and physical ecology of *Apanteles subandinus* (Hymenoptera: Braconidae)*". Ray Smith, padre del control integrado de plagas, quien fuera su profesor, lo recordaría como un estudiante brillante y sobresaliente. A su regreso a Colombia, en 1973, ingresó al ICA en

Palmira e inició, desde entonces, una carrera de logros trascendentales, asumiendo después funciones en el programa de Entomología del ICA en Tibaitatá.

Ante la necesidad de muchos investigadores de fortalecer la entomología en Colombia, él con algunos otros, fundaron la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN. En la presidencia inicia Hernán Alcaraz Viecco y a su prematura muerte, César Cardona asume el cargo. Contribuye no solo como directivo y socio, sino con sus innumerables e invaluable trabajos de investigación, merecedores de reconocimientos. Su devoción por Socolen persistió durante toda su vida.

En 1975 el deseo de cambio e innovación y su sano inconformismo con lo que no estaba bien, lo llevaron a integrar el grupo de ilustres profesionales, conocidos como los "siete samurais del ICA", quienes en desacuerdo con las orientaciones de la institución decidieron retirarse. En los siguientes seis meses, César Cardona viajó a Brasil y, a su regreso a Colombia, tuvo un paso fugaz por Dow Chemical.

En 1976 asumió el cargo de Jefe del Programa de Entomología y Director del Departamento Técnico de la Federación Nacional de Algodoneros. Reorganizó la investigación en algodón, reestructuró los programas de investigación en entomología, suelos, fisiología y se dio a la tarea de recopilar toda la investigación realizada por el antiguo Instituto de Fomento Algodonero (IFA), la Federación de Algodoneros y el ICA, situación que le impulsó a escribir sus novedosos enfoques en el capítulo sobre Entomología en el libro "Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia" (1990), editado por Fedecalgodón.

En 1978 ingresó al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) como Entomólogo del Programa de Frijol y allí inicia sus trabajos sobre las principales plagas del frijol cultivado y almacenado. En 1982 ingresó como Jefe

del Programa de Entomología de Leguminosas al Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas (ICARDA por sus siglas en inglés) en Alepo, Siria. En 1985 se reincorporó al Programa de Frijol del CIAT, donde logró desarrollar estrategias para la identificación de resistencia varietal a varios insectos plaga. Adaptó metodologías para evaluar entomopatógenos y detectar, en campo, cambios en la resistencia de las moscas blancas a los insecticidas. Además, se preocupó por la identificación molecular de éstas. Gracias a sus métodos, César Cardona logró codificar cerca de 600 líneas resistentes al lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross et Moore), 190 al gorgojo mexicano del frijol (*Zabrotes subfasciatus* (Boheman)), 170 al picudo de la vaina del frijol (*Apion godmani* Wanger) e identificar la resistencia de 50 variedades comerciales a *Thrips palmi* Karny. Todo esto luego de evaluar no menos de 30.000 diferentes materiales entre accesiones del Banco de Germoplasma del CIAT y de variedades del Programa de Frijol de la misma institución. Fue pionero en desarrollar umbrales de acción en Colombia para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *T. palmi* e incorporarlos en el manejo integrado de estos insectos. Igualmente, estableció la metodología y avanzó en numerosos estudios fundamentales tendientes a investigar la resistencia al gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say). Perfeccionó diferentes estrategias de manejo para las principales plagas del frijol en América Latina. También encontró que *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) y *L. sativa* (Blanchard) no causa pérdidas económicas, mientras no se abuse de los insecticidas. En 1998 asumió el liderazgo de Entomología de Forrajes, sección en la cual perfeccionó métodos que permitieron evaluar de manera sistemática cientos de híbridos de brachiaria por su resistencia a las seis especies de salivazo presentes en Colombia (*Aeneolamia varia* (Fabricius), *Aeneolamia reducta* (Lallemand), *Zulia carbonaria* (Lallemand), *Zulia pubescens* (Fabricius), *Prosapia simulans* (Walker) y *Mahanarva trifisa* (Jacobi)).

Su interés por compartir los conocimientos y formar profesionales con buenas bases entomológicas, lo motivó a vincularse a la docencia universitaria en las facultades de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira (en 1972) y de Ciencias - Biología en la Universidad del Valle (en 1985). Más adelante (2000), se vinculó a los programas de pre y posgrado de la Universidad Nacional en Palmira como profesor de Entomología Económica, Manejo de Plagas y Resistencia de Plantas a Insectos hasta el 2011. Su producción científica quedó plasmada en la dirección de

108 tesis, en la escritura de ocho capítulos de diferentes libros y más de 100 artículos en revistas científicas. Por ello fue reconocido con merecidos premios nacionales e Internacionales, entre los cuales se mencionan: "Meritorious Service Award" 1993, por el Bean Improvement Cooperative, BIC, Michigan; "Outstanding Research Publication Award" 1993, CIAT, Cali; "Outstanding-Senior Staff Achievement Award" 1993, CIAT, Cali; Premio Nacional de Agricultura, Ministerio de Agricultura, 1991, Colombia. El Doctor Cardona como líder de su equipo de investigadores del programa de Entomología en el CIAT, recibió en repetidas ocasiones, reconocimientos al mejor trabajo científico en la categoría profesional (Premio "Hernán Alcaráz Viecco") presentado en el marco de los Congresos Nacionales de Entomología, organizados por SOCOLEN. Fue además miembro del comité editorial de Revistas Científicas de carácter agronómico y entomológico, entre ellas la Revista Colombiana de Entomología y socio de sociedades científicas ("Entomological Society of America", "Florida Entomological Society" y "American Association for the Advancement of Science").

En el plano personal cabe destacar que César Cardona, complementariamente a su vocación científica, era un gran lector de libros de historia y de biografías de personajes ilustres. Un hinchacérrimo del deportivo Cali (el equipo de su alma). Conocíamos bien de su afición por la buena comida, especialmente la colombiana y recordamos cómo apetecía las tostadas de plátano, las frijoleadas y entre los postres para él no había mayor deleite que un buen arroz con leche y la degustación de una deliciosa taza de café colombiano. También le encantaban las arepas con queso, las cuales compartía generosamente al atardecer con sus consentidas mascotas caninas, sus infaltables compañeras cotidianas.

Por último, resaltamos que César, fuera de su recio temperamento y su rigor científico, era un ser de mucha nobleza, con gran sensibilidad reflejada en ocasiones en un paternalismo hacia su personal técnico, a quienes defendía en la permanencia de sus cargos, a pesar de las limitaciones económicas del programa. Aunque César deja un gran vacío, siempre será recordado como el esposo por doña Graciela, como el padre admirado por sus hijos Jaime Alberto, Gilberto y Martha Cecilia y como el abuelo complaciente de Santiago, Tomás y Daniela. Queda un imborrable recuerdo del amigo, del jefe, del maestro, del consejero, del guía, del padre, del abuelo y que como tal se ha de perpetuar en la memoria de las generaciones venideras.

FE DE ERRATAS 37 (2) 2011, 38 (1) 2012 y 38 (2) 2012

De manera involuntaria se omitieron los nombres de los siguientes profesionales que forman parte del comité científico de la revista:

Jorge E. Peña, Ph. D.
University of Florida, IFAS,
Trop. Res. & Educ. Ctr., Homestead

Fernando E. Vega, Ph. D.
U. S. Department of Agriculture,
Agricultural Research Service,
Insect Biocontrol Laboratory, Maryland

Se adicionan los siguientes nombres de profesionales que fueron árbitros del número 38-2: Marcelo Lopes da Silva, Roberto Vinciguerra y Jael Simões Santos Rando.

En el trabajo “Efecto de *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) en la actividad parasitoide de *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae)”, publicado en 38 (1): 64-69 (2012), la fecha de aceptación correcta es 25-may-2012.

