

Diagnóstico de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, Colombia

Diagnostic of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) and its parasitoids in the department of Antioquia, Colombia

GONZALO DAVID-RUEDA¹, LUIS MIGUEL CONSTANTINO C.², ESTHER CECILIA MONTOYA³, OSCAR E. ORTEGA M.⁴, ZULMA NANCY GIL⁵ y PABLO BENAVIDES-MACHADO⁶

Resumen: El minador de la hoja del café, *Leucoptera coffeella*, es una de las principales plagas del cultivo del café (*Coffea arabica*) en la región neotropical, ocasionando pérdidas en rendimiento hasta del 80%, en países como Brasil. En Colombia ha sido poco estudiado, debido a que los ataques han sido esporádicos. Esta investigación exploratoria fue conducida con el propósito de realizar un diagnóstico del minador y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, donde se evaluó el porcentaje de infestación de la plaga y el parasitismo natural, a través de un muestreo bietápico en más de 1.100 lotes cafeteros entre 2 y 5 años de edad. Se evaluaron 60 árboles por lote mediante un muestreo sistemático, durante cuatro momentos entre los años 2013 y 2014. Los resultados mostraron promedios de infestación del minador inferiores al 2% y promedios de parasitismo que oscilaron entre 58 y 89 %. Emergieron en total, 787 parasitoides del orden Hymenoptera, familia Eulophidae, distribuidos en dos subfamilias: Eulophinae y Entodiniinae. Se identificaron siete especies: *Closterocerus coffeellae*, *Closterocerus lividus*, *Zagrammosoma multilineatum*, *Pnigalio sarasolai*, *Horismenus* sp., *Horismenus* n. sp., y *Apleurotropis* n. sp., estas dos últimas nuevas especies para Colombia, y quizás para la ciencia. El controlador natural más abundante fue *C. coffeellae*. Se recomienda el manejo de esta plaga, a partir de una estrategia de control biológico por conservación.

Palabras clave: *Coffea arabica*. Enemigos naturales. Minador de la hoja del café. Control natural. Control biológico por conservación.

Abstract: Coffee Leaf Miner, *Leucoptera coffeella* is one of the main insect coffee pests in the Neotropics, causing yield decreases up to 80%, in countries such as Brazil. In Colombia, this insect pest has been poorly studied, since the damage it causes has been sporadic. This exploratory investigation was carried out in order to diagnose the damage caused by the coffee leaf miner and its parasitoids in the department of Antioquia. Pest infestation levels were evaluated as to incidences of natural parasitism, identifying the species of the parasitoids, through a biotopic sampling performed in more than 1,100 coffee crops between the ages of 2 and 5 years. Sixty (60) coffee trees per crop were evaluated four times through systematic sampling between 2013 and 2014. The results indicated an average of leaf miner infestation level under 2%, and parasitism levels between 58 and 89 %. In total, 787 parasitoid individuals emerged, all belonged to the Order Hymenoptera, family Eulophidae, comprising two subfamilies: Eulophinae and Entodiniinae. Seven parasitoid species were identified: *Closterocerus coffeellae*, *Closterocerus lividus*, *Zagrammosoma multilineatum*, *Pnigalio sarasolai*, *Horismenus* sp., *Horismenus* n. sp., and *Apleurotropis* n. sp. These last two new species for Colombia, and perhaps for science. The most abundant natural enemy of coffee leaf miner was the species *C. coffeellae*. The management of this insect pest by means of a conservation biological control strategy is recommended.

Key words: *Coffea arabica*. Natural enemies. Coffee leaf miner. Natural control. Conservation biological control.

Introducción

Leucoptera coffeella (Guérin-Méneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) comúnmente llamado minador de la hoja del café, es un microlepidóptero de hábitos crepusculares que presenta dimorfismo sexual, con una relación de sexos 1:1, de color blanco plateado, antenas filiformes más largas que el cuerpo, las alas anteriores presentan los márgenes anales flecosos y una mancha o anillo negro rodeado de un halo amarillo brillante. Su ciclo de vida, en función de los cambios de temperatura, varía entre 30 a 45 días (Cárdenas 1991; Bustillo 2008).

El minador es considerado una de las plagas más graves para el café en la región neotropical (Green 1984), debido a que cuando sus poblaciones alcanzan el nivel de plaga, las defoliaciones pueden ser superiores al 67%, por lo tanto, las mermas en la producción pueden ser hasta del 52% (Souza y

Reis 1992; Vega *et al.* 2006). El daño que ocasiona la larva en la lamina foliar ha sido ampliamente estudiado en países productores como Brasil, Ecuador y México (Souza y Reis 1992; Carvalho *et al.* 2004; Guerreiro-Filho 2006; Neves *et al.* 2006; Vega *et al.* 2006; Barrera 2008; De la Mora *et al.* 2008; Lomeli-Flores *et al.* 2009; Malo *et al.* 2009; Alves *et al.* 2011; Scalón *et al.* 2011). Considerándola como una plaga clave en muchos países productores particularmente Brasil (Souza y Reis 1992; Fragoso *et al.* 2002a; Carvalho *et al.* 2004; Guerreiro-Filho 2006; Michereff *et al.* 2007; Bacca *et al.* 2008; Alves *et al.* 2011).

Los daños en la planta son producidos por la larva, la cual es de forma ahusada con anillos muy notorios y más anchos hacia la cabeza; puede llegar a medir hasta 4 mm de longitud. Pasa por cuatro estadios larvales, cuyo estado dura entre 16 a 26 días (Cárdenas 1991; Bustillo 2008). Los daños se presentan al perforar la parte superior de la epidermis de la hoja y

¹ Ing. Agrónomo, estudiante M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, gonzalo.david@cafedeantioquia.com. ² Entomólogo, M. Sc. Investigador Científico II, Cenicafé, Chinchiná, luismiguel.constantino@cafedecolombia.com. ³ Estadístico, M. Sc. Investigador Científico III, Cenicafé, Chinchiná, esthercecilia.montoya@cafedecolombia.com. ⁴ Biólogo Entomólogo, M. Sc. Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, oeortega@unal.edu.co. ⁵ Ing. Agrónomo, Ph. D. Investigador Científico II, Cenicafé, Chinchiná, Zulma.Gil@cafedecolombia.com. ⁶ Ing. Agrónomo, Ph. D. Investigador Científico III, Cenicafé, Chinchiná, pablo.benavides@cafedecolombia.com, autor para correspondencia.

penetrar el mesófilo, alimentándose del tejido de empalizada; las lesiones que se forman entre la epidermis, son también llamadas galerías o minas (Parra 1985). El nivel de daño económico estimado en lotes en producción es del 30% (Parra *et al.* 1995; Neves *et al.* 2006; Constantino *et al.* 2011).

En Colombia los ataques son comunes en cultivos de café en levante localizados a bajas altitudes (< 1.300 msnm), caracterizadas por ser cálidas y favorecido por densidades de siembra menores de 7.500 árboles por hectárea, manejo inadecuado de arvenses y uso indiscriminado de agroquímicos (Cárdenas 1991; Bustillo 2008; Constantino *et al.* 2011). Contrario a lo que ocurre en Brasil, la abundancia de parasitoides en Colombia posiblemente ha evitado que el minador se convierta en plaga clave (Constantino *et al.* 2011; Benavides *et al.* 2013).

Los parasitoides del minador han sido estudiados en varias partes de mundo. Bigger (1973) en África norte de Tanzania registró seis especies pertenecientes a las familias Eulophidae, Braconidae y Encyrtidae para la especie *Leucoptera coffeina* Washburn 1940. Barrera (2008) en América tropical registró 20 morfoespecies de parasitoides de himenópteros, siendo los eulófidos los más comunes. En México, Lomelí-Flores *et al.* (2009) encontraron una gran diversidad, 22 especies de Eulophidae, encontrando que los endoparasitoides son más abundantes que los ectoparasitoides.

En Colombia, Constantino *et al.* (2011), mencionan 16 especies de parasitoides presentes en el país. Sin embargo, el excesivo control de arvenses ha conllevado a una mayor incidencia de la plaga (Cárdenas 1991), debido a que en campo, los adultos se alimentan del néctar producida por muchas de estas, aparte las arvenses influyen en la diversidad y abundancia de los parasitoides (Altieri *et al.* 1999; Arcila *et al.* 2007; Pereira *et al.* 2007). De otro lado, el uso indiscriminado de insecticidas químicos de amplio espectro, eliminan los parasitoides e incrementan las poblaciones del minador por encontrarse protegidas entre las hojas infestadas, además de causar problemas de resistencia en la plaga (Fragoso *et al.* 2002a; 2002b; 2003; Ambrogi *et al.* 2006; Fernandes *et al.* 2010). En Brasil por ejemplo existen cerca de 94 productos comerciales recomendados para su control, que corresponden a 30 ingredientes activos de los cuales el 36% y 17% corresponden a la clase toxicológica I y II respectivamente (Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento do Brasil. 2014).

Sumado a las anteriores problemáticas y frente a un escenario de cambio climático (Walther *et al.* 2002; Ghini *et al.* 2008b); El minador del café podría convertirse en una plaga importante para el país (Constantino *et al.* 2011) en ausencia de sus enemigos naturales, con posibilidades de que sus poblaciones alcancen niveles de daño económico en los cafetales (Hamada *et al.* 2006; Ghini *et al.* 2008a; 2008b; Assis *et al.* 2012), debido a que la región andina del país es considerada como uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático (IDEAM 2007).

Las experiencias de manejo del minador de la hoja del café en el país son escasas, y se basan en la aspersión de insecticidas químicos organofosforados y piretroides, sin tener en cuenta el impacto ambiental o efecto sobre la fauna benéfica asociada al cultivo. No existe información sobre la composición de parasitoides tampoco de depredadores, fundamental en el control biológico de este insecto plaga. Por lo tanto, se propuso en el presente trabajo de investigación contribuir al conocimiento y diagnóstico del minador de la hoja del café *L.*

coffeella y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, a partir de la determinación de los porcentajes de infestación y parasitismo natural de la plaga, bajo las conjeturas a) el porcentaje de incidencia del minador en cultivos de café en Antioquia no supera el 30% y b) existen especies no registradas del minador en el departamento de Antioquia.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en las fincas cafeteras del departamento de Antioquia durante un año entre mayo 2013 - 2014. El parámetro promedio por lote de infestación de minador de la hoja del café, *L. coffeella* se estimó de acuerdo con la estructura del muestreo bietápico, donde la primera etapa estuvo conformada por los distritos y la segunda etapa por las fincas. Para la conformación del marco del muestreo, se identificó en el Sistema de Información Cafetera-SICA (base alfanumérica geo-referenciada que contiene los atributos de cerca de 2 millones de lotes en Colombia, equivalentes a 965 mil hectáreas de café de propiedad de 560 mil productores) (FNC 2013), todos los distritos cafeteros, con más de seis fincas cafeteras. Una vez conformado el marco de muestreo, se seleccionaron aleatoriamente el 50% de los distritos y en cada uno se seleccionaron aleatoriamente cinco fincas. En cada una de éstas, se tomó un lote de café joven entre 2 a 5 años (población). Se realizaron cuatro evaluaciones entre mayo y septiembre de 2013 y entre enero y mayo de 2014 (fechas de muestreo).

Para estimar la infestación de *L. coffeella*, en el lote seleccionado, se hizo un recorrido sistemático entre surcos eligiendo 60 árboles. Para esto, se escogieron los árboles centrales de los surcos del lote. Si el lote presentaba 60 surcos, se evaluó en un árbol por surco, si tenía 30 surcos, se tomaron dos por surco; y si tenía 120 surcos, se tomaba un árbol cada dos surcos. En cada árbol se seleccionó una rama productiva del tercio medio, en la cual se contabilizó el número de hojas totales y aquellas afectadas por minador.

Para cada lote se determinó el porcentaje de hojas con minador de acuerdo con el total de hojas evaluadas (variable de interés), con la siguiente relación:

$$\text{Porcentaje de hojas minadas} = \frac{\text{Total de hojas con minas por rama} \times 100}{\text{Total de hojas por rama}}$$

Con la variable de interés se identificó por distrito el mínimo y máximo observados y se estimó el parámetro promedio por lote de infestación por *L. coffeella* para el departamento con su respectivo intervalo, con un coeficiente de confianza del 95%.

Para obtener el parasitismo natural del minador del café en el departamento de Antioquia, se recolectaron hasta 10 hojas minadas en los árboles infestados seleccionados durante el muestreo para la estimación del parámetro descrito anteriormente. Las hojas infestadas retiradas se depositaron en sobres de manila sellados e identificados con el código del lote de acuerdo con el SICA. Posteriormente se seleccionaron, bajo estereoscopio, las minas activas (Constantino *et al.* 2011; Benavides *et al.* 2013) recortando estas con una tijera. Las minas activas se reconocen por el halo de color amarillo alrededor de la lesión necrosada. Las minas se trasladaron posteriormente al laboratorio general de Entomología de Cenicafe en neveras de icopor con gel refrigerante. Estas se individualizaron y se depositaron durante 30 días en cajas de cría que contenían en un recipiente una solución al 10% de

KCl para mantener la humedad relativa, cubiertas con tela tulla blanca en condiciones de laboratorio, con temperaturas de 27 ± 2 °C y $70 \pm 10\%$ de humedad relativa, para permitir la emergencia de la plaga o sus enemigos naturales.

Una vez emergidos los insectos de las minas activas, se identificaron las especies de enemigos naturales de *L. coffeella* en el departamento de Antioquia, y se determinó el porcentaje de parasitismo (variable complementaria) para cada lote, con la siguiente relación:

$$\text{Porcentaje de Parasitismo} = \frac{\text{Total de enemigos naturales emergidos} \times 100}{\text{Total de insectos emergidos}}$$

Con esta variable se identificó para el departamento de Antioquia el promedio de parasitismo por lote, error estándar y mínimos y máximos observados para cada fecha de muestreo; así como la riqueza de enemigos naturales, en términos del número de especies emergidas y la abundancia de especies determinada como el número total de individuos de parasitoides que emergieron de las minas activas.

La identificación a nivel de familia y género se hizo con la ayuda de claves taxonómicas (Borror *et al.* 1989; Hanson & Gauld 1995; Gibson *et al.* 1997; Sharkey 2006; Burks 2012). Para la identificación a nivel de especie, se enviaron duplicados del material colectado al especialista en la familia Eulophidae, Dr. Christer Hansson del Museo de Entomología y Ecología de la Universidad de Lunds en Suecia.

Cada uno de los predios seleccionados fue visitado durante un lapso de dos semanas en los meses en los cuales se realizaron los muestreos, para lo cual se contó con la participación de los 105 Extensionistas del Comité de Cafeteros de Antioquia.

Resultados y discusión

El Sistema de Información Cafetera contenía información sobre 94 municipios cafeteros en el departamento de Antioquia, agrupados en 118 distritos, 113.936 fincas, un área sembrada en café de 133.405 hectáreas con un promedio de edad de 5,7 años.

En la Tabla 1, se ilustra, el tamaño de muestra y los resultados del muestreo. El porcentaje de infestación promedio por lote de *L. coffeella* en el departamento de Antioquia

estuvo entre 0,23 y 1,65, de tal manera que en el 50% de los lotes no había infestación, y en aquellos que si había, los máximos observados oscilaron entre 9,92 y 82,72% de infestación (Tabla 1 y fig. 1). El nivel de daño económico del 30%, establecido para esta plaga (Parra *et al.* 1995; Neves *et al.* 2006; Constantino *et al.* 2011), se alcanzó en tan solo 3 lotes del total de 1.131 evaluados, los cuales a su vez estaban localizados en distritos de Valparaíso, Ciudad Bolívar y Betania (Figs. 1B y 1D).

Con el fin de establecer las causas por las cuales se presentaron los niveles de infestación por minador en aquellos lotes donde se reportaron los valores máximos en cada muestreo, se visitaron nuevamente las fincas de los distritos Valparaíso 001, Ciudad Bolívar 001, Betania 001 y Tarso 001, donde se realizó un análisis crítico de la situación agronómica. Dichos niveles de infestación obedecieron al uso indiscriminado de insecticidas químicos de amplio espectro y posiblemente al mal manejo de arvenses, específicamente en la finca La Germania del municipio de Tarso (Distrito Tarso 001) (Fig. 2). Estas observaciones son soportadas con otros estudios (Fragoso *et al.* 2002a; 2002b; 2003), dado que el mal uso de pesticidas conlleva a la selección por resistencia, a la eliminación de la fauna benéfica de otros insectos, y al consecuente resurgimiento de plagas secundarias limitantes; igualmente, la eliminación de las arvenses nobles, disminuye la disponibilidad de alimento para los enemigos naturales, de tal manera que la fauna benéfica se refugia en otros ambientes adyacentes y lejanos del cultivo de café (Fragoso *et al.* 2002a; 2002b; 2003; Ambrogi *et al.* 2006; Fernandes *et al.* 2010; Constantino *et al.* 2011; Benavides *et al.* 2013).

En este estudio se pudo evidenciar porcentajes de infestación de minador por debajo del 2% en el departamento, corroborando la conjetura que los porcentajes de infestación de *L. coffeella* en Antioquia no superan el 30%. Sin embargo, se sugiere seguir monitoreando los daños causados en aquellas fincas y distritos que se encontraron por encima del nivel de daño económico.

Para la identificación de enemigos naturales de minador en el departamento de Antioquia y la estimación del porcentaje de parasitismo, se obtuvieron hojas infestadas de 234 fincas, de las cuales 121 contenían minas activas, a partir de las cuales emergieron 1.075 insectos. 787 de éstos correspondieron a especímenes de parasitoides del Orden Hymenoptera,

Tabla 1. Estadísticas descriptivas para la variable porcentajes de infestación de *Leucoptera coffeella*, por lote en cada fecha de muestreo en el departamento de Antioquia.

Estadística descriptiva	Fechas de muestreo			
	2013		2014	
	Mayo	Septiembre	Enero	Mayo
Tamaño de muestra	285	253	285	308
Promedio (%)	0,41	1,65	0,23	0,30
Error estándar	0,09	0,53	0,06	0,12
Desviación estándar	1,56	8,43	1,04	2,19
Mediana	0,00	0,00	0,00	0,00
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	15,61	82,72	9,92	35,93
Percentil 75	0,00	0,27	0,00	0,00
Percentil 90	0,87	2,00	0,40	0,49

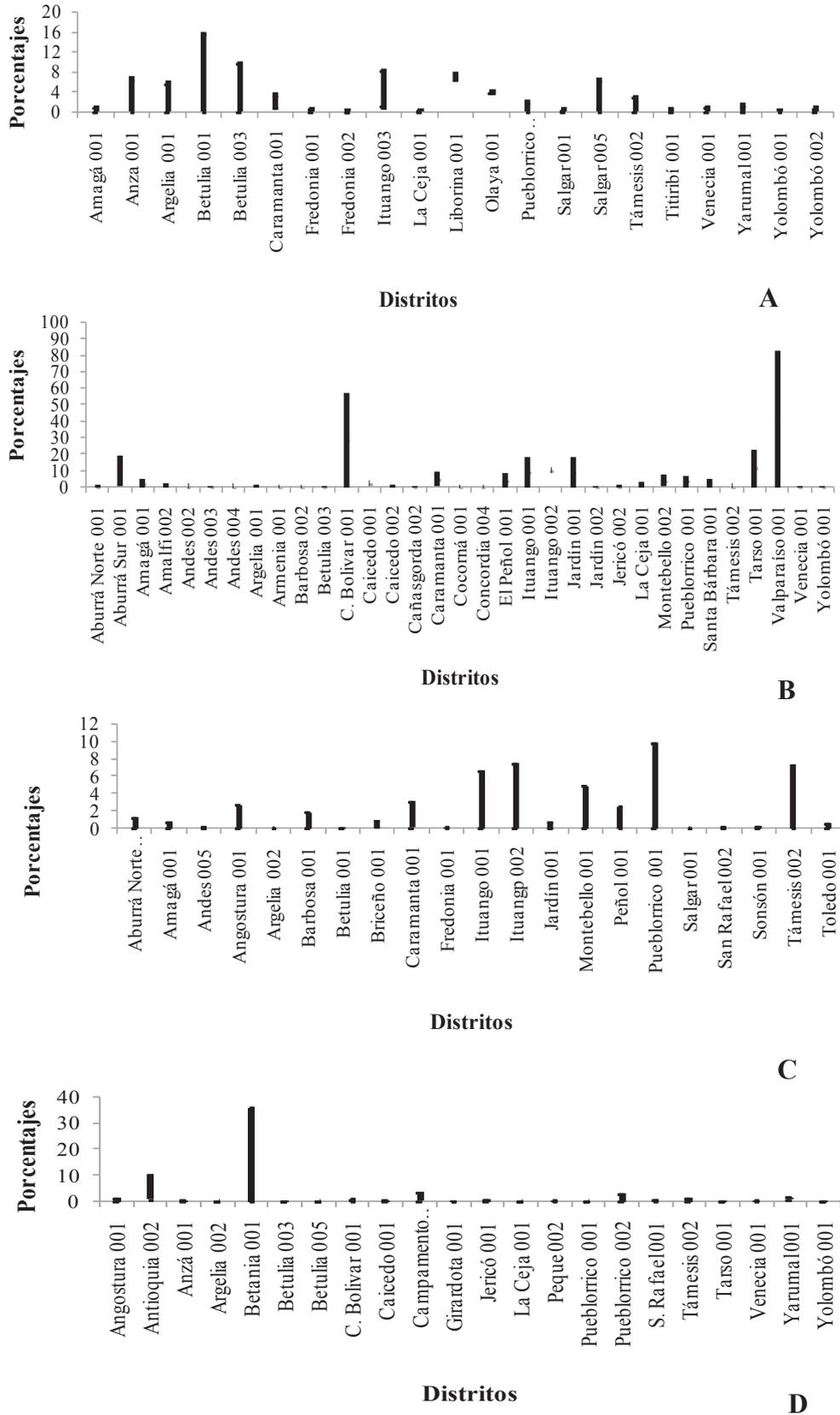


Figura 1. Mínimo y máximo del Porcentaje de infestación de *Leucoptera coffeella* en distritos cafeteros de Antioquia. **A.** Mayo de 2013. **B.** Septiembre de 2013. **C.** Enero de 2014. **D.** Mayo de 2014.



Figura 2. Daños por *Leucoptera coffeella* en lotes con mal manejo de arvenses. **A.** Lote con pasto *Brachiaria* sin cobertura de arvenses nobles. **B.** Alta infestación de minador con daños viejos en las ramas del tercio medio de la planta. **C y D.** Daños en más del 50 y 90% de la lámina foliar.

superfamilia Chalcidoidea, familia Eulophidae, subfamilia Entodiniinae, la cual agrupó el 71,43% y Eulophinae con el 28,57% restante (Tabla 2).

Los promedios de parasitismo natural de minador de la hoja del café en Antioquia superaron el 58% en todas las fechas de muestreos (Tabla 3), lo cual indica valores superiores al mínimo establecido en 20% (Constantino *et al.* 2011) para considerar una aplicación de insecticidas. El mayor número de minas activas y porcentajes de parasitismo fue obtenido durante septiembre de 2013, momento en el cual se repor-

taron los niveles de infestación por minador más altos y los meses más secos del estudio. Estos resultados corroboran los hallazgos de Constantino *et al.* (2011), Benavides *et al.* (2013) quienes señalan que en Colombia no se justifica el uso de insecticidas químicos para el control de minador, dado que el porcentaje de parasitismo es superior del 30% en condiciones naturales.

El presente estudio corrobora los resultados de Da Palma-Santos & Pérez-Maluf (2010) quienes sugieren a los parasitoides himenópteros como importantes enemigos naturales

Tabla 2. Especies y número de individuos para cada uno de los muestreos.

Subfamilia	Comportamiento	Especie	Muestreo				Total
			2013		2014		
			Mayo	Septiembre	Enero	Mayo	
Eulophinae	Ectoparasoide	<i>Zagrammosoma multilineatum</i>	6	15	0	1	22
	Ectoparasoide	<i>Pnigalio sarasolai</i>	5	32	3	9	49
Entodiniinae	Endoparasoide	<i>Closterocerus coffeellae</i>	108	393	61	85	647
	Endoparasoide	<i>Closterocerus lividus</i>	7	43	1	15	66
	Ectoparasoide	<i>Horismenus</i> sp.	1	0	0	0	1
	Ectoparasoide	<i>Horismenus</i> n. sp.	0	1	0	0	1
		<i>Apleurotropis</i> n. sp.	0	1	0	0	1
		Total	127	485	65	110	787

Tabla 3. Estadísticas descriptivas para la variable porcentajes de parasitismo de *Leucoptera coffeella*, en cada fecha de muestreo en el departamento de Antioquia.

Estadística descriptiva	Muestreo			
	2013		2014	
	Mayo	Septiembre	Enero	Mayo
Tamaño de muestra	210	654	80	131
Promedio (%)	57,95	88,82	83,58	84,00
Error estándar	6,35	2,43	3,90	3,19
Mínimo	0,00	42,40	50,00	43,00
Máximo	100,00	100,00	100,00	100,00

de *L. coffeella*, demostrando su eficiencia en el control natural y contribuyendo así al equilibrio ecológico del agroecosistema cafetero.

Se encontró mayor cantidad de endoparasitoides que ectoparasitoides. Estos resultados son concordantes con lo encontrado por Lomeli-Flores *et al.* (2009). La emergencia de todos los parasitoides se presentó entre los 25 y 30 días,

lo cual concuerdan con lo hallado por otros estudios (Reis Junior *et al.* 2000a, b; Melo *et al.* 2007; Amaral *et al.* 2010; Ecoli *et al.* 2010; Benavides *et al.* 2013).

La riqueza de especies de enemigos naturales de minador de la hoja del café, agrupó todos los individuos de himenópteros en siete especies de eulofidos parasitoides (Tabla 3). Estas fueron identificadas como *Zagrammosoma multilineatum* (Ashmead), *Pnigalio sarasolai* De Santis, *Closterocerus coffeellae* (Ihering), *Closterocerus lividus* (Ashmead), *Horismenus* sp., *Horismenus* n. sp., y *Apleurotropis* n. sp. (Fig. 3), consideradas estas dos últimas especies nuevos registros para Colombia y posiblemente nuevas para la ciencia. El hecho de haber agrupado todas estas especies dentro de la familia Eulophidae, corrobora que los resultados de Antioquia concuerdan con los hallazgos para Colombia de Cárdenas (1991), Bustillo (2008), Constantino *et al.* (2011), y en América por Reis Junior *et al.* (2000b), Melo *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2007), Barrera (2008), Lomeli-Flores *et al.* (2009), Da Palma-Santos & Pérez-Maluf (2010), Ecoli *et al.* (2010) quienes también identificaron los parasitoides más abundantes de minador pertenecientes a la misma familia.

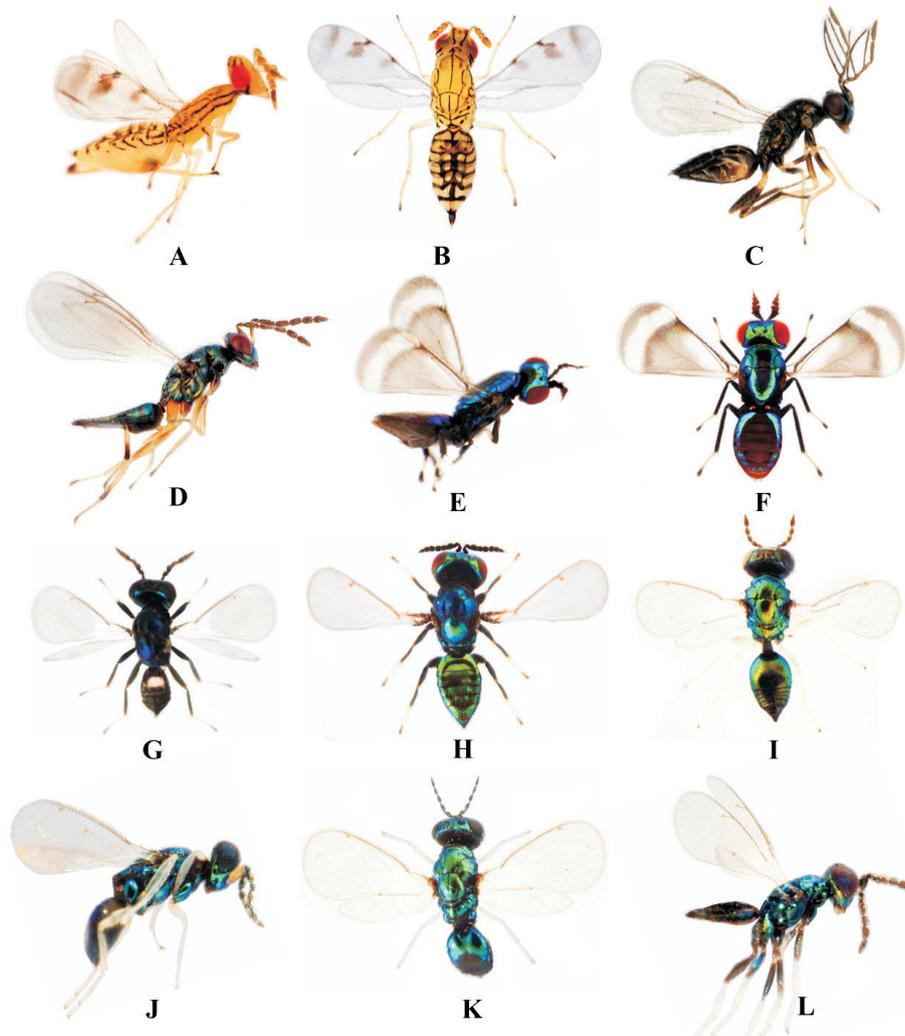


Figura 3. Especies de parasitoides de *Leucoptera coffeella* en el departamento de Antioquia. A. *Zagrammosoma multilineatum* ♂. B. *Zagrammosoma multilineatum* ♀. C. *Pnigalio sarasolai* ♂. D. *Pnigalio sarasolai* ♀. E. *Closterocerus coffeellae* ♂. F. *Closterocerus coffeellae* ♀. G. *Closterocerus lividus* ♂. H. *Closterocerus lividus* ♀. I. *Horismenus* sp. ♂. J - K. *Horismenus* n. sp., ♂. L. *Apleurotropis* n. sp., ♂.

De igual manera, Barrera (2008), Bustillo (2008), Lomelí-Flores *et al.* (2009), Constantino *et al.* (2011) señalan los géneros *Horismenus* y *Apleurotropis* como importantes agentes de control en otras regiones cafeteras de América, a pesar de haber obtenido un solo individuo en este estudio. Los resultados de Reis Junior *et al.* (2000b), Melo *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2007), Amaral *et al.* (2010) destacan al género *Horismenus* como un importante regulador de las poblaciones de minador en la caficultura de Brasil. *Horismenus* n. sp., y *Apleurotropis* n. sp., a pesar de ser los primeros registros para Colombia, deben ser consideradas especies de alta importancia ecológica en el agroecosistema cafetero.

De todas las especies de parasitoides halladas en este estudio, *C. coffeellae* fue la más abundante y *Horismenus* sp., *Horismenus* n. sp., y *Apleurotropis* n. sp., las menos abundantes. Estos resultados confirman los hallazgos de Cárdenas (1991) y Constantino *et al.* (2011) al registrar a *C. coffeellae* como parasitoides primario del minador de la hoja del café y considerarla como la más importante en Colombia, debido a su abundancia, distribución y adaptación. En este sentido, Pereira *et al.* (2007), Bustillo (2008), Lomelí-Flores *et al.* (2009), Ecoli *et al.* (2010) destacan la importancia de *C. lividus*, *P. sarasolai*, y *Z. multilineatum*, en el control natural de la plaga y sugieren deben ser consideradas como agentes primarios en la regulación de poblaciones de minador. De acuerdo con Flórez y Hernández (1981), pese a las bajas densidades de minador encontradas en algunas subregiones, los parasitoides son eficientes en la regulación de las poblaciones de la plaga en condiciones naturales, con una especialización y capacidad de búsqueda. Con los resultados de esta investigación se pudo corroborar la conjetura que en el departamento de Antioquia existían especies no registradas para Colombia de parasitoides de *L. coffeella*. Sin embargo, se sugiere seguir monitoreando aquellas fincas y distritos donde se encontraron estas dos nuevas especies (Figs. 3J-K, 3L).

Las especies de parasitoides de *L. coffeella* colectados e identificados en este estudio están conservadas en la colección entomológica de Cenicafé (Museo Entomológico Marcial Benavides) sistematizadas bajo los códigos MEMB 20169 hasta MEMB 20264.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos durante este diagnóstico indican que las poblaciones del minador del café, *L. coffeella* en Antioquia se encontraban bajo control natural durante el estudio por parte de un complejo de especies de parasitoides; los niveles de daño ocasionados por el minador de la hoja del café no superaron el nivel de daño económico y el parasitismo natural osciló entre 58 y 89% durante el periodo del estudio.

Es recomendable, hasta que se obtengan datos por un periodo mayor y con mayor frecuencia, antes de comenzar los periodos secos, realizar un ploteo en plantaciones de café de menos de dos años, manteniendo la cobertura de arvenses nobles (malezas) en las calles, para permitir la sobrevivencia y establecimiento de los enemigos naturales que controlan naturalmente el minador de la hoja del café, contribuyendo así a la sostenibilidad económica y ambiental de la zona cafetera. Este estudio deberá ser replicado en otros departamentos cafeteros de Colombia, con el fin de identificar nuevos enemigos naturales y alcanzar un mejor conocimiento de la dinámica poblacional de estos y de la plaga.

Agradecimientos

Al doctor Christer Hansson del Museo de Entomología y Ecología de la Universidad de Lunds en Suecia por su ayuda en la identificación de las especies de parasitoides. Al Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia y su Servicio de Extensión, Cooperativa de Caficultores de Antioquia y Cenicafé por su apoyo financiero y valiosa colaboración en esta investigación. Al investigador de Cenicafé Rubén Darío Medina Rivera por sus comentarios y contribuciones.

Literatura citada

- ALTIERI, M. A.; HECHT, S.; LIEBMAN, M.; MAGDOFF, F.; NORGAARD, R.; SIKOR, T. O. 1999. Agroecología "Bases científicas para una agricultura sustentable". Montevideo, Nordan-Comunidad. 338 p.
- ALVES, D. S.; OLIVEIRA, D. F.; CARVALHO, G. A.; DOS SANTOS JR, H. M.; CARVALHO, D. A.; SANTOS, M. A. I.; DE CARVALHO, H. W. P. 2011. Plant extracts as an alternative to control *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Neotropical Entomology 40 (1): 123-128.
- AMARAL, D. S.; VENZON, M.; PALLINI, A.; LIMA, P. C.; DESOUZA, O. 2010. A diversificação da vegetação reduz o ataque do bicho-mineiro-do-cafeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Neotropical Entomology 39 (4): 543-548.
- AMBROGI, B. G.; LIMA, E. R.; SOUZA-SOUTO, L. 2006. Efficacy of mating disruption for control of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). BioAssay 1 (8): 1-5.
- ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.; SALAZAR G., L. F.; HINCAPIÉ G., E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 309 p.
- ASSIS, G. A.; ASSIS, F. A.; SCALCO, M. S.; PAROLIN, F. J. T.; FIDELIS, I.; MORAES, J. C.; GUIMARÃES, R. J. 2012. Leaf miner incidence in coffee plants under different drip irrigation regimes and planting densities. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47 (2): 157-162.
- BACCA, T.; LIMA R., E.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; VIANA, J. H. M. 2008. Sampling plan for the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. Journal of Applied Entomology 132 (6): 430-438.
- BARRERA, J. F. 2008. Coffee pests and their management pp. 961-998. En: Capinera, J.L. Encyclopedia of Entomology. Springer. 4.346 p.
- BENAVIDES M., P.; GIL P., Z. N.; CONSTANTINO C., L. M.; VILLEGAS G., C.; GIRALDO J., M. 2013. Tomo 2. Plagas del café: broca, minador, cochinillas harinosas, arañita roja y monalonia pp. 225-232. En: CENICAFÉ. Manual del cafetero colombiano. Chinchiná, 349 p.
- BIGGER, M. 1973. An investigation by fourier analysis into the interaction between coffee leaf-miners and their larval parasites. The Journal of Animal Ecology 42 (2): 417-434.
- BORROR, D. J.; TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. 1989. An introduction to the study of insects (No. Ed. 6). Saunders College Publishing. 875 p.
- BUSTILLO P., A.E. 2008. El minador de la hoja del cafeto, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) pp. 360-363. En: Bustillo, P.A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná, FNC: Cenicafé, 466 p.
- BURKS, R. 2012. Key to the Nearctic genera of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). En: <http://www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoidea/>. [Fecha revisión: 09 agosto 2013].
- CÁRDENAS, R. 1991. El Minador de las hojas del Cafeto *Leucoptera coffeella* (Guerin-Mèneville) Lepidoptera: Lyonetiidae. Boletín técnico/Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (14): 1-31.

- CARVALHO, G. A.; MIRANDA, J. C.; VILELA, F. Z.; MOURA, A. P.; MORAES, J. C. 2004. Impacto de inseticidas sobre vespas predadoras e parasitoides e sua eficiência no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Arquivos do Instituto Biológico 71 (1): 63-70.
- CONSTANTINO, L. M.; FLÓREZ, J. C.; BENAVIDES, P.; BACCA, T. 2011. Minador de las hojas del café: Una plaga potencial por efectos del cambio climático. *Cenicafé, Avances Técnicos* N° 409. Chinchiná, Colombia. 12 p.
- DA PALMA-SANTOS, M. C.; PÉREZ-MALUF, R. 2010. Comunidade de parasitoides associada à cultura do café em Piata, Chapada Diamantina, BA. *Revista Ceres* 57 (2): 194-197.
- DE LA MORA, A.; LIVINGSTON, G.; PHILPOTT, S. M. 2008. Arboreal ant abundance and leaf miner damage in coffee agroecosystems in Mexico. *Biotropica* 40 (6): 742-746.
- ECOLI, C. C.; MORAES, J. C.; VILELA, M. 2010. Suplementos alimentares e isca tóxica no manejo do bicho-mineiro e de seus inimigos naturais. *Coffee Science* 5 (2): 167-172.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. FNC. 2013. LXXIX Congreso Nacional de Cafeteros. Por una caficultura competitiva. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá. 140 p.
- FERNANDES, F. L.; BACCI, L.; FERNANDES, M. S. 2010. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *Entomo Brasiliis* 3 (1): 1-10.
- FLÓREZ, E.; HERNÁNDEZ, M. R. 1981. Fluctuación de la población del minador de las hojas del café, *Leucoptera coffeella* y de sus enemigos naturales en el Valle del Cauca. *Revista de la Sociedad Colombiana de Entomología* 7 (3): 29-38.
- FRAGOSO, D. B.; JUSSELINO, P. F.; PALLINI, A. F.; BADJI, C. A. 2002a. Ação de inseticidas organofosforados utilizados no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) sobre o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology* 31 (3): 463-467.
- FRAGOSO, D. B.; GUEDES, R. N.; LADEIRA, J. A. 2003. Selection in the evolution of resistance to organophosphates in *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Neotropical Entomology* 32 (2): 329-334.
- FRAGOSO, D. B.; GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C.; ZAMBOLIM, L. 2002b. Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research* 92 (3): 203-212.
- GIBSON, G. A.; HUBER, J. T.; WOOLLEY, J. B. 1997. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera) (Vol. 40392). Ottawa: NRC Research Press. 794 p.
- GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. 2008a. Climate change and plant diseases. *Scientia Agricola* 65 (SPE): 98-107.
- GHINI, R.; HAMADA, E.; JÚNIOR, P.; JOSÉ, M.; MARENGO, J. A.; GONÇALVES, R. R. D. V. 2008b. Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43 (2): 187-194.
- GREEN, D.S. 1984. A proposed origin of the coffee leaf-miner, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of the ESA* 30 (1): 30-31.
- GUERREIRO-FILHO, O. 2006. Coffee leaf miner resistance. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18 (1): 109-117.
- HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. 2006. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologias de elaboração de mapas. *Engenharia Ambiental* 3 (2): 73-85.
- HANSON, P. E.; GAULD, I. D. 1995. The Hymenoptera of Costa Rica. I. D. Gauld (Ed.). Oxford: Oxford University Press. 893 p.
- IDEAM. 2007. Información técnica sobre gases de efectos invernadero y el cambio climático. 97 p.
- LOMELÍ-FLORES, J. R.; BARRERA, J. F.; BERNAL, J. S. 2009. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, Mexico. *Biological Control* 51 (1): 51-60.
- MALO, E. A.; ROJAS, J. C.; LOPEZ-GUILLEN, G.; BARRERA, J. F. 2009. Chemical analysis of female volatiles and field response of the coffee leafminer moth (Lepidoptera: Lyonetiidae) to stereoisomers of its major sex pheromone component. *Florida Entomologist* 92(4):548-553.
- MELO, T. L.; CASTELLANI, M. A.; NASCIMENTO, M. L.; MENEZES JUNIOR, A. O.; PINTO FERREIRA, G. F.; LEMOS, O. L. 2007. Parasitoid communities of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) in coffee plants in the western and southwestern regions of Bahia state, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia* 31 (4): 966-972.
- MICHEREFF, M. F. F.; MICHEREFF-FILHO, M.; VILELA, E. F. 2007. Comportamento de Acasalamento do Bicho-Mineiro-do-Cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Neotropical Entomology* 36 (3): 376-382.
- MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DO BRASIL. Agrofít. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. En: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons. Consultado el 10 de julio de 2014.
- NEVES, A. D.; OLIVEIRA, R. F.; PARRA, J. R. 2006. A new concept for insect damage evaluation based on plant physiological variables. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78 (4): 821-835.
- PARRA, J. R. P. 1985. Biología comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia* 29 (1): 45-76.
- PARRA, J. R. P.; HADDAD, M. L.; SILVEIRA NETO, S. 1995. Tabela de vida de fertilidade de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) em três temperaturas. *Revista Brasileira de Entomologia* 39 (1): 125-129.
- PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SILVA, É. M.; FERNANDES, F. L. 2007. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeellae* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. *Biocontrol Science and Technology* 17 (5): 441-455.
- REIS JUNIOR, R.; LIMA R., E.; VILELA, E. F.; BARROS, R. S. 2000a. Method for maintenance of coffee leaves *in vitro* for mass rearing of *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29 (4): 849-854.
- REIS JUNIOR, R.; SOUZA, O. D.; VILELA, E. F. 2000b. Predators impairing the natural biological control of parasitoids. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29 (3): 507-514.
- SOUZA, J. C.; REIS, P. R., 1992. Bicho mineiro: Biologia, danos e manejo integrado. Belo Horizonte, Epamig, 67p. (Boletim Técnico, 37).
- SCALON, J. D.; AVELAR, M. B. L.; ALVES, G. D. F.; ZACARIAS, M. S. 2011. Spatial and temporal dynamics of coffee-leaf-miner and predatory wasps in organic coffee field in formation. *Ciência Rural* 41 (4): 646-652.
- SHARKEY, M. J. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. F. Fernández (Ed.). Bogotá. CDC: Sociedad Colombiana de Entomología. 894 p.
- VEGA, F. E.; POSADA, F.; INFANTE, F. 2006. Coffee insects: ecology and control. *Encyclopedia of pest management*. 1-4 p.
- WALTHER, G. R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T. J.; BAIRLEIN, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416 (6879): 389-395.

Recibido: 22-feb-2015 • Aceptado: 18-nov-2015

Citación sugerida:

DAVID-RUEDA, G.; CONSTANTINO, L. M.; MONTOYA, E. C.; ORTEGA M, O. E.; GIL, Z. N.; BENAVIDES-MACHADO, P. 2016. Diagnóstico de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 42 (1): 4-11. Enero-Junio 2016. ISSN 0120-0488.