USO POTENCIAL DE *Hermetia illucens* (LINNAEUS) (DIPTERA: STRATYIOMIDAE) PARA TRANSFORMACIÓN DE PULPA DE CAFÉ: ASPECTOS BIOLÓGICOS

Marisol Giraldo Jaramillo*, Nelson Rodríguez Valencia**, Pablo Benavides Machado*

GIRALDO J., M.; RODRÍGUEZ V., N; BENAVIDES M., P. Uso potencial de *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratyiomidae) para transformación de pulpa de café: Aspectos biológicos. Revista Cenicafé 70(2):81-90. 2019

La conversión de materia orgánica con el uso de organismos ha tenido un amplio desarrollo en las últimas décadas. La mosca soldado negra *Hermetia illucens*, por contener proteínas y grasas, se ha considerado como alimento para animales. El objetivo de la presente investigación fue determinar el desarrollo de *H. illucens* en pulpa de café bajo condiciones controladas y realizar la descripción morfológica de sus estados biológicos. El trabajo se desarrolló a una temperatura de 25±2°C, humedad relativa de 80%±10% y fotoperíodo 12:12. Se realizó seguimiento diario para obtener las variables: longevidad y sobrevivencia (%) de cada uno de los estados biológicos, incluyendo los adultos machos y hembras y razón sexual. Se obtuvo el ciclo completo de *H. illucens* en pulpa de café. Los análisis descriptivos de las variables mostraron una duración en días del período de incubación de 3,06±0,09, la fase larval de 22,83±0,17 y la pupa de 19,92±0,17, con una viabilidad total (huevo-adulto) de 80% y una longevidad de los adultos hembras y machos de 10,43±0,48. Se describieron los estados biológicos de huevo, larva, pupa y adultos. Los resultados de esta investigación soportan apuestas futuras de proyectos de desarrollo tecnológico que permitan la cría de la mosca *H. illucens* para alimentación animal y el uso de los subproductos en fertilización de cultivos orgánicos.

Palabras clave: Mosca soldado negra**,** conversión materia orgánica, proteína animal, residuos orgánicos.

POTENTIAL USE OF *Hermetia illucens* (LINNAEUS) (DIPTERA: STRATYIOMIDAE) FOR THE TRANSFORMATION OF COFFEE PULP: BIOLOGICAL ASPECTS

The conversion of organic matter using organisms has had a remarkable development in the last decades. The black soldier fly *Hermetia illucens* is considered for animal nutrition due to its protein and fat contents. The objective of this research was to determine the development of *H. illucens* on coffee pulp under controlled conditions and to describe the morphology of its life stages. This study was carried out at a temperature of 25±2°C, 80%±10% of relative humidity and a 12h:12h photoperiod. A daily follow up was performed to the insects in order to obtain the variables: longevity and survival (%) for each biological stage, including adult males and females, and the estimation of its sexual rate. The entire life cycle of *H. illucens* was accomplished on coffee pulp. The descriptive analyses of the variables showed an average duration in days of 3.06±0.09 for egg incubation, 22.83±0.17 for the larval stage, 19.92±0.17 for pupae, with a total viability (adult egg) of 80% and 10.43±0.48 adult longevity (male and female). All life stages eggs, larvae, pupae and adults were described. The results of this research support future research on development technology projects to rear *H. illucens* for animal nutrition and the use of its subproducts in fertilization of organic farming.

Keywords: Black soldier fly, organic matter conversion, animal protein, organic waste.

*Investigador Científico I e Investigador Científico III, respectivamente. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

**Investigador Científico III. Disciplina de Poscosecha, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

Con una proyección de la población mundial de 9.700 millones de personas para el año 2050 (UN, 2015), se espera un aumento en la demanda por alimentos, generando impactos negativos en el ambiente por la intensificación de la producción agropecuaria y la mayor producción de residuos orgánicos (Rehman *et al.,* 2017). El manejo inadecuado de los mismos generaría productos perjudiciales para el ambiente (Aguirre-Villegas y Larson, 2017).

La conversión de materia orgánica usando organismos ha tenido un amplio desarrollo en las últimas décadas (Aguirre-Villegas y Larson, 2017; Diener *et al.,* 2011); los ejemplos más relevantes son el uso de lombrices y microorganismos en la producción de abono orgánico rico en nutrientes para usos agrícolas (Rendón *et al.,* 2015). Así, el empleo de insectos ha tomado importancia ya que ayuda en la conversión de residuos en la producción agropecuaria y proveen proteína para la alimentación de animales de corral (aves, cerdos y peces) (Barragan-Fonseca *et al.,* 2017) y a futuro para humanos (Wang y Shelomi, 2017).

La mosca soldado negro *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758), es un insecto perteneciente a la familia Stratyiomidae del orden Diptera, originaria de América (Triplehorn y Johnson, 2005). Los adultos viven, se aparean y ponen sus huevos en grietas y hendiduras cerca del hábitat de las larvas y pueden alimentarse de estiércol, carne en descomposición o frutas y vegetales (Gobbi *et al.,* 2013). Este insecto se considera benéfico en las instalaciones de animales (aves de corral, porcinos), por su hábito de colonizar residuos animales (Sheppard *et al.,* 1983), ayudando a reducir la presencia de la mosca casera *Musca domestica* y atenuando hasta en 50% la masa acumulada de estiércol (Sheppard, 1983). Adicionalmente favorece la disminución de los niveles de *Escherichia coli* en el estiércol (Erickson *et al.,* 2004; Liu *et al.,* 2008) y las larvas pueden digerir los residuos sólidos resultantes de la producción agrícola de banano, palma de aceite y café (Hem *et al.,* 2008; Larde, 1990). Las larvas y pre-pupas poseen alrededor de 62% de proteína cruda y hasta 39% de grasa y no almacenan pesticidas o micotoxinas, por lo cual, a pesar de que se requieren más estudios nutricionales (Barragán-Fonseca *et al.,* 2017; Wang y Shelomi, 2017), se consideran una opción para alimento de aves de corral, cerdos y peces (Newton *et al.,* 1977; Sheppard *et al.,* 1994).

Diversos trabajos han sido desarrollados para determinar aspectos básicos del ciclo de vida y metodología de cría en diferentes dietas (Tingle *et al.,* 1975). Cinco días posteriores a la emergencia de los adultos se presenta la cópula, ocurriendo un período de pre-oviposición de 2 a 4 días (Tomberlin *et al.,* 2005). La hembra puede depositar un promedio de 600 huevos (Sheppard, 1983), los cuales pasan por un período de incubación de 3 a 4 días (Gobbi *et al.,* 2013). Las larvas alcanzan el estado de pupa en 14 días aproximadamente a 30°C (Furman *et al.,* 1959). Sheppard *et al.* (2002) determinaron que la duración de la fase de pupa es de 10 a 14 días en temperaturas entre 27 y 30°C; los adultos no necesitan alimentarse y el suministro de agua incrementa su longevidad (Tomberlin *et al.,* 2005).

La producción cafetera emplea el 5% (Rodríguez y Zambrano, 2010) de la biomasa total para obtener la bebida, quedando un 95% en otras estructuras de la planta. Cuando se realiza la cosecha de los frutos de café se genera la pulpa, la cual resulta de la remoción de exocarpio que representa el 44% del peso de los frutos (Montilla *et al.,* 2008). Este material puede ser usado como fertilizante (Rendón *et al.,* 2015), alimento (Franco *et al.,* 1973) y producción de biocombustibles (Rodríguez y Zambrano, 2011), pero debe ser

transformada mediante compostaje (Rendón *et al.,* 2015). Cada millón de sacos de 60 kg de café almendra, generarían 162.900 toneladas de pulpa fresca, la cual debe manejarse adecuadamente para evitar contaminación (Rodríguez y Zambrano, 2010).

Por lo anterior, es importante considerar el uso de *H. illucens* en el proceso de conversión de la pulpa de café ya que podría generar un fertilizante orgánico (Arcila y Farfán, 2007; Uribe y Salazar, 1983), mejoraría las condiciones del suelo (Suárez, 2001) y proveería larvas con un contenido proteico para complementar la alimentación de aves de corral, cerdos y peces en la caficultura colombiana.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la capacidad de desarrollo de *H. illucens* en pulpa de café como sustrato alimenticio bajo condiciones controladas, con el fin de establecer las bases para proyectos posteriores de desarrollo tecnológico en la producción de insectos para alimentación pecuaria y transformación de pulpa de café en materia orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Disciplina de Entomología de Cenicafé, en el municipio de Manizales, departamento de Caldas, bajo condiciones controladas de cuarto de cría con temperatura 25±2°C, humedad relativa de 80%±10% y fotoperíodo 12:12. Los insectos con los que se inició la cría se recolectaron sobre pulpa de café de fincas cafeteras localizadas en el municipio de San José (Caldas).

Ciclo de vida de *H. illucens.* Se evaluó en un sustrato alimenticio de pulpa de café, la cual se obtuvo en las instalaciones de Cenicafé. Inicialmente se conformaron diez parejas de machos (♂) y hembras (♀) adultas, de 12 horas de edad, las cuales se ubicaron en tres cajas acrílicas de 8 cm de alto x 11 cm de ancho y 21 cm de largo, que contenían 100 g de pulpa de café cada una y tres capas de tiras de cartón corrugado alrededor, dentro de jaulas de tul de 50 x 50 x 50 cm.

A partir de las posturas obtenidas en el papel corrugado de cartón, se seleccionaron 100 huevos. Para obtener la duración de los estados biológicos se evaluó diariamente la incubación de los huevos y posterior muda de los individuos. Al momento de la eclosión, las larvas se individualizaron en vasos plásticos de 474 mL perforados en la base, conteniendo 50 g de pulpa de café y tapados con malla tipo tul. Se suministró nuevo sustrato cada siete días con el fin de procurar alimento; posteriormente, las pupas se retiraron del sustrato y se acondicionaron sobre papel filtro humedecido, cubriéndolas con vasos de plástico de 3mL hasta obtener los adultos.

A la emergencia de los adultos, estos se separaron por sexo, observando la terminación del abdomen de acuerdo con Rozkosny (1983) y Üstüner *et al.* (2003) (Figura 1). Para determinar la longevidad de los adultos se conformaron 20 parejas de edad similar, confinándolas en las jaulas de tul descritas anteriormente, con dos cajas acrílicas con pulpa de café. Diariamente se determinó el número de machos y hembras muertos.

Variables evaluadas. Duración de cada uno de los estados biológicos de huevo, larva y pupa, sobrevivencia (%) de cada estado, longevidad de machos y hembras y razón sexual (RS), donde, RS = (#♀/#♀+#♂).

Se realizó un análisis descriptivo para cada una de las variables, medidas de tendencia central y variación.

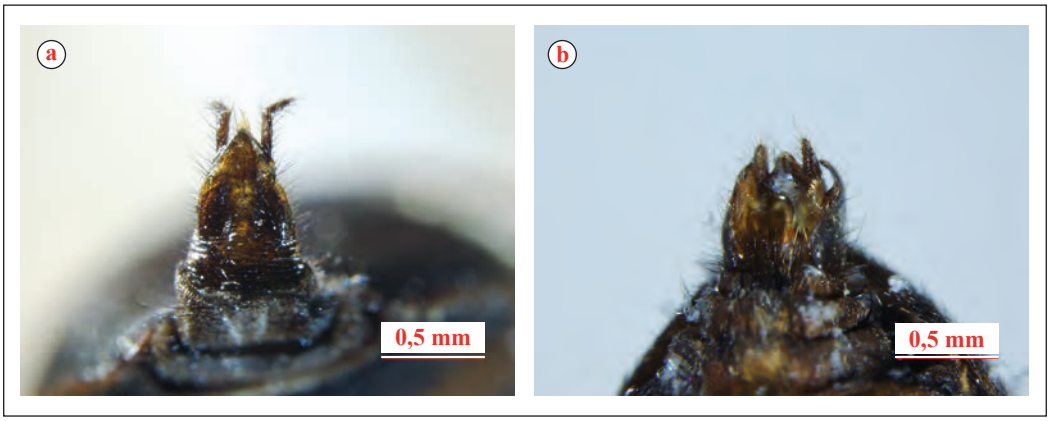

Figura 1. Vista ventral del último segmento abdominal de *Hermetia illucens* a) Hembra, b) Macho. Barra de escala: 0,5 mm. Fotografía J.C. Ortiz, 2018.

De forma complementaria se realizó la descripción morfológica general de cada uno de estados biológicos: huevo, larva, pupa y adulto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos biológicos: Ciclo de vida de *Hermetia illucens*

El método de cría que se estableció para mantener la colonia de *H. illucens* en pulpa de café permitió la cópula y oviposición. Contrario a lo reportado por otros autores, no fue necesario mantener las crías en espacios mayores a 16 m^3 como lo sugieren Tingle *et al.* (1975) y Tomberlin *et al.* (2002). A pesar de que en este estudio no se contabilizaron las cópulas, el cortejo y apareamiento, el promedio de huevos por hembra y número de posturas, Booth y Sheppard (1984) y Tomberlin y Sheppard (2001) calculan una capacidad de producir entre 500 y 700 huevos por hembra en varias posturas. Los resultados obtenidos indican que la pulpa de café es un sustrato viable para la producción de *H. illucens* (Figura 2) y permite la obtención de los parámetros de vida del insecto.

Una vez obtenidos los huevos, se determinó el período de incubación de *H. illucens* en 3,06 días, con el 98% de los huevos viables (Tabla 1). La hembra oviposita sobre la pulpa de café en grupos de más de 20 huevos por postura. Estos resultados concuerdan con los reportes de Sheppard *et al.* (2002) y de Tomberlin *et al.* (2005), sobre dieta artificial de maíz.

Se determinó que en pulpa de café la duración del estado larval de *H. illucens* fue de 22,83 días (Tabla 1), resultados similares a los registrados por Tomberlin *et al.* (2002), quienes obtuvieron un promedio de 20,1±0,32 a 27°C, en dieta de harina de maíz y alfalfa, y por Gobbi *et al.* (2013), quienes reportan una duración que varía en función del alimento suministrado entre 15 a 33 días. La viabilidad de la fase larval fue del 85%. Sin embargo, se observó mortalidad de larvas cuando la pulpa de café estaba saturada de agua, situación también reportada por Sheppard *et al.* (2002) en una dieta compuesta por 50% de salvado de trigo, 30% de harina de alfalfa y 20% de harina de maíz saturada con agua. En este estudio no se evaluaron el número de instares larvales; sin embargo, varios autores reportan un total de cinco estadios larvales (Hall *et*

al., 2002; Myers *et al.,* 2008). Al finalizar la fase larval, estas abandonaron la pulpa de café saliendo de las cajas en búsqueda de sitios secos, oscuros y protegidos; en esta fase fue importante suministrar este ambiente como requisito para el desarrollo de la fase de prepupa, la cual inició al endurecerse la cutícula.

El tiempo de desarrollo de la pupa fue de 19,92 días, con una viabilidad del 95% (Tabla 1); el 5% de mortalidad ocurrió por contaminación por microorganismos. Tomberlin *et al.* (2009) reportan que esta fase dura en promedio 17,8±0,74 días, con una viabilidad superior al 90%. No se encontraron pupas con malformaciones, lo que sugiere que el sustrato alimenticio fue adecuado y que no se afectó la tasa de crecimiento de los insectos criados (De Hass *et al.,* 2006). En consecuencia, el porcentaje de supervivencia de larva a adulto fue del 81%, valor superior al reportado por Myers *et al.* (2008), quienes obtuvieron un 37%.

Con los adultos emergidos se calculó la razón sexual (RS) de 0,55 similar a la reportada por Gobbi *et al.* (2013) cuando comparó tres tipos de dieta con fuentes proteicas diferentes.

El promedio de la longevidad de los adultos fue similar para machos y hembras en el sustrato de pulpa de café (Tabla 1). Para machos, el 50% acumulado murió entre los días 12 y 13, mientras que las hembras lo hicieron entre los 13 y 14 (Figura 3). Se obtuvieron resultados similares a los reportados por Tomberlin *et al.* (2009), quienes reportan que la duración de los adultos alimentados con dieta artificial de harina de maíz y alfalfa, a temperaturas entre 27-30°C, fluctuó entre 12,4 y 17,4 días. Myers *et al.* (2008) encontraron que la longevidad promedio estuvo entre 9,72 y 14,71 días para ambos sexos, cuando fueron alimentados con diferentes proporciones de estiércol de ganado y residuos de cosecha de maíz. Es importante precisar que los adultos no se alimentaron, solo consumieron agua.

Las hembras presentaron un período de preoviposición de dos a tres días, este resultado fue también registrado por Tomberlin *et al.* (2002) y Sheppard *et al.* (1994) quienes mencionan que la oviposición inicia de tres a cuatro días después de la emergencia del adulto.

La duración total del ciclo desde huevo hasta adulto fue de 45,75 días, valor superior a los reportes de otros autores, quienes lo estimaron entre 38 y 43 días en diferentes sustratos alimenticios y temperaturas entre 25 a 30°C (Rehman *et al.,* 2017; Sheppard *et al.,* 2002; Tomberlin *et al.,* 2005; Tomberlin y Sheppard, 2002). Los resultados discutidos indican que la diferencia radica en la duración de las fases de larva y pupa, ya que en el sustrato de pulpa de café se tardaron casi dos días para cada una de estas fases, lo cual puede estar relacionado con el sustrato de alimentación y las condiciones de temperatura y humedad utilizadas en el presente trabajo.

Descripción de *Hermetia illucens*

Huevo. Los huevos son de forma ovoide, de 1,0 ± 0,01 mm de longitud, coloración variable, de blanco a amarillo claro, y textura lisa. A medida que avanza la incubación, el color de los huevos se va acentuando a amarillo claro, después de 60 horas pueden observarse los ojos (manchas rojas) y a las 72 horas se aprecia la cápsula cefálica (Figura 4a).

Larvas. Son de coloración café oscura a café claro opaco, cuando se encuentran próximas a empupar miden entre 2,7 a 3,0 cm. La cápsula cefálica es parcialmente expuesta y las mandíbulas tienen formato falciforme, la estructura general de la larva es apoda, alargada fusiforme y deprimida dorso ventralmente; el tegumento endurecido es formado por placas

Figura 2. Pulpa de café degradada y pupas de *Hermetia illucens*. Fotografía L. Quintero.

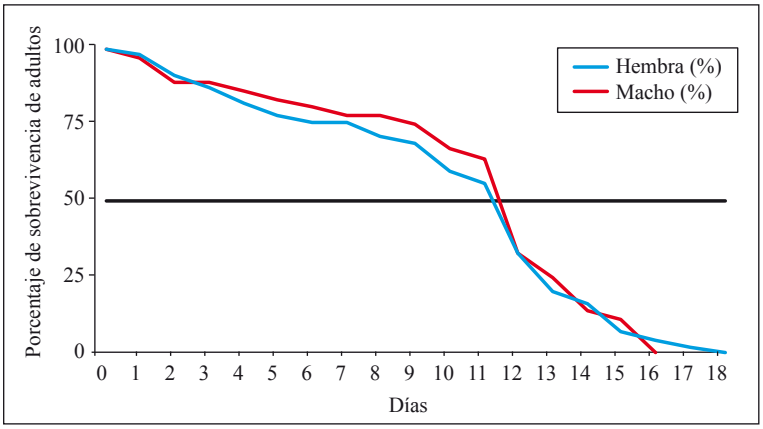

Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia de adultos de *Hermetia illucens* de acuerdo al sexo, en pulpa de café en el laboratorio. Temperatura 25±2°C, humedad relativa de 80%±10% y fotoperíodo 12:12.

Tabla 1. Duración (días ± EE*) y viabilidad (%) de los diferentes estados biológicos *de Hermetia illucens* en pulpa de café en condiciones de laboratorio. Temperatura 25±2°C, humedad relativa de 80%±10% y fotoperíodo 12:12.

Parámetro	Número de individuos (n)	Duración (días)	Viabilidad (%)
Período de incubación (días)	100	3,06±0,09	98
Período larval	98	22,83±0,17	85
Período pupal	84	19,92±0,17	95
Duración total (huevo-adulto)	84	45,75±0,24	-
Viabilidad total estados inmaduros	84	-	80
Hembras	45	10,54±0,72	
Machos	36	9,84±0,51	

* E.E.: Error estándar.

calcáreas, redondeadas, con segmentación visible en el extremo anterior ahusado y el posterior redondo, dividiéndose en tres regiones: cápsula cefálica (CC), tres segmentos torácicos (ST) y ochos segmentos abdominales (SA) (Figura 4b). De acuerdo con Rozkosny (1983), existe diferencia en cuanto a la quetotaxia de los segmentos torácicos y abdominales, y a medida que avanza en edad el tegumento es más esclerotizado. Presenta seis instares larvales (Tomberlin y Sheppard, 2002).

Pupas. Son formadas con la exuvia del último instar larval. Las pupas son de tipo coartada y coloración café oscura (Figura 4c y 4d).

Adulto. En general, tiene un tamaño promedio de 22,0±0,02 mm para hembras y 16,0±0,01 mm para machos, son negros a café claro. Los especímenes pertenecientes a la familia Stratiomyidae presentan como característica típica en las alas una celda discal redondeada y algunas ramas de la vena M, que no alcanza las márgenes del ala, la celda M_3 abierta y las venas R_5 o R_{4+5} terminan en el ápice del ala (Figura 5a). A nivel de especie, estas moscas presentan el primer segmento abdominal de coloración más clara que el resto del abdomen (Figura 5b y 5c), llamadas espejos, cuya función es desconocida (Üstüner *et al.,* 2003).

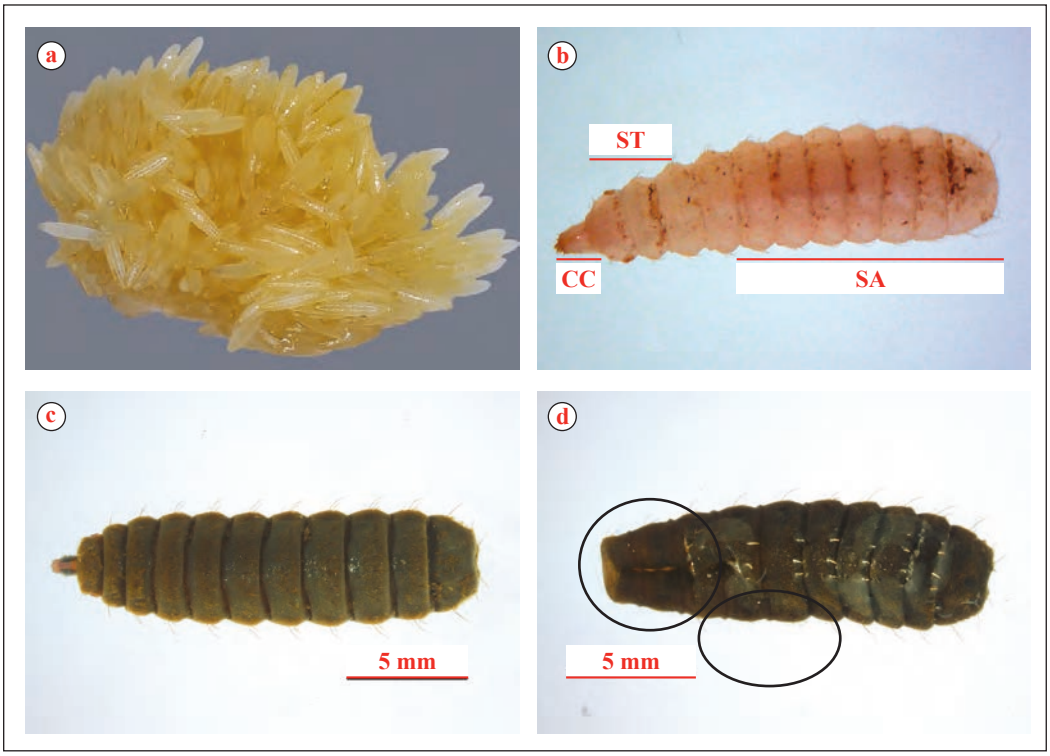

Figura 4. a). Detalle de masa de huevos; b). Detalle de larva y sus tres regiones; cc: cápsula cefálica, ST: segmentos torácicos, SA: segmentos abdominales; c). Pupa; d) Detalle de la exuvia pupal con orificio de salida del adulto de *Hermetia illucens*. Barra de escala: A: 1 mm, b, c y d: 5 mm. Fotografías: a). L. Barros y L. Rossi; b, c, d) J.C. Ortiz. La escala es 5 mm. Fotografía J. C Ortiz, 2019.

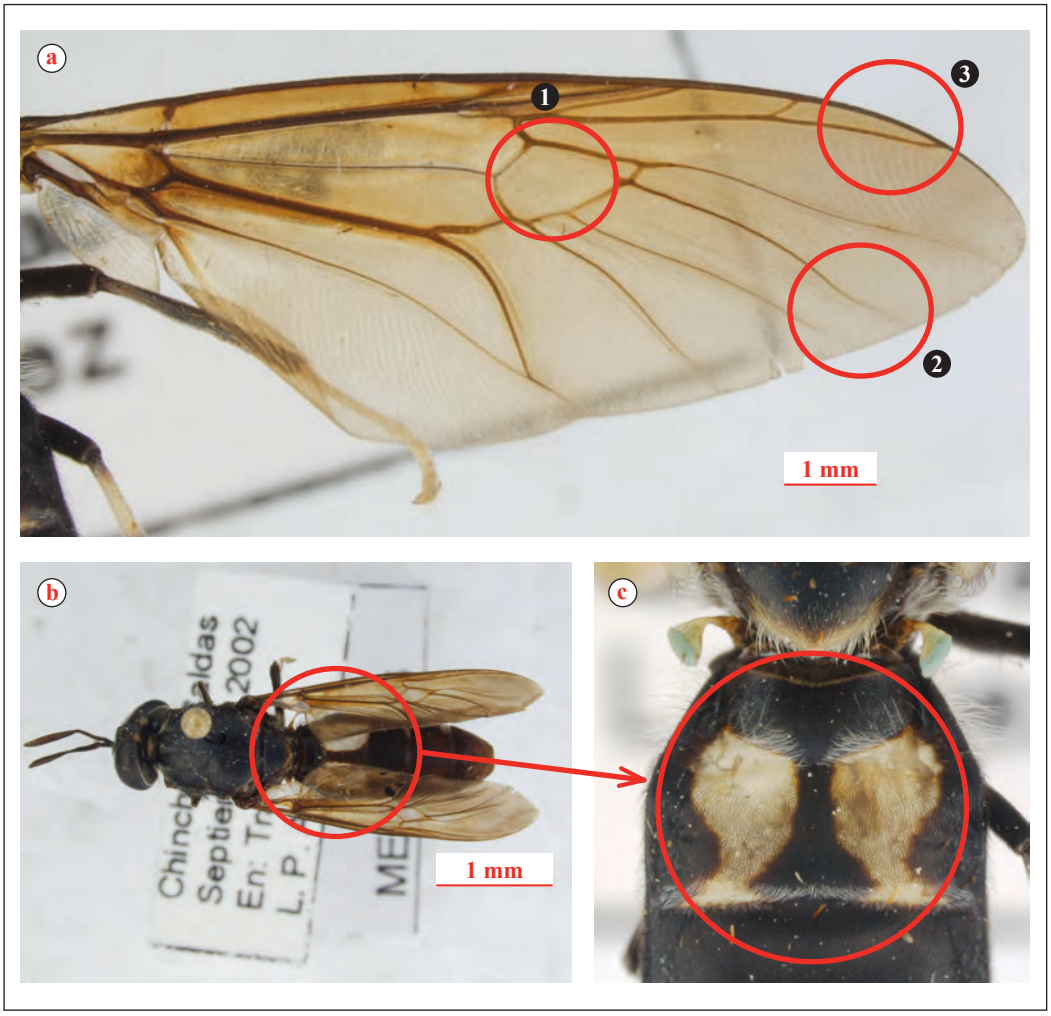

Figura 5. Adultos de *Hermetia illucens*. a) Ala, 1. Celda discal redondeada, 2. Algunas ramas de la vena M: M_1 y M_2, 3. Vena R_{4+5}; b) Detalle del cuerpo vista dorsal (♀); c) Abdomen con detalle de los espejos (♂). Barra de escala: 1 mm. Fotografía J. C Ortiz, 2019.

Puede concluirse que *H. illucens* se desarrolló sobre el sustrato alimenticio de pulpa de café, abriendo la posibilidad para establecer las bases para proyectos de desarrollo tecnológico en la producción de insectos para alimentación pecuaria y transformación de pulpa de café en materia orgánica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a ingeniera química Laura Quintero; a los doctores Laura Barros y Leo Rossi, y al señor Juan Carlos Ortiz por las imágenes fotográficas; al señor Samuel Castañeda por el apoyo con la

pulpa de café. Esta investigación fue realizada con recursos de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

LITERATURA CITADA

Aguirre-Villegas, H.A., & Larson, R.A. (2017). Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. *Journal of cleaner production*, 143, 169-179.

Arcila, J., & Farfán, F.F. (2007). Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca. En: J. Arcila, F.F. Farfán., A. Moreno., L.F. Salazar., & E. Hincapié (Eds.), Sistemas de producción de café en Colombia (pp.201-232). Manizales: Cenicafé.

Barragán-Fonseca, K.B., Dicke, M., & Van Loon, J.J.A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (Hermetia illucens L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of insects as food and feed*, 3(2), 105-120.

Booth, D.C., & Sheppard, D.C. (1984). Oviposition of the black soldier fly Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing and site characteristics. *Environmental Entomology,* 13, 421-423.

De Haas, E.M., Wagner, C., Koelmans, A.A., Kraak, M.H.S., & Admiraal, W. (2006). Habitat selection by chiromid larvae: fast growth requires fast food. *Journal Animal Economic*, 75, 148-155.

Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste and biomass valorization*, 2, 357-363.

Erickson, M., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., & Doyle, M. (2004). Reduction of *Escherichia coli* O157 and *Salmonella enteriaca* Serovar Enteriditis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of food protection*, 67, 685-690.

Franco, A. C., Gallo, C. A., & López, A. R. (1973). Efecto de la pulpa de café en el aumento de peso de los cerdos. *Revista Cenicafé*, 24(2): 33-46.

Furman, D.P., Young, R.D., & Catts, E.P. (1959). *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal Economic Entomology*, 52, 917-921.

Gobbi, P., Martínez-Sánchez, A., Rojo, S. (2013). The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 110(3), 461-468.

Hall, D.C, & Gerhardt, R.R. (2002). Flies (Diptera). En: G. Mullen., & L. Durden (Eds.), *Medical and veterinary Entomology*. (pp 127-161). San Diego: Academic Press.

Hem, S., Toure, S., Sagbla, C., & Legendre, M. (2008). Bioconversion of palm kernel meal for aquaculture. Experiences from the forest region (Republic of Guinea). *African journal of biotechnology*, 7, 1992-1198.

Larde, G. (1990). Recycling of coffee pulp by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Biological wastes*, 33, 307-310.

Liu, Q.L., Tomberlin, J.K., Brady, J.A., Sanford, M.R., & Yu, Z.N. (2008). Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environmental Entomology*, 37, 1525-1530.

Myers, H., Tomberlin, J.K., Lambert, B.D., & Kattes, D. (2008). Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed diary manure. *Environmental Entomology*, 37 (1):11-15.

Montilla, P. J., Arcila, P. J., Aristizábal, L. M., Montoya, R. E., Puerta, Q. G. I., Oliveros, T. C. E., & Cadena, G. G. (2008). Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Revista Cenicafé*, 59 (2), 120-142.

Newton, G.L., Boora, C.V., Barker, R.W., & Hale, O.M. (1977). Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal Animal Science,* 44, 395-400.

Rehman, K.U., Rehman, A., Cai, M., Zheng, L., Xiao, X., Somroo, A.A., Wang, H., Li, W., Yu, Z., & Zhang, J. (2017). Conversion of mixtures of dairy manure and soybean curd residue by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). *Journal of cleaner production*, 154, 366-373.

Rendón, J. R., García, J. C., González, H., & Ramírez, J. J. (2015). Análisis técnico del proceso de lombricultura en pulpa de café para la producción de abono orgánico. *Revista Cenicafé*, 66(2): 7-16.

Rodríguez, N. & Zambrano, D. A. (2010). Los subproductos del café: Fuente de energía renovable. *Avances Técnicos Cenicafé*, 393, 1-8. Recuperado de http://hdl.handle.net/10778/351

Rodríguez, N. & Zambrano, D. A. (2011). Producción de alcohol a partir del mucilago del café. *Revista Cenicafé*, 62(1), 56-69.

Rozknosny, R. (1983). A biosystematics study of the European Stratiomyidae (Diptera). Vol. 2. *Clitellariinae, Hermetiinae, Pachygastrinae*. Series entomologicas. The Hague: Dr. W. Junk Publishers.

Sheppard, D.C. (1983). House fly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. *Environmental Entomology*, 12, 1439-1442.

Sheppard, D.C., Newton, G.L., & Thompson, S.A. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50, 275-279.

Sheppard, D.C.; Tomberlin, J.K.; Joyce, J.A.; Kiser, B.C.; & Summer, S.M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal Medical Entomology*, 39(4), 695-698.

Suárez, S. (2001). La materia orgánica en la nutrición del café y el mejoramiento de los suelos de la zona cafetera. *Avances Técnicos Cenicafé*, 283, 1-8.

Tingle, F.C., Mitchell, E.R., & Copeland, W.W. (1975). The soldier fly, *Hermetia illucens,* in poultry houses in North Central Florida. *Journal Georgia Entomological Society*, 10, 179-183.

Triplehorn, C.A., & Johnson, N.F. (2005). *Borror and Delong´s introduction to the study of insects*. 7th editions. California: Thomson Brooks/Cole.

Tomberlin, J.K., Adler, P., & Myers, H.M. (2009). Development of the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(3), 930-934.

Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C., & Joyce, J.A. (2005). Black soldier flies (*Diptera: Stratiomyidae*) colonization of pig carrion in South Georgia. *Journal Forensic Science*, 50, 152-153.

Tomberlin, J.K., & Sheppard, D.C. (2002). Factor influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal Entomological Science*, 37, 345-352.

Tomberlin, J.K., & Sheppard, D.C. (2001). Lekking behavior of the black soldier fly Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist*, 84, 729-730.

Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C., & Joyce, J.A. (2002). Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of entomological society of America*, 95, 379-386.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, (ST/ESA/SER.A/366).

Uribe, H. A., & Salazar, A. J. N. (1983). Influencia de la pulpa del café en la producción del cafeto. *Revista Cenicafé*, 34(2): 44-58.

Üstüner, T., Hasbenli, A., & Rozkosny, R. (2003). The first record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) from the near east. *Studia dipterologica*, 10, 181-185.

Wang, Y.S., & Shelomi, M. (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, 6(91), 1-23.