

# Parasitismo de *Billaea claripalpis* (Diptera: Tachinidae) sobre larvas de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae)

## Parasitism of *Billaea claripalpis* (Diptera: Tachinidae) on *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae) larvae

Jackeline Gaviria<sup>1\*</sup> y Bernhard Löhr<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA  
Centro de Investigación Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

<sup>2</sup>Consultor en Biocontrol y Plagas de Palmas  
Zum Breitbusch 7, 76855 Annweiler, Germany.  
\*Autor de correspondencia: jgaviriav@agrosavia.co

### Resumen

El picudo *Rhynchophorus palmarum* es una plaga importante de palmas cultivadas y silvestres en América, tales como palma de aceite (*Elaeis guineensis*), coco (*Cocos nucifera*) y chontaduro (*Bactris gasipaes*); además se reporta como plaga secundaria con alta incidencia en cultivos de caña de azúcar. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad de parasitismo de *Billaea claripalpis* sobre larvas de *R. palmarum* en condiciones de laboratorio. Para este propósito, se realizaron pruebas de parasitismo por inoculación manual de larvas del picudo con planidios extraídos de moscas grávidas; se usaron larvas del picudo de cinco rangos de peso corporal, criadas tanto en dieta artificial como en caña de azúcar. Eso fue seguido de pruebas de parasitismo en jaula sobre larvas de *R. palmarum* criadas en caña de azúcar. La mayor proporción de larvas criadas en caña afectadas por parasitismo se registró en larvas con un peso entre 100-400 mg. Larvas

### Abstract

The weevil *Rhynchophorus palmarum* is an important pest of cultivated and wild palms in America, such as oil palm (*Elaeis guineensis*), coconut (*Cocos nucifera*) and peach palm (*Bactris gasipaes*). In addition, it is reported as a secondary pest with high incidence in sugarcane. The objective of this investigation was to evaluate the parasitism capacity of *Billaea claripalpis* on *R. palmarum* larvae under laboratory conditions. For this purpose, parasitism tests were performed by manual inoculation of weevil larvae with planidia extracted from gravid flies. Palm weevil larvae of five body weight ranges were used, reared in artificial diet as well as in sugarcane. This was followed by cage tests of moth and weevil larvae reared in sugar cane stalks with a weight range between 100-200 mg. The highest proportion of larvae reared in cane affected by parasitism was recorded in larvae between 100-400 mg. Larvae reared on diet had a low proportion of

de *R. palmarum* criadas en dieta artificial presentaron baja proporción de larvas afectadas en todos los pesos evaluados. Los ensayos de parasitismo en jaula evidenciaron la capacidad del parasitoide de localizar larvas del picudo dentro de la planta y penetrar en el hospedero de manera natural. Sin embargo, las larvas del parasitoide en su primer estado de desarrollo fueron encapsuladas por la respuesta inmune de *R. palmarum*, indicando que las larvas del picudo no son un buen hospedero para el desarrollo completo de la mosca.

### Palabras clave

Control biológico, parasitismo, picudo, taquírido.

affected larvae in all weights evaluated. The tests of parasitism in cages showed the ability of the parasitoid to locate both moth and weevil larvae inside the plant and then penetrate the host naturally. However, the parasitoid failed to complete its development, showing that the weevil larvae are not a good host for the complete development of the fly.

### Keywords

Biological control, parasitism, weevil, tachinidae.

## Introducción

Las moscas taquínicas son ampliamente usadas para el manejo de barrenadores de caña de azúcar, las especies *Billaea claripalpis* Wulp. (anteriormente *Paratheresia*) y *Lydella minense* Townsend (anteriormente *Metagonistylum*) (ambas Diptera: Tachinidae, Dexiinae) son las más prominentes (Aya *et al.*, 2018). Las dos especies fueron introducidas en Colombia para el control del barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae) (Smith y Bellotti, 1996). Actualmente, ambos parasitoides son producidos y vendidos regularmente por compañías de biocontrol y liberados en los campos de caña de azúcar durante todo el año (Vargas *et al.*, 2015). Pese a esto, la diversidad de barrenadores de caña de azúcar en Valle del Cauca aumentó considerablemente a lo largo de los años y actualmente se encuentran seis especies congéneres *D. saccharalis*, *D. busckella* Dyar & Heinrich, *D. tabernella* Dyar, *D. indigenella* Dyar & Heinrich, *D. lineolate* Walker y *D. rosa* Heinrich (Vargas *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2018).

A pesar de que se considera que los taquínicos tienen rangos de hospedadores, generalmente más amplios que los parasitoides himenópteros koinobiontes (cenobiontes) (Stireman *et al.*, 2006; Stireman y Singer, 2003), este aumento en la diversidad de especies plaga puede haber tenido consecuencias significativas para el impacto de los agentes de biocontrol en el campo. Por tanto, se considera que la relación de hospederos de las moscas taquínicas merece un estudio más detenido.

Existe otro barrenador de caña de azúcar en Colombia que puede llegar a poblaciones muy altas: *Rhynchosporus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae), el cual es reportado como plaga principal de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) y plaga importante de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) y chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) (Löhr *et al.*, 2015). No se sabe mucho sobre el daño que causa esta plaga en la caña de azúcar, pero las capturas en trampas de feromonas en plantaciones de este cultivo pueden ser

extremadamente altas. Löhr *et al.* (2015) reportaron la captura en menos de un año de más de 53 000 especímenes en trampas que rodean un área de caña de azúcar de siete hectáreas, lo que podría suponer una amenaza mayor a la registrada hasta ahora en la producción de este cultivo.

Debido a que gran parte de su desarrollo ocurre dentro de los tejidos de la planta, las larvas y pupas del picudo *R. palmarum* están protegidas contra los métodos actuales de control, los cuales están dirigidos principalmente a la captura de adultos con feromonas específicas, erradicación de plantas muertas y uso de insecticidas químicos (Aldana *et al.*, 2011). Encontrar un enemigo natural exitoso de larvas y pupas de *R. palmarum* en Colombia, supondría una solución al problema y una ventaja para varios cultivos comerciales (Palma de aceite, coco, chontaduro, etcétera) y no comerciales (nativas y ornamentales) de palmáceas. Así como también, para cultivos donde esta plaga ha tomado mayor importancia, como en el cultivo de caña de azúcar. Una alternativa que parece ser la más prometedora hasta el momento y que no ha recibido la atención debida, son las moscas parasitoides de larvas y pupas, *Billaea menezesi* (Townsend) y *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) reportadas en Brasil (Moura *et al.*, 2006). El género *Billaea* parasita exclusivamente escarabajos de las familias Cerambycidae, Dryophthoridae y Passalidae, la única excepción conocida es *B. claripalpis* (Nihei y Pavarini, 2011).

El objetivo de esta investigación está dirigido a evaluar la capacidad de *B. claripalpis* de parasitar y afectar larvas de *R. palmarum* de diferentes pesos criadas sobre caña de azúcar y dieta artificial en condiciones de laboratorio.

## Materiales y métodos

Tres experimentos se realizaron en los laboratorios de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA en Palmira, Valle del Cauca, cuyas coordenadas geográficas son 3°31'48'' latitud norte y 76°81'13'' longitud oeste, a una altura de 1 001 msnm. Los dos primeros experimentos consistieron en evaluar el parasitismo forzado: inoculación manual de larvas de *R. palmarum* por larvas de la mosca (planidios) *B. claripalpis*; el tercer experimento consistió en medir el parasitismo por moscas en condiciones seminaturales (jaula). Para todos los ensayos se usaron moscas grávidas de *B. claripalpis*, obtenidas de la casa comercial Perkins Ltda.

Para la inoculación manual, las larvas de *R. palmarum* se parasitaron con la ayuda de un pincel entomológico, exponiendo tres planidios de la mosca de 15 días de edad, en la parte dorsal de cada larva. Posteriormente, las larvas inoculadas se colocaron individualmente en trozos de caña de azúcar previamente perforadas o en recipientes con dieta artificial. Las diferentes clases de peso se mantuvieron separadas en el laboratorio en cajas de acrílico transparente (32 x 20 x 15 cm). Para evitar sesgos en los experimentos, se inocularon larvas de diferentes tamaños con los planidios presentes en el ovario de una sola mosca. Como control negativo del experimento, se utilizaron larvas del picudo sin parasitar, criadas tanto en dieta artificial como en caña de azúcar.

### Cría del picudo *Rhynchophorus palmarum* en dieta artificial y caña de azúcar

El proceso de cría de *R. palmarum* en laboratorio inició con la captura de picudos adultos en campo (Löhr, 2016). Para este propósito se ubicaron trampas tipo galón en cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L., variedades CC003257 y CC991606) en el centro de investigación AGROSAVIA-Palmira, utilizando la feromona sintética de agregación Rhyncolure (2-methylhept-5-en-4-ol) y acetato de etilo como atrayentes (Löhr y Parra, 2014). Una vez capturados, los insectos adultos fueron llevados al laboratorio donde se separaron por sexo, según características morfológicas publicadas por Löhr (2016). Las hembras se ubicaron en cajas de acrílico transparente (32 x 20 x 15 cms, Rubbermaid®) con una perforación para permitir el intercambio gaseoso. Para la alimentación de las hembras se utilizaron rodajas de papaya pelada, finamente cortadas. Cada 48 horas se retiraron los huevos por decantación en agua, posteriormente se dispusieron en cajas Petri de 90 mm de diámetro con papel toalla húmeda y fueron mantenidos hasta la eclosión. Las larvas neonatas fueron transferidas a recipientes, conteniendo 150 g de dieta artificial (Löhr, 2016) (cuadro 1). Posteriormente, se delimitó el espacio de las larvas con ayuda de pitillos (60 mm de diámetro), con el objetivo de crear una microjaula y evitar canibalismo. Transcurridos cinco días, las larvas se retiraron y se individualizaron en nuevos recipientes plásticos de 150 ml con 25 g de dieta artificial. Dos semanas más tarde, las larvas se transfirieron a recipientes más grandes con 200 g de dieta, donde permanecieron hasta completar el peso deseado a evaluar (desde 100 mg hasta 7 000 mg).

Cuadro 1

#### Ingredientes para la elaboración de dieta artificial por litro de agua

Ingredientes	Cantidad (g)
Agar	20
Ácido ascórbico	5
Nipagina- Metil parabeno	1.5
Tetraciclina	0.5
Ácido sorbico	2.5
Sal de Wesson	10
Germen de trigo	45
Harina de maíz amarillo	75
Levadura	45
Avena	85
Miel de purga	50

Fuente: Löhr (2016).

Para la cría de larvas de *R. palmarum* en caña de azúcar, las larvas neonatas fueron transferidas individualmente a estacas de caña de 10 cm de longitud, las cuales habían sido previamente perforadas con un taladro manual. Ambos extremos de la caña se humedecieron con propilene-glycol ( $C_3H_8O_2$ ), y fueron sellados con parafina derretida para evitar contaminación y deshidratación de la estaca. Las larvas fueron cambiadas de estacas cada dos semanas o cada que lo requerían.

### *Moscas parasitoides*

Las moscas *Billaea claripalpis* adultas utilizadas en estos ensayos fueron adquiridas de la casa comercial Perkins Ltda. y se mantuvieron en condiciones de laboratorio hasta su posterior uso. Según lo reportado en la literatura, las moscas de *Billaea* alcanzan su madurez sexual a los 10-12 días de edad; por tanto, la disección de las moscas se realizó después de este tiempo, extrayendo cuidadosamente el abdomen y los ovarios. Estos últimos fueron colocados sobre una superficie negra para facilitar la percepción de los planidios y un círculo de vaselina se formó alrededor de ellos, con el objetivo de reducir la velocidad de su movimiento y así evitar el escape.

### *Inoculación forzada de larvas de Rhynchohporus palmarum criadas en dieta artificial*

Para este primer experimento se utilizó un diseño completamente al azar bajo condiciones de laboratorio (T:  $25 \pm 3^\circ$  C; H.R:  $57 \pm 3\%$ , L12: O12). Las larvas de *R. palmarum* fueron criadas sobre dieta artificial hasta alcanzar cinco diferentes rangos de peso: 100-400 mg; 401-800 mg; 801-2 000 mg; 2 001-4 000 mg; 4 001-7 000 mg, comprendiendo desde el primer hasta el octavo-noveno instar larval. Todas las larvas fueron parasitadas individualmente con tres planidios de 15 días de edad. Posteriormente, la mitad de cada grupo de larvas se dispuso nuevamente en dieta artificial y la otra mitad en estacas de caña de azúcar hasta su evaluación dos semanas después. Las larvas en el rango de peso 4 001-7 000 mg se mantuvieron solamente en caña después de ser parasitadas. Cada larva individual representaba una unidad experimental. Los tratamientos consistieron en los cinco rangos de peso evaluados y para cada tratamiento se evaluaron 83 larvas, con un total de 415 larvas de *R. palmarum* parasitadas en este ensayo.

### *Inoculación forzada de larvas de Rhynchohporus palmarum criadas en caña de azúcar*

En el segundo experimento, las larvas de *R. palmarum* fueron criadas sobre caña de azúcar en condiciones de laboratorio (T:  $25 \pm 3^\circ$  C; H.R:  $57 \pm 3\%$ , L12: O12) hasta alcanzar cinco diferentes rangos de peso: 40-150 mg; 151-300 mg; 301-600 mg; 601-1 200 mg; 1 201-2 700 mg, comprendiendo desde el primer hasta el cuarto instar larval aproximadamente. Posteriormente, todas las larvas fueron parasitadas en su parte dorsal con tres planidios y se regresaron individualmente a estacas numeradas de caña de 20 cm (previamente perforadas) hasta su evaluación. El experimento se mantuvo en un diseño

completamente al azar a 26° C y 70% HR. Cada larva dentro de la caña representó una unidad experimental. Los tratamientos consistieron en los cinco rangos de peso evaluados, para cada tratamiento se evaluaron 95 larvas, con un total de 475 larvas de *R. palmarum* parasitadas en este experimento.

### *Parasitismo en jaula*

Para evaluar el parasitismo sobre *R. palmarum* en condiciones de libre elección, se utilizaron cuatro jaulas (45 x 45 x 90 cm) con un tamiz delgado para impedir el escape de las moscas. En cada jaula se introdujo horizontalmente un total de cuatro estacas de caña de azúcar (40 cm de longitud) conteniendo en su interior una larva de *R. palmarum* (100-2 000 mg de peso) en un extremo y una larva de *D. saccharalis* (120-200 mg) como control positivo en el extremo sobrante; posteriormente se liberaron dos moscas en cada jaula por un periodo de 48 horas. Las jaulas se mantuvieron en condiciones de laboratorio a una temperatura de  $25 \pm 3^\circ$  C, humedad relativa de  $57 \pm 3\%$  y condiciones naturales de luz. Para este ensayo se realizaron un total de cuatro repeticiones (cuatro jaulas diferentes) con cuatro unidades de cada larva, para un total de 16 larvas de *R. palmarum* y 16 larvas de *D. saccharalis* evaluadas.

### *Revisión de larvas parasitadas*

A una temperatura de 25° C y ocho días después del parasitismo, las larvas de *B. claripalpis* emergen del huésped *D. saccharalis*. Observaciones preliminares han mostrado que el desarrollo de *B. claripalpis* en larvas de *R. palmarum* es más lento. Por lo tanto, la revisión de parasitismo se realizó 15 días después de que las larvas fueron parasitadas. Una vez transcurrido este tiempo, las larvas del picudo fueron pesadas nuevamente y diseccionadas. Los criterios de evaluación consistieron en determinar si las larvas fueron parasitadas o no, para esto se buscaban evidencias que indicaran la presencia de embudos respiratorios del parasitoide; número, posición y aspecto de larvas parasitoides, así como la presencia de puparios. Según el comportamiento de las larvas del picudo al momento de la evaluación, se calificaron como normales o afectadas. Se consideraron afectadas aquellas larvas que presentaron movimiento anormal o cuando su peso disminuyó después de parasitismo.

### *Análisis estadístico*

Para todos los experimentos, el número de larvas afectadas y normales se comparó entre cada rango de peso y entre los diferentes sustratos de cría mediante una prueba no paramétrica de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ). Los datos de peso final de larvas y la frecuencia de larvas afectadas también fueron comparados mediante una regresión lineal. El número de planidios encontrados para cada grupo de peso fue analizado mediante un análisis de varianza ANOVA de una vía. Las diferencias significativas fueron separadas usando una prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) (R versión 3.0.0, 2013).

## Resultados

### *Parasitismo de larvas de Rhynchohorus palmarum criadas con dieta artificial*

El peso final de las larvas del picudo, dos semanas después de haber sido parasitadas con planidios de *B. claripalpis*, no evidenció diferencias significativas en comparación con las larvas control no parasitadas ( $P = 0.1829$ ). El número de larvas del parasitoide recuperadas después de parasitismo fue mayor para las larvas de *R. palmarum* dispuestas en caña para los cinco rangos de peso evaluados. Las larvas entre 4 001-7 000 mg llevadas a la caña después de ser parasitadas, alcanzaron el número promedio más bajo de larvas recuperadas del parasitoide (figura 1).

En todos los casos, y para todos los rangos de peso, las larvas del parasitoide recuperadas se encontraban en un estado de encapsulación (figura 2).

Figura 1

Promedio de larvas de *Billaea claripalpis* recuperadas dos semanas después de parasitar manualmente larvas de *Rhynchohorus palmarum* de diferente peso con tres planidios del parasitoide

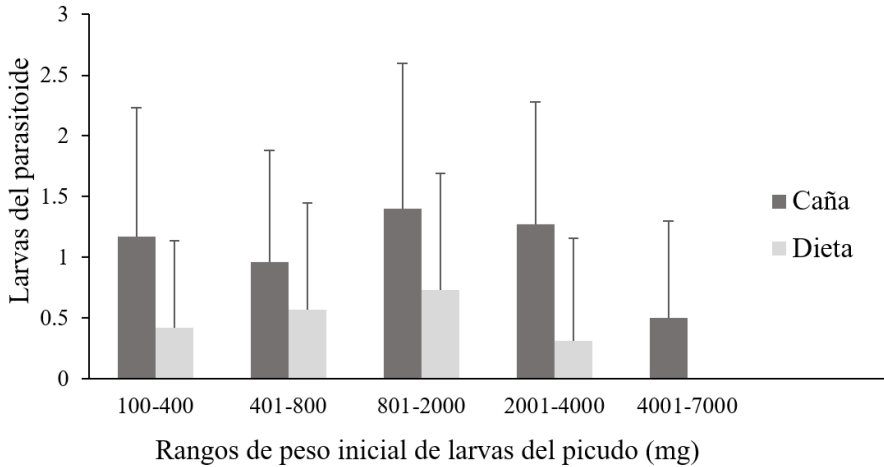
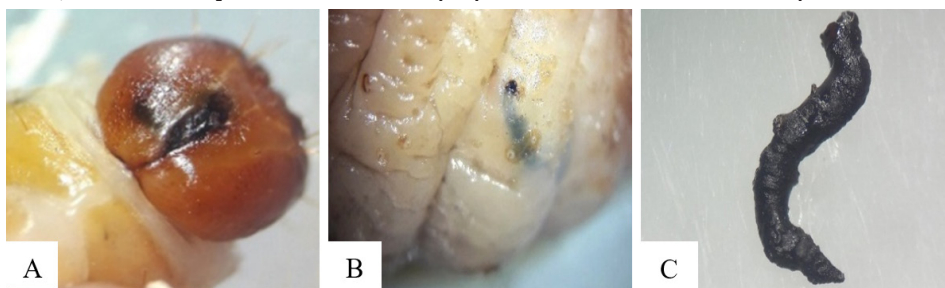


Figura 2

- A) Cápsula cefálica de larva de *Rhynchohorus palmarum* con larva del parasitoide (*Billaea claripalpis*) encapsulado. B) Segmento abdominal de larva de *R. palmarum* con larva de *B. claripalpis* encapsulada. C) Larva encapsulada de *B. claripalpis* extraída de larva de *R. palmarum*



El número de larvas afectadas después de parasitismo, presentó diferencias significativas entre los diferentes rangos de peso para larvas dispuestas en caña ( $\chi^2 = 35.1176$ ,  $P < 0.0001$ ). Mientras que las larvas dispuestas en dieta artificial después de parasitismo no mostraron una diferencia significativa entre los cinco rangos de peso evaluados ( $\chi^2 = 2.2924$ ,  $P = 0.513$ ). En todos los casos se puede evidenciar un mayor número de larvas afectadas en caña de azúcar, comparado con la dieta (figura 3).

Existió una relación directa inversa entre el porcentaje de larvas afectadas después de parasitismo y los pesos finales de las larvas del picudo criadas en caña ( $R^2 = 0.7749$ ;  $P < 0.0001$ ) (figura 3).

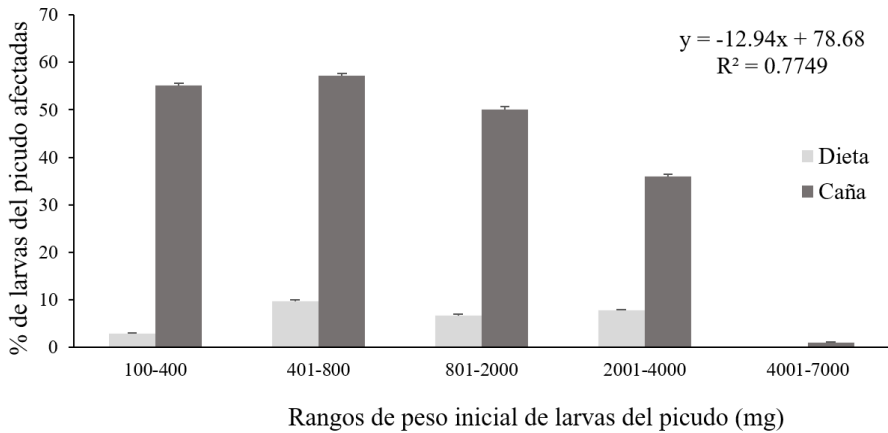
La mortalidad fue mayor en larvas del picudo dispuestas en caña de azúcar, comparada con las larvas dispuestas en dieta artificial (19.5 y 9.68%, respectivamente), presentando diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ). Los rangos de peso entre 801-4 000 mg no presentaron mortalidad para ninguno de los dos métodos de cría evaluados.

Del número total de larvas parasitadas para este ensayo (415) se encontraron solamente dos larvas del picudo con desarrollo del parasitoide hasta estado de pupa (0.48%). Las larvas del picudo que presentaron esta condición coincidían en un peso menor a 1 500 mg. En ambos casos, las pupas no lograron emergencia hasta moscas adultas, ya que fueron dañadas por las larvas del picudo.



Figura 3

Porcentaje de larvas de *Rhynchophorus palmarum* criadas en caña de azúcar y dieta artificial, afectadas después de ser parasitadas manualmente con tres planidios de *Billaea claripalpis*. La ecuación presentada en la figura corresponde a larvas criadas en caña



### Parasitismo de larvas de *Rhynchophorus palmarum* criadas en caña de azúcar

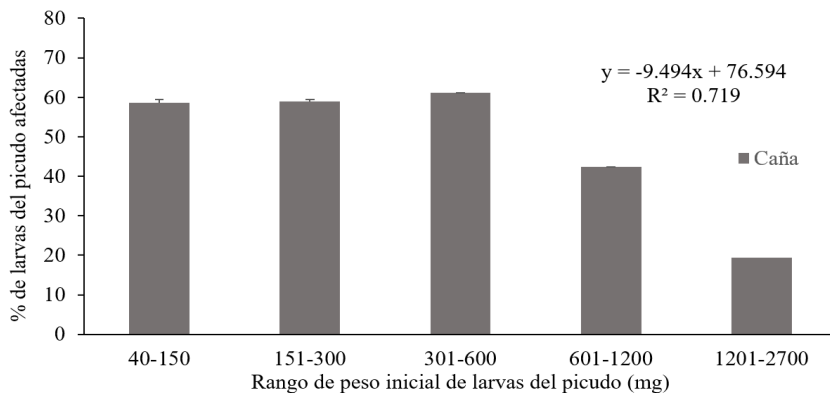
Las larvas del picudo que presentaron un peso superior a 4 000 mg no resultaron afectadas en el primer ensayo. Por esta razón, para este ensayo, se seleccionaron solamente larvas con un peso inferior a los 3 000 mg. Los pesos de las larvas se dividieron en cinco rangos: 40-150 mg; 151-300 mg; 301-600 mg; 601-1 200 mg; 1 201-2 700 mg.

El número promedio de larvas del parasitoides recuperadas después del parasitismo es similar para los cinco rangos de peso evaluados (1.00, 1.14, 0.87 y 0.82 para los rangos de peso 40-150; 151-300; 301-60; 601-1 200 mg, respectivamente), con una ligera disminución en el peso 1 201-2 700 mg (0.58).

Existe una diferencia significativa entre larvas afectadas, larvas sanas y larvas muertas después del parasitismo para los cinco rangos de peso evaluados ( $\chi^2 = 39.49$ ,  $P < 0.00001$ ). El rango de peso entre 1 201-2 700 mg obtuvo el menor porcentaje de larvas afectadas (figura 4), lo que está directamente relacionado con el promedio de larvas del parasitoides recuperadas para este rango de peso. También se encontró una correlación ( $R^2 = 0.719$ ;  $P = 0.0066$ ) entre el porcentaje de larvas afectadas y el tamaño de estas. El peso promedio adecuado para el parasitismo de larvas del picudo con tres planidios de la mosca estaría entre 40-800 mg, lo que concuerda con el primer experimento.

Figura 4

Porcentaje de larvas de *Rhynchohporus palmarum* criadas en caña, afectadas después de ser parasitadas manualmente con tres planidios de *Billaea claripalpis*



Las larvas del picudo que resultaron afectadas, pero no murieron, se regresaron a estacas de caña realizando seguimiento semanalmente. De estas larvas, 75% lograron su desarrollo hasta adultos sin ningún problema. El porcentaje restante de larvas se desarrolló de manera anormal o no logró sobrevivir. Las larvas que presentaron el embudo respiratorio del parasitoide en uno de sus últimos segmentos abdominales presentaron problemas al momento de la muda. En la figura 5 se puede observar cómo el exoesqueleto queda adherido al embudo respiratorio del parasitoide, siendo la larva incapaz de liberarse, lo que genera un estrés adicional para las larvas con un mayor gasto energético para la misma.

Figura 5

A) Larva de *Rhynchohporus palmarum* con presencia de embudo respiratorio del parasitoide *Billaea claripalpis* en último segmento abdominal. B) Larva del picudo muerta, afectada por *B. claripalpis* (nótese adherencia de la muda en la parte final). C) Larva viva del picudo con adherencia de la muda y con dificultad para moverse



La menor mortalidad de larvas del picudo, la presentaron las larvas en el rango de peso entre 300-600 mg. Mientras la mortalidad más alta se presentó en el rango de peso más bajo (40-150 mg).

### *Parasitismo de Rhynchophorus palmarum expuestas a moscas*

Los resultados obtenidos en este ensayo indican que las larvas del picudo pueden ser parasitadas por la mosca *B. claripalpis* en un ambiente seminatural, de libre elección, con un alto porcentaje de larvas afectadas (50%) y una mortalidad de 23%; sin embargo, y de acuerdo con los experimentos anteriores, no se observaron puparios de la mosca en larvas de *R. palmarum*. Por el contrario, las larvas de *D. saccharalis* que funcionaron como controles positivos, sí presentaron un desarrollo completo del parasitoide. El número de larvas afectadas, sanas y muertas fue estadísticamente diferente entre las larvas de *R. palmarum* y larvas de *D. saccharalis* ( $X^2 = 35.188$ ,  $P < 0.00001$ ).

## Discusión

En todos los casos, y para todos los rangos de peso, las larvas del parasitoide recuperadas se encontraban en un estado de encapsulación. En muchos casos de parasitismo, la respuesta celular inmune del huésped es activada generando un proceso de fagocitosis o de atrapamiento del parasitoide, lo que conduce a un mecanismo de encapsulación del atacante (Lavine y Strand, 2002). La encapsulación puede ser seguida por un proceso de melanización, resultando en la muerte del parasitoide por asfixia o citotoxicidad (Reed *et al.*, 2007). En el género *Rhynchophorus* ya se han reportado este tipo de procesos como mecanismo de defensa. Tal es el caso de la encapsulación de larvas del nematodo *Steinernema carpocapsae* por parte del picudo rojo de las palmeras, *Rhynchophorus ferrugineus* (Manachini *et al.*, 2013; Mastore *et al.*, 2015).

En estudios con *B. claripalpis*, también se ha reportado resistencia al parasitismo. Aya *et al.*, 2018, reportaron la presencia de larvas del parasitoide encapsuladas después de inoculación manual de planidios de *B. claripalpis* sobre larvas de *D. tabernella* y *D. busckella*.

El mayor número de larvas afectadas y larvas muertas en caña de azúcar comparado con dieta artificial se podría explicar debido a que la dieta artificial presenta alto contenido nutricional (Löhr, 2016), brindando a las larvas mayor defensa contra patógenos o parasitoides. Son varias las razones de variación en los parámetros biológicos que podrían devenir de los potenciales efectos de la dieta sobre la interacción hospedero-parasitoide (Reguilón *et al.*, 2014). La larva del parasitoide deberá inducir la supresión del sistema inmune de la larva hospedero (Rodríguez y Beckage, 2006), si el hospedero se cría en condiciones nutricionales que fortalezcan su sistema inmune, esto podría potencialmente afectar el desarrollo del parasitoide, como pudo haber ocurrido en este caso.

Las larvas parasitadas de *R. palmarum* de mayor edad resultaron menos afectadas, presentando posiblemente una mejor respuesta de su sistema inmune. La edad de las larvas del huésped es un factor importante para el éxito del parasitismo en Tachinidae (Löhr *et al.*, 2019). Hernández (2010) reporta que las larvas de *D. saccharalis* de estados más

avanzados (últimos instares) matan un mayor porcentaje de parasitoides con el sistema de defensa externa.

En crías masivas de *B. claripalpis* y bajo condiciones controladas, el parasitismo y desarrollo completo sobre su hospedero natural *D. saccharalis* supera 70% (Perkins Ltda.). Mientras que en condiciones de campo se ha encontrado parasitismo inferior a 5% (Leyton-Flor *et al.*, 2018). En este estudio, se observó que la mayor parte de larvas del parasitoide fueron encapsuladas en su primer estado de desarrollo. Sólo dos larvas de *R. palmarum* (lo que corresponde a 0.48%), lograron el desarrollo del parasitoide hasta su estado final (pupa). Esto podría indicar que la respuesta celular inmune del picudo evita que el parasitoide pueda llegar a su estado final.

En el caso de parasitismo en jaula, los resultados evidenciaron la capacidad de *B. claripalpis* de entrar naturalmente al huésped *R. palmarum*, afectando significativamente a las larvas (50%) y en algunos casos causando su muerte (23%), este porcentaje de mortalidad puede ser el resultado de la sobreexposición de plandinos al hospedero. Löhr *et al.* (2019) reportan que el número de planidios que atacan el hospedero en los diferentes estados del huésped es uno de los factores más importantes del éxito de parasitismo en Tachinidae.

## Conclusiones

La mosca *B. claripalpis* presenta la capacidad de penetrar larvas de *R. palmarum*; sin embargo, bajo las condiciones estudiadas, los planidios de la mosca no lograron completar su desarrollo hasta pupa.

A pesar de que las larvas del picudo parasitadas fueron afectadas en su compartimiento, estas lograron completar su desarrollo dando lugar a adultos aparentemente normales. Los sustratos de cría y los diferentes pesos evaluados afectan el desarrollo del parasitoide y el efecto de este sobre el huésped.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Freddy Suárez por el apoyo en la parte técnica durante el desarrollo de los ensayos y a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por la financiación de la investigación.

## Literatura citada

- Aldana, R.C.; Aldana, J.A. y Moya, O.M. (2011). Manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. Coleoptera: Curculionidae. Cenipalma Bogotá, Colombia. 51p.
- Aya, V.; Montoya-Lerma, J.; Echeverri, C.; Michaud, J.P. y Vargas, G. (2018). Host resistance to two parasitoids (Diptera: Tachinidae) helps explain a regional outbreak of novel *Diatraea* spp. stem borers (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia sugarcane. *Biol. Control.* 129: 18-23.
- Hernández, D. (2010). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae). *Entomotropica.* 25(2): 69-81.

- Lavine, M.D. y Strand, M.R. (2002). Insect hemocytes and their role in immunity. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 32(10): 1295-309.
- Leyton-Flor, S.A.; Gordillo, M.; González, A.P.; Ospina, A.J. y Vargas, G. (2018). Distribución espacio-temporal de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en el valle del río Cauca, Colombia. *Rev. Colomb. Entomol.* 44 (2): 177-186.
- Löhr, B. y Parra, P. (2014). *Manual de trampeo del picudo negro de las palmas*, *Rhynchophorus palmarum*, en trampas de feromona adaptadas a la situación particular de pequeños productores de la costa del Pacífico Colombiano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 16 p. (Publicación CIAT No. 399). ISBN 978-958-694-140-2
- Löhr, B.; Vásquez, A. y Becerra, L. (2015). *Rhynchophorus palmarum* in Disguise: Undescribed Polymorphism in the “Black” Palm Weevil. *PLoS ONE*. 10(12): e0143210. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143210>
- Löhr, B. (2016). *Manual de cría del picudo negro de las palmas*, *Rhynchophorus palmarum*. Mosquera (Colombia): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 66 p.
- Löhr, B.; Negrisoni, A. y Molina, J.P. (2019). *Billaea rhynchophorae*, a palm weevil parasitoid with global potential. *Arab J. Pl. Prot.* 37 (2): 101-108.
- Manachini, B.; Schillaci, D. y Arizza, V. (2013). Biological Responses of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) to *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae). *Journal Econ. Entomol.* 106(4): 1582-1589.
- Mastore, M.; Vincenzo, A.; Manachini, B. y Brivio, M. (2015). Modulation of immune responses of *Rhynchophorus ferrugineus* (Insecta: Coleoptera) induced by the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Rhabditida). *Insect Sci.* 22: 748–760.
- Moura, J.I.L.; Toma, R.; Sgrillo, R.B. y Delabie, J.H.C. (2006). Natural efficiency of parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Neotrop. Entomol.* 35(2): 273-274.
- Nihei, S. y Pavarini, P. (2011). Taxonomic redescription and biological notes on *Diaugia angusta* (Diptera, Tachinidae): Parasitoid of the palm boring weevils *Metamasius ensirostris* and *M. hemipterus* (Coleoptera, Dryophthoridae). *ZooKeys*. 84: 23-38. <https://doi.org/10.3897/zookeys.84.756>
- Reed, D.A.; Luhring, A.K.; Stafford, C.A.; Hansen, K.A.; Millar, G.J.; Hanks, M.L. y Paine, D.T. (2007). Host defensive response against an egg parasitoid involves cellular encapsulation and melanization. *Biol. control.* 41 (2): 214-222.
- Reguilón, C.; Pereyra, P.; Ordano, M.; Salvatore, A.; Barros, M.; Santos, E. y Cano, M. (2014). Evaluación de la composición de dieta artificial para la cría en laboratorio de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) y *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Revista Fac. Agron.* 46: 45-57.
- Rodríguez, M.A. y Beckage, N.E. (2006). Estrategias co-evolutivas de la interacción entre parasitoides y polidnavirus. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 48(1): 31-43.
- R Core Team version 3.0.0., 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Smith, A.M. y Bellotti, A. C. (1996). *Successful biocontrol projects with emphasis on the Neotropics*. In: Proceedings of Cornell Community Conferences on Biological Control. Apr. 11-13, 1996. Cornell University, Ithaca, New York. Available at: <http://web.entomology.cornell.edu/selton/Cornell-biocontrol-conf/talks/bellotti.html>
- Stireman, J.O. y Singer, M.S. (2003). What determines host range in parasitoids? An analysis of a tachinid parasitoid community. *Oecologia*. 135: 629–638.
- Stireman, J. O.; O’Hara, J. E. y Monty Wood, D. (2006). Tachinidae: Evolution, Behaviour and Ecology. *Ann. Rev. Entomol.* 51: 525-555.
- Vargas, G.; Lastra, L.A. y Solís, M.A. (2013). First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca River Valley of Colombia. *Fla. Entomol.* 96: 1198-1201.
- Vargas, G.; Gómez, L.A. y Michaud, J.P. (2015). Sugarcane stem borers of the Colombian Cauca River Valley: current pest status, biology, and control. *Fla. Entomol.* 98: 728 – 735.

Vargas, G.; Gómez, L. A.; Ramírez, G. D. y Solís, A. (2018). The *Diatraea* complex (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia's Cauca river valley: making a case for the geographically localized approach. *Neotrop. Entomol.* 47: 395-402.

Recepción: 09 de junio 2020

Arbitraje: 10 de junio 2020

Dictamen: 26 de junio 2020

Aceptado: 02 de julio 2020