
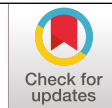


# CRÍA EN EL LABORATORIO DE *Puto barberi* COCKERELL, 1895 (HEMIPTERA: PUTOIDAE) SOBRE TUBÉRCULOS DE *Solanum phureja*

Marisol Giraldo-Jaramillo  \*

Giraldo-Jaramillo, M. (2021). Cría en el laboratorio de *Puto barberi* Cockerell, 1895 (Hemiptera: Putoidae) sobre tubérculos de *Solanum phureja*. *Revista Cenicafé*, 72(2), e72203. <https://doi.org/10.38141/10778/72203>



Las cochinillas son consideradas plagas de importancia en diferentes cultivos alrededor del mundo. En Colombia, hay varias especies asociadas a las raíces del cultivo del café, que pueden ser limitantes en plantaciones menores de 24 meses, siendo necesario desarrollar investigaciones para generar estrategias de manejo. Se requiere desarrollar métodos de cría en el laboratorio que permitan suministrar una cantidad suficiente de insectos para los estudios. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de tubérculos germinados de papa criolla como hospedante para *P. barberi*, determinando el ciclo de vida y la tabla de vida de fertilidad en el laboratorio ( $21,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$ ,  $65\% \pm 10\%$  HR y 0:24 (L:D)). Se instalaron 50 ninfas sobre 50 tubérculos germinados de papa criolla (unidades experimentales), para determinar la duración y sobrevivencia de cada estado biológico, contabilizar número de ninfas/hembra y estimar los parámetros de tabla de vida de fertilidad. Se realizó un análisis descriptivo de la duración de cada estado, se construyó la curva de sobrevivencia y se estimaron los parámetros de la tabla de vida de fertilidad. La duración del ciclo de vida fue de  $82,9 \pm 0,6$  días y sobrevivencia del 74%. La duración de la fase adulta fue de  $53,1 \pm 0,4$  días y la duración promedio de ninfas/hembra fue de  $63,6 \pm 6$  días; con una tasa reproductiva neta de  $R_0 = 47,5$  ( $32,1 - 62,9$ ) y tiempo generacional  $T = 81,9$  ( $77,9 - 85,6$ ) días. Se concluye que el uso de tubérculos de papa criolla como hospedantes es una buena alternativa para el establecimiento de una colonia de *P. barberi* en el laboratorio, con fines experimentales.

**Palabras clave:** Tubérculos de papa germinados, cochinillas, plaga de la raíz, tabla vida, café.

## LABORATORY REARING OF *Puto barberi* COCKERELL, 1895 (HEMIPTERA: PUTOIDAE) ON *Solanum phureja* TUBERS

Mealybugs are considered major pests in different crops around the world. In Colombia, there are several species associated with the roots of coffee plants, which can be limiting in plantations less than 24 months old and makes research necessary to design management strategies. Laboratory rearing methods that allow supplying enough insects for studies is required. The objective of this work was to evaluate the use of sprouted creole potato tubers as a host for *P. barberi* by determining their life cycle and their fertility life table under laboratory conditions ( $21.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ,  $65\% \pm 10\%$  RH and 0:24 (L: D)). Fifty nymphs were installed on 50 germinated tubers (experimental units) to determine the duration and survival of each biological stage, count the number of nymphs / female and estimate the fertility life table parameters. A descriptive analysis of the duration of each stage was performed, the survival curve was constructed and the parameters of the fertility life table were estimated. The life cycle duration was  $82.9 \pm 0.6$  days and the survival rate was 74%. The duration of the adult phase was  $53.1 \pm 0.4$  days and the average duration of nymphs / female was  $63.6 \pm 6$  days; with a net reproductive rate of  $R_0 = 47.5$  ( $32.1 - 62.9$ ) and generation time  $T = 81.9$  ( $77.9 - 85.6$ ) days. The use of potato tubers as hosts is a good alternative for the establishment of a colony of *P. barberi* under laboratory conditions for experimental purposes.

**Keywords:** Sprouted potato tubers, mealybugs, root blight, life table, coffee.

\* Investigador Científico I. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0003-0473-9403>



Las cochinillas son insectos pertenecientes al orden Hemiptera, suborden Sternorrhyncha (Triplehorn & Johnson, 2005); siendo consideradas plagas de importancia económica en diferentes cultivos alrededor del mundo (Mani & Shivaraju, 2016), por los daños que ocasionan directamente a la planta al succionar la savia de hojas, raíces y tallos, lo que ocasiona debilitamiento, retrasos en el desarrollo, pérdida de follaje y algunas veces muerte del hospedante (Herrbach et al., 2016).

Las cochinillas presentan reproducción sexual o partenogénica (Ross et al., 2010); además, exhiben una variedad de tipos reproductivos incluyendo ovíparos, vivíparos y ovovivíparos (Gavrilov & Trapeznikova, 2007; Suroshe et al., 2016; Mansour et al., 2017), algunas especies producen una estructura denominada ovisaco, donde las ninfas recién nacidas están contenidas.

En Colombia, las cochinillas asociadas a raíces en cultivos de café son consideradas la segunda plaga más importante después de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) (Gil et al., 2016). A la fecha, se han encontrado 65 especies en diferentes regiones del país (Caballero et al., 2019). Las cochinillas son una seria amenaza para los cultivos jóvenes de café (0-24 meses), ya que altas infestaciones pueden ocasionar la muerte de estas plantas (Villegas-García et al., 2009; Villegas-García & Benavides 2011; Gil et al., 2015).

Las especies de cochinillas de mayor importancia económica en cultivos de café en Colombia son *Puto barberi* Cockerell, 1895 (Hemiptera: Putoidae), varias especies del género *Dysmicoccus* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Neochavesia caldasiae* Balachowsky, 1957 (Hemiptera: Rhizoecidae), *Pseudococcus elisae* Borchsenius, 1948 (Hemiptera: Pseudococcidae) y *Pseudococcus*

*jackbeardsleyi* Gimpel & Miller, 1996 (Villegas-García et al., 2009; Villegas-García & Benavides, 2011; Gil et al., 2015; Caballero et al., 2019). Las cochinillas de las especies *P. barberi*, *Dysmicoccus brevipes* Cockerell, 1893 y *Dysmicoccus texensis* Tinsley, 1900 (Hemiptera: Pseudococcidae) son las especies más abundantes en las regiones cafeteras colombianas (Caballero et al., 2019). Varias de estas especies de cochinillas también se han encontrado en asociación con arvenses dentro del sistema productivo del café (Acevedo et al., 2020), por ejemplo, Mora et al. (2018) encontraron *P. barberi* asociado con 17 especies de arvenses y *Dysmicoccus* sp. asociado con siete especies de arvenses que crecen cerca de plantas de café.

La especie *P. barberi* es una especie polífaga, de origen Neotropical (Ben-Dov, 1994), para Colombia ha sido reportada en cultivos de café (Caballero et al., 2019) y otros cultivos (Villegas et al., 2013), de acuerdo con Gil et al. (2021), es la especie más abundante y prevalente en los cafetales jóvenes (menos de 24 meses) en Colombia; además, Villegas et al. (2013), adelantaron una investigación sobre la biología y reproducción de este insecto en condiciones de laboratorio, determinando que esta especie es ovovivípara con partenogénesis telitoca y la presencia de ovisaco al momento de colocar las ninfas recién nacidas.

Debido a la importancia económica de las cochinillas, actualmente se recomienda el uso de productos químicos en almacigos y plantaciones jóvenes para controlar las poblaciones (Gil et al., 2015); además, se realiza búsqueda activa de nuevas opciones de control con el uso de controladores biológicos como hongos entomopatógenos e identificación de enemigos naturales, que podrían usarse en estrategias integradas de manejo de la plaga (Gil et al., 2016; Góngora & Gil, 2020).

Para comprobar la eficacia de las diferentes opciones de control que se recomiendan en el manejo de estos insectos, es necesario realizar experimentación a nivel de laboratorio y campo, la cual depende de un suministro constante de individuos de cochinillas en buenas condiciones de sanidad. Es por esta razón que se hace necesario el establecimiento de una colonia en el laboratorio; sin embargo, para establecer una colonia en condiciones controladas se requiere realizar la búsqueda de hospedantes alternativos, ya que el uso de raíces del café dificulta las condiciones de control de los experimentos, como ha sido relatado con otros insectos de hábitos subterráneos de la familia Margarodidae (Texeira et al., 2002). Los hospedantes alternativos se caracterizan por ser capaces de suplir las necesidades nutricionales de los insectos, generando individuos de calidad y con bajo costo de producción (Parra, 1997).

Diversos autores han empleado para la cría de estos insectos plantas vivas o partes de plantas (Rose & Stauffer, 1997); los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* Linneo, 1753 (Solanales: Solanaceae) han sido usados para criar en condiciones de laboratorio algunas especies de escamas pertenecientes a la familia Coccidae y la cochinilla de los cítricos *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) (Fischer, 1963).

Para determinar el potencial del uso de hospedantes alternativos para cría de un organismo, es necesario conocer si el desarrollo del insecto es favorable y es allí donde el uso de tablas de vida de fertilidad se perfila como un método apropiado para estudiar la dinámica poblacional del artrópodo a criar, ya que estima los potenciales de crecimiento de la población en una condición específica (Giraldo-Jaramillo et al., 2019).

El objetivo del presente estudio fue determinar la biología y la tabla de vida de fertilidad de *P. barberi* utilizando papa criolla

como hospedante alternativo, y confirmar su viabilidad en el establecimiento de una colonia de laboratorio con fines experimentales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en cámara climatizada tipo BOD, adaptadas en el laboratorio de Entomología del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, en Manizales (Caldas). Las condiciones ambientales fueron: temperatura  $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ , HR  $65\%\pm 5\%$  y 0 h luz: 24 h oscuridad.

**Colonia de *Puto barberi*.** Individuos de diferentes estadios de vida de *P. barberi* ( $F_0$ ) procedentes de raíces de café, recolectados en la Estación Experimental La Catalina de Cenicafé ( $4^{\circ}44'51.5''\text{N}$ ;  $75^{\circ}44'15.0''\text{O}$ ) Pereira (Risaralda), se llevaron al laboratorio para obtener una nueva generación ( $F_1$ ). Los insectos se acondicionaron sobre tubérculos germinados de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. & Bukasov, 1929) empleando cajas plásticas. Los tubérculos tenían de 2,0 a 4,0 cm de diámetro y longitud de brotes de 0,5-1,0 cm. Esa nueva generación de insectos  $F_1$  fue depositada nuevamente sobre tubérculos de papa criolla para obtener una siguiente generación ( $F_2$ ), las ninfas neonatas obtenidas fueron utilizadas para este estudio. La identificación de *P. barberi* se realizó de acuerdo con morfología externa (Williams & Granara de Willink, 1992).

### **Biología y tabla de vida de fertilidad de *P. barberi* sobre tubérculos de *Solanum phureja*.**

Las ninfas neonatas (instar I) de *P. barberi* procedentes de la colonia se individualizaron con un pincel #0 y se depositaron 50 ninfas, una a una sobre 50 tubérculos germinados de *S. phureja*; cada tubérculo con un insecto, se introdujo en un vaso de plástico de 8,0 onzas (Marca Darnel<sup>®</sup>, copa veneciana Ref. 570051, diámetro 10,1 cm y 4,6 cm de altura), que contenía un círculo de papel servilleta en la

base. Los vasos se cubrieron con organza para permitir aireación. Cada ninfa y su tubérculo correspondió a una unidad experimental; para un total de 50 unidades experimentales, que se desarrollaron hasta el estado adulto (Figura 1a).

Mediante observación diaria, se verificaron muda (presencia de exuvia) (Figura 1b), sobrevivencia de ninfas y adultos. En la fase adulta se contabilizó el número de ninfas nacidas por hembra. El experimento concluyó cuando todas las hembras de las unidades experimentales murieron. Con esta información se calcularon los parámetros biológicos: duración de los estados ninfales, sobrevivencia de ninfa-adulto, longevidad de las hembras (la muerte del adulto hembra se tomó cuando no existía respuesta al toque con un pincel #0) y número de ninfas por hembra. Los tubérculos se reemplazaron cada vez que estaban deteriorados y los individuos se acondicionaron en una nueva papa utilizando un pincel (#0).

Con base en los datos de supervivencia ( $lx$ ) y el número de días ( $x$ ) fue elaborada la curva de sobrevivencia (Rabinovich, 1980). Para calcular la tabla de vida de fertilidad, de acuerdo con la metodología propuesta por Maia et al. (2000), se determinó el promedio de ninfas nacidas por hembra ( $mx$ ) en cada día ( $x$ ), considerándose el total de hembras, el índice de supervivencia acumulado de las hembras ( $lx$ ) durante el período de deposición y el número de descendientes que continúan a la siguiente generación ( $lx.mx$ ). Estos valores constituyen las columnas de la tabla de vida y, con esa información, se estimaron los siguientes parámetros: tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), intervalo entre generaciones ( $T$ ), tasa intrínseca de crecimiento ( $rm$ ) y tasa finita de aumento ( $\lambda$ ) (Maia et al., 2000).

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis descriptivo para cada variable evaluada: medidas de tendencia central y medidas de variación (error estándar), mediante el



**Figura 1.** a. Recipiente usado para la cría de *P. barberi*, detalle de tubérculo germinado de papa criolla con individuo; b. Especimen de *P. barberi* en proceso de muda, detalle de la exuvia. (flecha). Fotografías M. Giraldo, 2020 y J.C. Ortiz, 2020.

programa estadístico R 3.4.4 (2018). Con los valores obtenidos del índice de supervivencia acumulado de las hembras (lx) y la duración del ciclo de vida, se construyó la curva de sobrevivencia de *P. barberi* con ayuda del programa Microsoft Excel 2016©. Para la tabla de vida de fertilidad se calculó la varianza asociada a cada parámetro, usando la técnica de Bootstrap, de acuerdo con Meyer *et al* (1986), usando el software estadístico R versión 3.4.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Biología de *Puto barberi*

La duración de la fase inmadura de *P. barberi* sobre tubérculos de *S. phureja*, que incluye el tiempo de desarrollo de las ninfas de instares I y II fue de  $29,8 \pm 0,2$  días, con una sobrevivencia de 82%. Villegas *et al.* (2013), reportan una duración de la fase inmadura de  $42,2 \pm 0,46$  días, sobre trozos de raíces de la planta *Talinum paniculatum* (Jacquin) Gaertner (Caryophyllales: Talinaceae), conocida comúnmente como cuero sapo, bajo condiciones controladas de laboratorio de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 10\%$  y fotoperíodo 12:12.

La longevidad de la hembra adulta de *P. barberi* en este estudio fue de  $53,1 \pm 0,4$  días, donde  $20,0 \pm 0,2$  días son previos para iniciar la puesta de las ninfas, denominado pre-deposición. El período de deposición de ninfas duró en promedio  $30,1 \pm 0,1$  días y siendo depositadas en promedio  $63,3 \pm 6$  ninfas por hembra; la hembra sobrevivió en promedio  $3,0 \pm 0,2$  días después de finalizado el nacimiento de las ninfas, denominado pos-deposición (Tabla 1). Villegas *et al.* (2013), reportan valores de duración de esta fase adulta de  $98,9 \pm 1,6$  días y una media de ninfas por hembra de  $83,6 \pm 8,40$ .

La diferencia entre los resultados obtenidos en este estudio y los publicados por Villegas

*et al.* (2013) puede deberse a que los sustratos alimenticios usados en los dos experimentos son diferentes; Villegas *et al.* (2013) usaron fragmentos de raíces de *T. paniculatum*, mientras que en este trabajo las papas criollas estaban completas, lo cual podría ser una ventaja ya que el material vegetal puede conservarse mayor tiempo, al usarse los tubérculos. Además, las condiciones de temperatura fueron diferentes en los dos trabajos, y la temperatura es el principal factor abiótico que afecta el desarrollo y reproducción de los insectos (Parra, 1997).

La duración del ciclo total sobre tubérculos de *S. phureja* fue de  $82,9 \pm 0,6$  días, lo cual difiere con lo relatado por Villegas *et al.* (2013), quienes obtuvieron una duración de  $141 \pm 0,99$  días. La sobrevivencia total de ninfa hasta adulto fue del 74% (Tabla 1).

Las diferencias en la duración del ciclo de vida en estos hospedantes pueden estar directamente relacionada con la calidad nutricional de los mismos, que a su vez se refleja en el número de ninfas ( $F_1$ ) obtenidas. De igual manera, no se conoce información sobre los aspectos biológicos y reproductivos de esta especie en el campo.

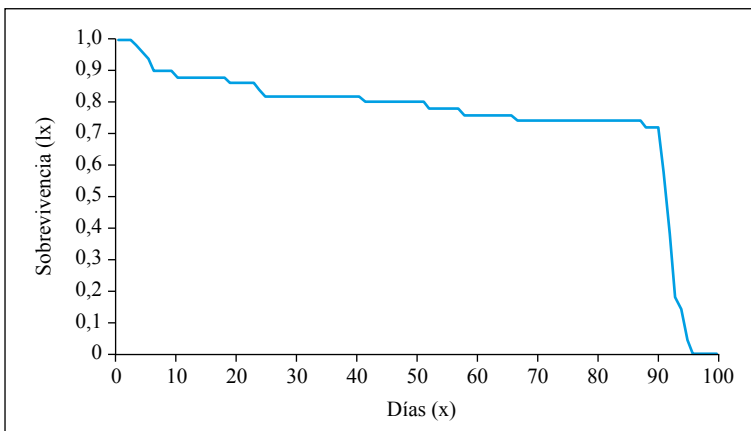
La curva de sobrevivencia obtenida para esta cochinilla fue de tipo I, de acuerdo con Rabinovich (1980), que corresponde a aquella en la cual la población tiene una probabilidad constante de sobrevivir durante todas las etapas de desarrollo, y solo al final de la fase adulta se registran las mayores mortalidades; en otras palabras, este tipo de curva de sobrevivencia refleja una mortalidad concentrada en los individuos viejos (Figura 2).

Es importante recordar que, *P. barberi* es un insecto de hábito subterráneo y, por esta razón, variaciones en la temperatura y la humedad afectan su desarrollo. Dentro de los factores abióticos más influyentes, la

**Tabla 1.** Parámetros biológicos de *P. barberi* alimentados con *S. phureja* bajo condiciones de laboratorio (temperatura 21±1°C, HR 65%±5% y fotoperíodo 0:24 [D: N] n = 50; X ± EE).

Parámetro biológico	Duración (días)	Sobrevivencia (%)
Instar I	16,4 ± 0,9	88
Instar II	13,4 ± 0,8	93
Fase ninfal (I-II)	29,8±0,2	82
Hembra pre-producción de ovisaco	20,0±0,2	95
Hembra producción de ovisaco	30,1±0,1	95
Hembra post-producción de ovisaco	3,0±0,2	
Ciclo total (Ninfa-adulto)	82,9±0,6	74
Razón sexual (♂:♀)	0:1*	

\*Durante este experimento no se registraron machos.



**Figura 2.** Supervivencia de *Puto barberi* alimentado en papa criolla. Temperatura 21,0±1,0°C, HR 65%±5% y fotoperíodo 0:24 [D: N].

temperatura juega un papel crucial en las tasas de desarrollo, supervivencia y reproducción de insectos (Giraldo-Jaramillo et al., 2018). Por otro lado, las condiciones de humedad del suelo afectan la biología, comportamiento y la distribución horizontal o vertical (profundidad) dentro del suelo (Ávila y Parra, 2004), para *P. barberi* no existe información de cómo estos

factores afectan estos aspectos. En estudios de campo realizados en árboles de café variedad Castillo®, de seis años de edad, se encontró que el 75% de los individuos se encuentran en los primeros 20 cm del suelo y la abundancia de insectos a esta profundidad podría estar correlacionada con la abundancia de raíces en la planta (Acevedo et al., 2020).

Otro factor fueron las condiciones de regímenes de luminosidad. Los insectos se mantuvieron en condiciones de oscuridad total, las 24 horas del día, buscando simular las condiciones del suelo, ya que de acuerdo con Beck (1980) y Tauber et al., (1986) condiciones desfavorables de fotoperíodo pueden afectar el desarrollo, comportamiento y reproducción de los insectos.

**Tabla de vida de fertilidad de *Puto barberi* sobre tubérculos de *Solanum phureja***

El tiempo generacional (T) de *P. barberi* en *S.phureja* fue de 81,98 días, pudiéndose obtener hasta 4,4 generaciones por año, en condiciones de laboratorio, tiempo durante el cual la población puede multiplicarse 47,5 veces ( $R_0$ ), es decir, un individuo es reemplazado por 47,5 individuos en cada generación (Tabla 2).

La población de *P. barberi* mostró que la tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) fue mayor que cero (0,05) (Tabla 2), indicando que la población crece a cada generación (Gotelli 2001) sobre el hospedante alternativo de *S. phureja*; adicionalmente, dicho incremento mostró darse a una tasa del 50%, valor dado por la tasa finita de aumento ( $\lambda$ ) (Tabla 2).

Se desconocen valores de parámetros poblacionales de *P. barberi* sobre otros hospedantes como café u otras especies vegetales reportadas por Acevedo et al. (2020) y Mora et al. (2018).

Puede concluirse que el uso de diferentes especies del género *Solanum* es reportado en la literatura con resultados favorables para la cría de diferentes especies de cochinillas y escamas, que son utilizadas para producción

**Tabla 2.** Valores medios de los parámetros (95% ICI) de la tabla de vida de fertilidad de *Puto barberi* alimentado sobre *S. phureja*. Temperatura 21,0±1,0°C, HR 65%±5% y fotoperíodo 0:24 [D: N].

Parámetro	Valor
T	<b>81,9</b> (77,9–85,6)
$R_0$	<b>47,5</b> (32,1–62,9)
$r_m$	<b>0,05</b> (0,04– 0,06)
$\lambda$	<b>1,05</b> (1,04-1,06)

IC: Intervalo de confianza, T = Tiempo generacional,  $R_0$  = Tasa reproductiva neta,  $r_m$  = Tasa intrínseca de crecimiento,  $\lambda$  = Tasa finita de aumento (n = 35 hembras).

masiva de parasitoides o depredadores. En este estudio el uso del hospedante alternativo de tubérculos de *S. phureja* es una buena opción para el establecimiento de una colonia de *P. barberi* en el laboratorio, ya que presenta una alta sobrevivencia del insecto.

Los parámetros de fertilidad evaluados mostraron que la población de insectos establecida en cada generación se incrementa, permitiendo tener disponibilidad de individuos permanentemente, para los diferentes bioensayos. Además, el sustrato de papa criolla es de fácil consecución en los mercados colombianos, siendo un producto fácilmente manipulable. Sería recomendable comparar los valores obtenidos en esta investigación

con los de otros hospedantes, en especial raíces de café.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). La autora agradece a los colaboradores de la Disciplina de Entomología, Diana Soraya Rodríguez, Mauricio Jiménez y Carlos Alberto Quintero por el apoyo en el desarrollo de este trabajo. Al señor Antonio Montoya por la manutención de la cría de cochinillas. Esta investigación se realizó bajo el código de Cenicafé ENT101013.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, F. E., Jiménez, M., Pimentel, J. P., & Benavides, P. (2020). Spatial Distribution of Mealybugs (Hemiptera: Coccoomorpha: Coccoidea) in the Root System of Pruned and Non-pruned *Coffea arabica* Trees. *Journal of Economic Entomology*, 113(1), 172–184. <https://doi.org/10.1093/jee/toz242>
- Ávila, C.J., & Parra, J.R.P. (2004). Influência de fatores edáficos sobre pragas de solo. En J. R. Salvadori, C. J. Avila, & M. T. B. Silva (Eds.), *Pragas do solo no Brasil* (pp. 66–97). Embrapa.
- Beck, S. D. (1980). *Insect Photoperiodism* (2a ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-084380-0.50004-1>
- Ben-Dov, Y. (1994). *A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae & Putoidae) with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance*. Intercept.
- Caballero, A., Ramos-Portilla, A. A., Suárez-González, D., Serna, F., Gil, Z. N., & Benavides, P. (2019). Los insectos escama (Hemiptera: Coccoomorpha) de raíces de café (*Coffea arabica* L.) en Colombia, con registros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en asociación. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 69–92. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num1\\_art:1250](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1250)
- Fischer, T. W. (1963). Mass Culture of *Cryptolaemus* and *Leptomastix*: Natural Enemies of Citrus Mealybug. *Agriculture Experiment Station Bulletin*, 797, 1–39.
- Gavrilov, I. A., & Trapeznikova, I. V. (2007). Karyotypes and reproductive biology of some mealybugs (Insecta: Coccinea: Pseudococcidae). *Comparative Cytogenetics*, 1(2), 139–148. <https://www.zin.ru/journals/compcyt/pdf/1/gavrilovtrapeznikova.pdf>
- Giraldo-Jaramillo, M., García-González, J., & Rugno, J. B. (2019). Fertility Life Table of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) at Seven Temperatures in Coffee. *American Journal of Entomology*, 3(4), 70–76. <https://doi.org/10.11648/j.aje.20190304.12>
- Gil-Palacio, Z., Benavides Machado, P., & Constantino, L. M. (2016). Hemiptera: Coccoidea de las raíces del café y sus parasitoides en el Valle del Cauca. *Revista Cenicafé*, 67(1), 73–80. <http://hdl.handle.net/10778/680>
- Gil-Palacio, Z., Benavides Machado, P., & Villegas-García, C. (2015). Manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 459, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/637>
- Gil-Palacio, Z., Caballero, A., Ramos, A. A., Arcila, A., & Benavides Machado, P. (2021). Diagnóstico de las cochinillas de las raíces del café en ocho departamentos



- cafeteros de Colombia. *Avances técnicos Cenicafé*, 524, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0524>
- Giraldo-Jaramillo, M., García, A., & Parra, J.R. (2018). Biology, thermal requirements, and estimation of the number of generations of *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) in the state of São Paulo, Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 111(5), 2192–2200. <https://doi.org/10.1093/jee/toy162>
- Góngora, C. E., & Gil-Palacio, Z. (2020). Control biológico de cochinillas de las raíces del café con hongos entomopatógenos. *Revista Cenicafé*, 71(2), 53–65. <https://doi.org/10.38141/10778/71204>
- Gotelli, N. J. (2001). *A primer of ecology* (3rd ed). Sinauer Associates.
- Herrbach, E., Maguet, J. L., & Hommay, G. (2016). Virus transmission by mealybugs and soft scales (Hemiptera: Coccoidea). En J. K. Brown (Ed.), *Vector-mediated transmission of plant pathogens* (pp. 147–161). APS Press. <https://doi.org/10.1094/9780890545355.011>
- Maia, A. de H. N., Luiz, A. J. B., & Campanhola, C. (2000). Statistical Inference on Associated Fertility Life Table Parameters Using Jackknife Technique: Computational Aspects. *Journal of Economic Entomology*, 93(2), 511–518. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>
- Mani, M., & Shivaraju, C. (2016). Damage. En M. Mani & C. Shivaraju (Eds.), *Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops* (pp. 117–122). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2677-2>
- Mansour, R., Grissa-Lebdi, K., Suma, P., Mazzeo, G., & Russo, A. (2017). Key scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of high economic importance in a Mediterranean area: host plants, bio-ecological characteristics, natural enemies and pest management strategies – a review. *Plant Protection Science*, 53(1), 1–14. <https://doi.org/10.17221/53/2016-PPS>
- Meyer, J. S., Ingersoll, C. G., McDonald, L. L., & Boyce, M. S. (1986). Estimating Uncertainty in Population Growth Rates: Jackknife vs. Bootstrap Techniques. *Ecology*, 67(5), 1156–1166. <https://doi.org/10.2307/1938671>
- Mora, O. H., Ramos, A. A., & Bacca, T. (2018). Chinchas harinosas en raíces de café y su flora arvense asociada en el departamento de Nariño. *Boletín Científico Centro de Museos de Historia Natural*, 22(2), 15–23. <https://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.2.1>
- Parra, J. R. P. (1997). Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para a produção de *Trichogramma*. En J. R. P. Parra & R. A. Zucchi (Eds.), *Trichogramma e controle biológico aplicado* (pp. 121–150). FEALQ.
- R Software Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing (3.6.1.) [Computer software]. <https://www.r-project.org>
- Rabinovich, J. E. (1980). *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. Compañía Editorial Continental S.A.
- Rose, M., & Stauffer, S. (1997). Laboratory and Mass Rearing. En Y. Ben-Dov & C. J. Hodgson (Eds.), *Soft Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control*. (Vol. 7, pp. 397–416). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/soft-scale-insects/ben-dov/978-0-444-89303-1>
- Ross, L., Pen, I., & Shuker, D. M. (2010). Genomic conflict in scale insects: The causes and consequences of bizarre genetic systems. *Biological Reviews*, 807-828. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00127.x>
- Suroshe, S. S., Gautam, R. D., & Fand, B. B. (2016). Biology of mealybug, *Phenacoccus solenopsis* tinsley on *Parthenium*. *Indian Journal of Entomology*, 78(3), 264–267. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2016.00070.5>
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., & Masaki, S. (1986). *Seasonal adaptations of insects*. Oxford University Press.
- Teixeira, I., Botton, M., & Loeck, A. E. (2002). Avaliação de Inseticidas Visando ao Controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em Novos Plantios de Videira. *Neotropical Entomology*, 31(3), 457–461. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000300017>
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's introduction to the study of insects* (7th ed). Thomson, Brooks/Cole.
- Villegas-García, C., Zabala Echavarría, G., Ramos, A. A., & Benavides Machado, P. (2009). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío. *Revista Cenicafé*, 60(4), 362–373. <http://hdl.handle.net/10778/153>
- Villegas-García, C., & Benavides Machado, P. (2011). Identificación de cochinillas harinosas en las raíces de café en departamentos cafeteros de Colombia. *Revista Cenicafé*, 62(1), 48–55. <http://hdl.handle.net/10778/512>
- Villegas-García, C., Peña, H. D., Muñoz, R. I., Martínez, H. E., & Benavides Machado, P. (2013). Aspectos del ciclo de vida de *Puto barberi* Cockerell (Hemiptera: Putoidae). *Revista Cenicafé*, 64(1): 31–41. <http://hdl.handle.net/10778/524>
- Williams, D. J., & Granara de Willink, M. C. (1992). *Mealybugs of Central and South America*. CAB International.