
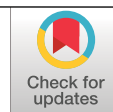


ASPECTOS BIOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS DE *Hypothenemus hampei* EN TRES TEMPERATURAS CONSTANTES EN *Coffea arabica* EN LABORATORIO

Marisol Giraldo-Jaramillo  *

Giraldo-Jaramillo, M. (2023). Aspectos biológicos y reproductivos de *Hypothenemus hampei* en tres temperaturas constantes en *Coffea arabica* en laboratorio. *Revista Cenicafé*, 74(2), e74201. <https://doi.org/10.38141/10778/74201>



Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae) es la mayor plaga del cultivo del café alrededor del mundo. En Colombia afecta a la caficultura ocasionando daños al fruto que genera pérdidas económicas a los caficultores cada año. El presente estudio tiene como objetivo determinar los aspectos biológicos y reproductivos de *H. hampei*, incluyendo una tabla de vida parcial de fertilidad en tres temperaturas constantes (20, 25 y 30±1°C) en condiciones de laboratorio, sobre *Coffea arabica* var. Tabi. La broca del café completó su ciclo (huevo-adulto) entre 20°C y 30°C. En la temperatura de 25°C se presentaron los mayores valores de la tasa neta reproductiva (19,5), tasa de crecimiento intrínseca (0,08) y porcentaje de sobrevivencia de huevo-adulto (87%). Conocer el comportamiento biológico y reproductivo de broca del café en los diferentes genotipos utilizados en la caficultura colombiana puede ayudar a ajustar las estrategias de manejo integrado de esta plaga.

Palabras claves: Broca del café, parámetros demográficos, condiciones térmicas, café, Cenicafé, Colombia.

BIOLOGICAL AND REPRODUCTIVE ASPECTS OF *Hypothenemus hampei* AT THREE CONSTANT TEMPERATURES ON *Coffea arabica* IN A LABORATORY

Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae) poses a significant threat to coffee cultivation worldwide. In Colombia, this pest inflicts substantial damage to coffee crops, resulting in recurring economic losses for coffee growers. This study is dedicated to investigating the biological and reproductive characteristics of *H. hampei*, with a particular focus on its partial fertility life table, within controlled laboratory conditions. The research spans three constant temperatures—20°C, 25°C, and 30±1°C—using *Coffea arabica* var. Tabi as the test subject. The coffee berry borer (CBB) completed its life cycle (egg-adult) within the temperature range of 20°C to 30°C. Notably, at a temperature of 25°C, the CBB exhibited the most favorable outcomes, with the highest values recorded for the net reproductive rate (19.5), intrinsic growth rate (0.08), and percentage of egg-adult survival (87%). These values significantly surpassed those observed at the other two temperature settings. Understanding the biological and reproductive behavior of the coffee berry borer across different coffee genotypes used by Colombian coffee growers can offer valuable insights for optimizing integrated pest management strategies.

Keywords: Coffee berry borer, demographic parameters, thermal conditions, coffee, Cenicafé, Colombia.

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



La temperatura es el factor abiótico más importante que afecta la biología y reproducción de los insectos (Giraldo-Jaramillo, 2020). Los cambios climáticos pueden incidir en los ciclos de vida de los insectos, impactando la ecología de los mismos, puesto que las tasas de mortalidad y nacimiento de las poblaciones están determinadas por la interacción entre los diferentes factores abióticos y bióticos (Inward et al., 2012; Romo & Tylanakis, 2013). Las tablas de vida de fertilidad son un método apropiado para conocer la dinámica poblacional de un artrópodo, ya que estiman los parámetros relacionados con el crecimiento poblacional en una condición determinada (Gotelli, 2001).

La broca, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), es considerada la plaga más importante en el cultivo del café a nivel mundial, por atacar directamente el grano y ocasionar pérdida de peso, depreciación del grano y problemas de calidad en taza, lo que reduce significativamente los ingresos de los productores (Benavides et al., 2013; Bustillo, 2007; Vega et al., 2003).

Se han desarrollado diferentes trabajos para determinar aspectos del ciclo de vida de *H. hampei* en condiciones de laboratorio, en diferentes materiales del género *Coffea* (Bergamin, 1943; Jaramillo et al., 2009; Giraldo-Jaramillo et al., 2018), en dieta artificial (Brun et al., 1993; Portilla, 1999; Portilla y Strett, 2006; Portilla et al., 2014; Giraldo-Jaramillo y Parra, 2018) y en el campo (Ruiz-Cárdenas y Baker, 2010), dando como resultado que el desarrollo y la sobrevivencia de este insecto dependen de la temperatura y la disponibilidad de alimento. De igual forma, autores como Romero y Cortina (2007), Jaramillo et al. (2009) y Ruiz-Cárdenas y Baker (2010), realizaron la estimación de parámetros poblacionales con el uso de tablas de vida.

Cuando se realiza la comparación del desempeño biológico y reproductivo de la broca del café, en la literatura se reportan diferencias en cuanto a susceptibilidad de diferentes materiales del género *Coffea* (LePelley, 1968; Matiello et al., 2002; Molina, 2020), es así como Romero & Cortina (2007) reportan bajo desempeño reproductivo en *Coffea liberica*, comparado con otros materiales de *Coffea arabica*, información corroborada por Giraldo-Jaramillo et al. (2021), confrontando parámetros biológicos y reproductivos de varios genotipos de *Coffea canephora*, *C. liberica* y *C. arabica* en laboratorio, bajo diferentes condiciones térmicas (datos sin publicar).

El Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé ha optado por la estrategia de utilización de la diversidad genética como eje central de los programas de mejoramiento de variedades de café, para la obtención de materiales con resistencia durable a la roya del cafeto (Flórez et al., 2021). En el año 2002, se entregó la variedad Tabi, la cual es recomendada en regiones con sistemas producción tradicional que emplea variedades de porte alto (Moreno, 2002); esta variedad presenta excelente desempeño agronómico y calidad en la taza, llegando a clasificarse como “café especial”.

El presente estudio buscó determinar el desempeño biológico y reproductivo de *H. hampei* en *Coffea arabica* var. Tabi a tres temperaturas constantes, con la construcción de la tabla de vida de fertilidad parcial de esta plaga, en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron insectos procedentes de la cría de broca del café, localizada en la Planta Piloto-Disciplina de Entomología del Centro Nacional de Investigaciones de Café- Cenicafé (Manizales, Caldas). La cría se estableció sobre

café pergamino variedad Tabi, con 65% de humedad del grano, manteniéndose en un cuarto climatizado a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65\% \pm 10\%$ HR y 24 de escotofase.

Biología de *H. hampei* en diferentes temperaturas

Los parámetros biológicos de *H. hampei* se evaluaron en las temperaturas constantes de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y $30 \pm 1^\circ\text{C}$; en placas de cultivo de 24 pozos (Techno Plastic Products® referencia 920024), con dieta artificial Cenibroca modificada (Giraldo-Jaramillo y Parra, 2018), fabricada con *Coffea arabica* var. Tabi; el uso de esta técnica permitió determinar en qué fase de desarrollo se encontraban los insectos. El secado de las dietas se realizó en una estufa a 47°C , hasta alcanzar una humedad entre el 50%-55%, en cada pozo se dispusieron de 3,0 a 4,0 mL de dieta y se depositó un huevo obtenido de la cría, de 24 horas de edad; posteriormente, se realizó la evaluación diaria hasta alcanzar la fase adulta. Por cada temperatura se tuvieron 150 huevos, a los cuales se les registró el estado de desarrollo y sobrevivencia, y al alcanzar la fase adulta se determinó la proporción sexual, de acuerdo a la Ecuación <1>, donde ♀ es número de hembras y ♂ número de machos:

$$(ps = \frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}) <1>$$

Para los parámetros biológicos de duración de los estados biológicos de CBB se estimaron los intervalos de confianza a nivel del 95% y el valor medio de sobrevivencia con su error de estimación.

Tabla de vida de la fertilidad parcial de *H. hampei* en diferentes temperaturas

Para construir la tabla de vida de fertilidad parcial, se infestaron 70 granos de café pergamino con 65% de humedad, por

temperatura a ser evaluada ($20, 25$ y $30 \pm 1^\circ\text{C}$), cada grano fue individualizado en viales de borosilicato con tapa de plástico, y se infestó con una hembra de broca de 35 días de edad, procedente de la cría, los viales fueron acondicionados en cámaras climatizadas, de acuerdo a las temperaturas de trabajo antes mencionadas, después de 28 días de infestados para las temperaturas de 25°C y 30°C , y para 20°C al día 56 después de la infestación (DDI). De acuerdo a información previa reportada por Giraldo-Jaramillo (2016), se disecaron al azar 50 granos/temperatura para determinar el número de estados inmaduros de broca y la sobrevivencia de la hembra fundadora. Con el número total de estados (sumatoria: huevos+larvas+pupas+adultos jóvenes), para cada temperatura, se estimó el promedio con su respectivo intervalo de confianza al 95% y al final de cada temperatura se determinó el porcentaje total de hembras fundadoras vivas, con su error de estimación.

Para confeccionar la tabla de fertilidad parcial por cada temperatura, se utilizó la información obtenida de *H. hampei*: duración de desarrollo huevo-adulto, sobrevivencia de estados inmaduros, razón sexual, supervivencia de hembras y número de huevos por hembra. Los datos obtenidos para el número de hembras vivas cada día a cada edad (x) y el número de huevos depositados cada día se utilizaron para calcular la base de parámetros poblacionales, de acuerdo a la metodología propuesta por Maia et al. (2000): fecundidad bruta (Mx), supervivencia (lx), fecundidad (mx), función de fecundidad neta (lx.mx), tasa de reproducción neta (R_0) (Ecuación <2>) tasa de crecimiento intrínseca (rm) (Ecuación <3>) y tiempo generacional (T) (Ecuación <4>). La técnica Bootstrap se utilizó para calcular la varianza de los parámetros estimados, según Meyer et al. (1986) utilizando el programa estadístico R core-team 3.6.1 (2020).

$$Ro = \sum l_x \cdot m_x \quad <2>$$

$$r_m = \frac{\ln(Ro)}{T} \quad <3>$$

$$T = \frac{\ln(Ro)}{r_m} \quad <4>$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biología de *Hypothenemus hampei* en diferentes temperaturas

La temperatura influyó en la duración del ciclo de vida de la broca del café, con diferencias estadísticas en el número promedio de días necesarios para completar el ciclo de vida en las tres temperaturas evaluadas (Tabla 1). La temperatura de 30°C fue donde el insecto tuvo el ciclo de vida más corto comparado con las temperaturas de 20°C y 25°C, concordantes con los trabajos de diferentes autores, a temperaturas entre 25°C a 30°C (Giraldo-Jaramillo et al., 2018; Portilla et al., 2014; Jaramillo et al., 2009; Costa & Villacorta, 1989).

Para la razón proporción sexual en las temperaturas evaluadas (Tabla 1) no hubo diferencias entre las temperaturas. Con relación

a estudios de Portilla et al. (2014) y Jaramillo et al. (2009), los valores de proporción sexual encontrados son similares a los reportados previamente, con una proporción sexual entre 0,82–0,87.

La sobrevivencia total de huevo hasta adulto presentó diferencias entre las temperaturas (Figura 1), con mayor mortalidad a 30°C, 53% mayor comparada con las otras temperaturas que estuvieron entre 81% y 87%; Jaramillo et al. (2009), con una población procedente de África, relata sobrevivencias de huevo-adulto para esta temperatura del 60%. De acuerdo con Giraldo-Jaramillo et al. (2018), la sobrevivencia de este insecto disminuye a partir de 28°C, hasta encontrar que a 35°C se presenta mortalidad del 100% a nivel de larva. Información concordante con el cultivo del café, ya que se considera que temperaturas superiores de 30°C son no aptas para la producción (Nunes et al., 1968; Jaramillo & Guzmán, 1984; Pereira et al., 2008).

El número promedio de estados de vida de *H. hampei*, entendido como la sumatoria de estados biológicos (huevo+larva+pupa) por hembra, fue de 14,3 para 30°C, 27,1 para 25°C y 21,1 para 20°C. La temperatura de

Tabla 1. Duración media en días, del ciclo total (huevo-adulto) (\pm IC 95%), y proporción sexual a 20°C, 25°C y 30 \pm 1°C de *Hypothenemus hampei*, en dieta artificial modificada. HR: 65 \pm 10% y escotofase: 24 horas.

Temperatura °C	n	Parámetro			
		Duración		Proporción sexual*	
		Media (IC 95%)		Media (IC 95%)	
20	150	54,0	(52,2-55,8)	0,82	0,81-0,83
25	150	31,3	(30,3-32,3)	0,82	0,80-0,84
30	150	26,5	(27,3-25,7)	0,82	0,81-0,83

* Proporción sexual = $\frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}$ es número de hembras y $\frac{\text{♂}}{\text{♀} + \text{♂}}$ número de machos (rs = $\frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}$).

25°C fue la que presentó el mayor número de individuos (Figura 2). Para las temperaturas de 25°C y 30°C las evaluaciones finalizaron en el día 28 después de infestados (DDI) ante la presencia de hembras de la F₁, y para la temperatura de 20 °C, al día 56 DDI.

Las hembras fundadoras continuaban vivas en su mayoría, para cada una de las temperaturas evaluadas, se obtuvieron los siguientes resultados: a 20°C el 89±0,02% (Prom±DS), a 25 °C el 88±0,02%) y a 30°C

69±0,05%, cabe resaltar que la evaluación se dio por finalizada cuando se detectó presencia de hembras procedentes de la F₁.

Los valores de estados biológicos acumulados encontrados difieren con los resultados de Jaramillo et al. (2009), quienes reportan valores netos entre 201,5±19,4 a 64,3±8,4 huevos/hembra, en temperaturas entre 25°C y 30°C, respectivamente. Es posible que estos valores correspondan a toda la capacidad reproductiva del insecto

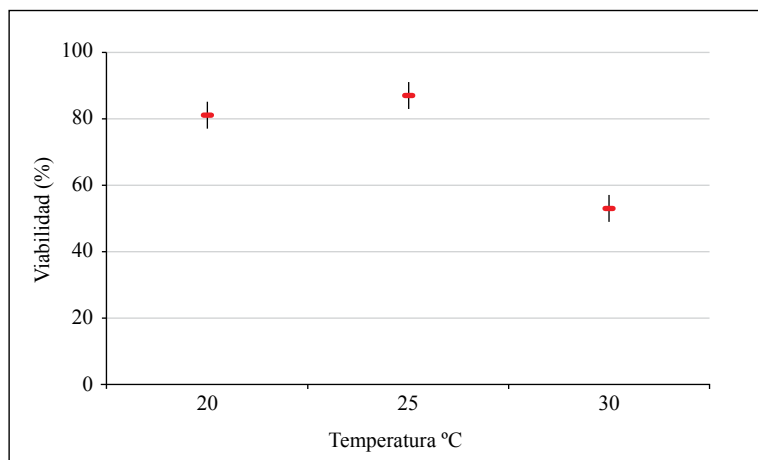


Figura 1. Promedio de sobrevivencia total (huevo-adulto) e intervalos de confianza al 95% de *Hypothenemus hampei* en tres temperaturas constantes, en dieta artificial. HR: 65±10% y escotofase: 24 horas.

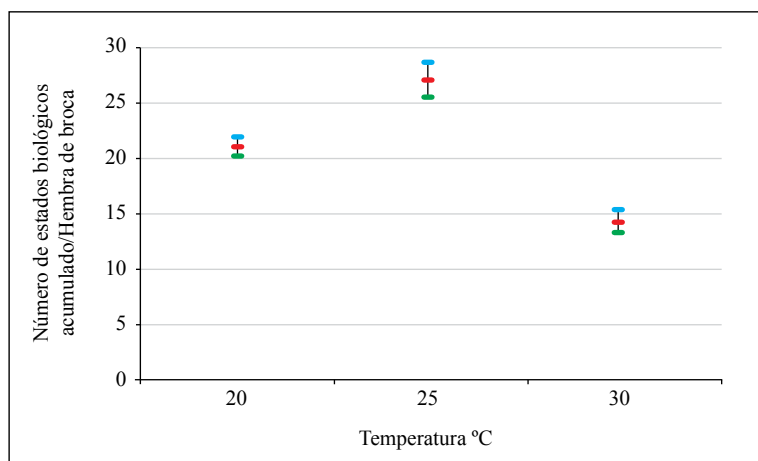


Figura 2. Promedio de estados biológicos acumulados e intervalos de confianza al 95% por hembra de *Hypothenemus hampei*, en granos de café pergamino var. Tabi. HR: 65±10% y escotofase: 24 horas.

durante la duración total del adulto, para cada condición térmica evaluada. Otros autores como Romero y Cortina (2004) en granos de café pergamino var. Caturra, registraron una media de 42 huevos/hembra después de 24 días de infestación, en una temperatura de 27°C. Bergamin (1943) encontró un promedio de 41,3 huevos/hembra a 27°C, y Portilla (1999) reporta valores de fecundidad a los 40 días en café pergamino de 26,9 huevos/hembra a 27°C, 27 días después de infestación. Ninguno de estos autores reporta los valores de sobrevivencia observados para cada condición térmica. Es importante tener en cuenta, que la fecundidad puede estar relacionada con el tipo de genotipo de café empleado.

Tabla de vida de fertilidad parcial de *H. hampei* a diferentes temperaturas

Se calcularon diferentes parámetros de crecimiento poblacional para *H. hampei* a 20°C, 25°C y 30°C. La tasa neta de reproducción (R_0) presentó diferencias entre las temperaturas evaluadas, con los valores más altos a 25°C comparados con las otras dos temperaturas (Figura 3). Los valores de R_0 son el producto de la sobrevivencia de las

hembras y la fecundidad (Gotelli, 2008), siendo un indicador de cuáles son las temperaturas óptimas para el crecimiento poblacional. En este caso, hubo incremento poblacional en el rango de 20°C -25°C, siendo este rango de temperatura donde *C. arabica* se desarrolla de forma adecuada (Jaramillo, 2018), y según Giraldo-Jaramillo et al. (2018), la temperatura de 25°C es óptima para el desarrollo para *H. hampei*.

Los tiempos generacionales obtenidos en este trabajo presentan diferencias entre sí (Tabla 2). Existe una correlación inversa entre la temperatura y el tiempo generacional, similar a lo reportado por Portilla et al. (2014) en dieta artificial Cenibroca, con valores entre 37,97 y 47,66 días en temperaturas constantes de 29°C y 23°C, y Jaramillo et al. (2009) reportan valores entre 68 hasta 30,6 días en la franja de temperatura de 20°C a 30°C. Para Colombia, en condiciones de campo, Ruiz y Baker (2010) encontraron valores entre 54 y 50 días, entre una franja de temperatura media de 20,7°C a 21,6°C, y Romero y Cortina (2007) en condiciones de laboratorio con café pergamino var. Caturra, en temperatura constante de 27°C, reportaron un valor de tiempo generacional de 44,6 días.

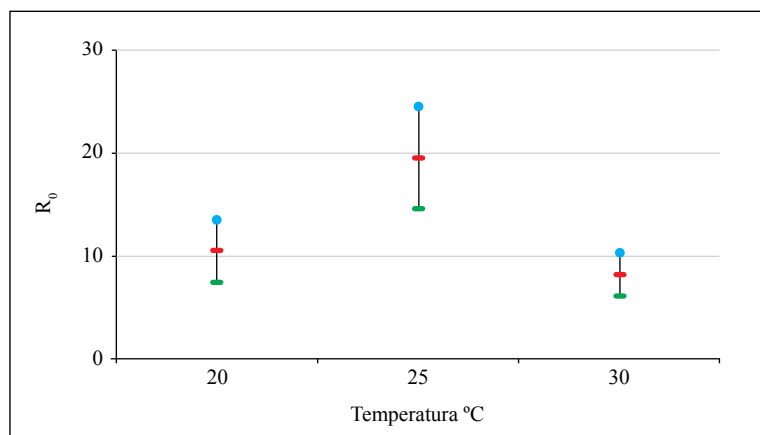


Figura 3. Promedio de la tasa neta de reproducción e intervalos de confianza al 95% de *Hypothenemus hampei*, en tres temperaturas constantes. HR: 65±10% y escotofase: 24 horas. N=50 hembras de *H. hampei*/temperatura.

Los valores de la razón infinitesimal de aumento (r_m) presentaron diferencias entre las temperaturas (Tabla 2); este parámetro depende del tiempo generacional, la sobrevivencia y la fecundidad (Birch, 1948; Gotelli, 2001). Todos los valores de r_m fueron mayores a 0, indicando que la población crece a cada generación en cada condición térmica. La temperatura de 25°C presentó el mejor desempeño, mostrando que esta puede determinarse como la temperatura óptima para que *H. hampei* desarrolle todo su potencial biológico.

Trabajos desarrollados con poblaciones en diferentes partes del mundo, muestran que poblaciones de Kenia en África obtuvieron valores de r_m entre 0,06 para 18°C, de 0,10 para las temperaturas de 23°C y 30°C y 0,14 para la temperatura de 25°C (Jaramillo et al., 2009), Giraldo-Jaramillo (2016) con población de São Paulo (Brasil) reporta valores de 0,06-0,07 para las temperaturas de 18°C -20°C y para la temperatura de 25°C reporta 0,09, siendo valores similares a los encontrados en este trabajo. Para Colombia,

trabajos desarrollados en el campo por Ruiz y Baker (2010), en temperaturas medias de 20,7°C a 21,6°C, reportan valores para r_m de 0,003 hasta 0,07. En condiciones de laboratorio este parámetro varía entre 0,06 a 0,07 en temperaturas de 25°C a 27 °C sobre café pergamino (Portilla, 1999; Portilla & Strett, 2006, Romero & Cortina, 2007), siendo similares a los reportados en este trabajo. Es importante recalcar que, dependiendo de la procedencia de las poblaciones de broca, pueden presentarse diferencias en los valores estimados, ya que puede existir una adaptación a la región de donde proceden.

Autores como Bale et al. (2002), sugieren que los efectos directos de la temperatura son más importantes que los efectos de otros factores del componentes abiótico como concentración de CO₂, regimenes de lluvia, entre otros. Por lo tanto, determinar los límites de tolerancia térmica de los insectos es fundamental para poder predecir las épocas de ocurrencia y los momentos críticos donde se incrementan las poblaciones.

Tabla 2. Promedio (IC 95%) de los parámetros de crecimiento poblacional de *Hypothenemus hampei*, en tres temperaturas constantes, en café pergamino var. Tabi. HR: 65±10% y escotofase: 24 horas.

Temperatura °C	T	R_m
20	56 a (54,5-57,5)	0,06 b (0,02-0,1)
25	31,9 b (30,9-32,9)	0,08 a (0,01-0,15)
30	29 c (28,5-29,5)	0,06 b (0,02-0,1)

T= tiempo de una generación; R_m = tasa infinitesimal de aumento. Promedios seguidos por las mismas letras en la columna no difieren significativamente (IC 95%). Parámetros comparados por análisis Bootstrap (10.000 repeticiones). N=50 hembras de *H. hampei*/temperatura.

El valor de las tablas de vida de fertilidad permite conocer los potenciales de crecimientos poblacionales, en diferentes condiciones térmicas, que ayudarían a comprender la dinámica de esta plaga para la decisiones de monitoreo y control; por ejemplo, cuando se presentan escenarios de incrementos térmicos en Colombia como eventos climáticos El Niño, y además, para hacer más eficientes las metodologías de cría en el laboratorio.

En Colombia, los cultivos de café se encuentran localizados entre 17°C a 24°C de temperatura media anual (Jaramillo, 2018). De acuerdo a trabajos desarrollados por Giraldo-Jaramillo et al. (2018), se presentan condiciones favorables para su desarrollo e incrementos poblaciones de *H. hampei* en las diferentes regiones del país, ya que la franja de temperaturas evaluadas entre 20°C a 30°C presentó desarrollo y reproducción por parte de la plaga, presentando su mejor desempeño biológico y reproductivo en la franja de temperaturas de 20°C a 25°C, información corroborada en este trabajo con las temperaturas evaluadas.

Puede concluirse que conocer el desempeño biológico y reproductivo de broca, con los diferentes materiales de café utilizados en Colombia, puede ayudar a ajustar estrategias de manejo integrado de esta plaga.

AGRADECIMIENTOS

A la señora Diana Soraya Rodríguez por la colaboración en la toma de información, al señor Antonio Montoya por la ayuda en los diferentes procesos de cría de broca del café, a la señora Gloria Patricia Naranjo en la fabricación de las dietas artificiales y al señor José Farid López por el suministro del material de café Tabi. Esta investigación fue financiada por el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Crossref Funder ID 100019597), proyecto número ENT101013.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

El autor ha leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J. C., Farrar, J., Good, J. E. G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T. H., Lindroth, R. L., Press, M. C., Symmioudis, I., Watt, A. D., & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>
- Benavides Machado, P., Gil-Palacio, Z., Constantino, L. M., Villegas García, C., & Giraldo-Jaramillo, M. (2013). Plagas del café: Broca, minador, cochinillas harinosas, arañita roja y monalonia. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 215–260). Cenicafe. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_24
- Bergamin, J. (1943). Contribuição para o conhecimento da biologia da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Ipidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 14, 31–72.
- Birch, L. C. (1948) The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *The Journal of Animal Ecology*, 17(1), 15–26. <https://doi.org/10.2307/1605>
- Brun, L. O., Gaudichon, V., & Wigley, P. J. (1993). An artificial diet for continuous rearing of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 14(5–6), 585–587. <https://doi.org/10.1017/S1742758400017963>
- Bustillo, A. E. (2007). El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia.

- Boletín Técnico Cenicafé*, 24, 1–40. <http://hdl.handle.net/10778/579>
- Costa, T., & Villacorta, A. (1989). Modelo acumulativo para *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) com base em suas exigências térmicas. *Annais da Sociedade Entomologica Brasileira*, 18, 90–97.
- Flórez, C. P., Quiroga-Cardona, J., & Arias, J. C. (2021). Variedades del Café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café, *Guía más agronomía, más productividad, más calidad* (3a ed., pp. 11–29). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0014_1
- Giraldo-Jaramillo, M. (2016). *Zoneamento de Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) e *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842), pragas do café no Brasil e na Colômbia, com base nas exigências térmicas [Tesis de Doctorado]. Universidade Estadual Paulista. <http://doi.org/10.11606/T.11.2016.tde-30112016-173124>
- Giraldo-Jaramillo, M., & Parra, J. R. (2018). Artificial diet adjustments for Brazilian strain of *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae). *Coffee Science*, 13(1), 132–135. <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1404>
- 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>
- Jaramillo, A. (2018). *El Clima de la Caficultura en Colombia*. Cenicafé. <https://www.cenicafe.org/es/publications/libroClima.pdf>
- Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F. E., Poehling, H.-M., & Borgemeister, C. (2009). Thermal Tolerance of the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of Climate Change Impact on a Tropical Insect Pest. *PLoS ONE*, 4(8), e6487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006487>
- Inward, D. J. G., Wainhouse, D., & Peace, A. (2012). The effect of temperature on the development and life cycle regulation of the pine weevil *Hylobius abietis* and the potential impacts of climate change. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(4), 348–357. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2012.00575.x>
- Le Pelley, R. H. (1968). *Pests of Coffee*. Longmans; Green & Co Ltd.
- Maia, A. de H., Luiz, A. J., & 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>
- Matiello, J.H., Santinato, R., Garcia, A.W. (2002). *Cultura de café no Brasil – novo manual de recomendações*. Fundação Procafé.
- 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>
- Portilla R., M. (1999). Desarrollo y evaluación de una dieta artificial para la cria masiva de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Revista Cenicafé*, 50(1), 24–38. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4166>
- Molina, D. (2022). Revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) con énfasis en la resistencia mediante antibiosis y antixenosis. *Revista Colombiana de Entomología*, 48(2), e11172. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11172>
- Moreno, G. (2002) Nueva variedad de café de porte alto resistente a la roya del café. *Revista Cenicafé*, 53(2), 132–143. <http://hdl.handle.net/10778/1021>
- Portilla, M., & Streeet, D. A. (2006). Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial Cenibroca modificada. *Revista Cenicafé*, 57(1), 37–50. <http://hdl.handle.net/10778/146>
- Portilla, M., Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., & Blanco, C. A. (2014). Life Tables as Tools of Evaluation and Quality Control for Arthropod Mass Production. En J. A. Morales-Ramos, M. G. Rojas, & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.), *Mass Production of Beneficial Organisms* (pp. 241–275). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00008-X>
- R Software Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing (3.6.1.) [Computer software]. <https://www.r-project.org>
- Romo, C. M., & Tylianakis, J. M. (2013). Elevated Temperature and Drought Interact to Reduce Parasitoid Effectiveness in Suppressing Hosts. *PLoS ONE*, 8(3), e58136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058136>

- Ruiz-Cárdenas, R., & Baker, P. (2010). Life table of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in relation to coffee berry phenology under Colombian field conditions. *Scientia Agricola*, 67(6), 658–668. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000600007>
- Romero, J. V., & Cortina-G, H. A. (2007). Tablas de vida de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) sobre tres introducciones de café. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 10–16. <https://doi.org/10.25100/socolen.v33i1.9308>
- Vega, F. E., Rosenquist, E., & Collins, W. (2003). Global project needed to tackle coffee crisis. *Nature*, 425(6956), Article 6956. <https://doi.org/10.1038/425343a>