

EFFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA DURACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE *Hypothenemus hampei* EN DIETA ARTIFICIAL CENIBROCA

Marisol Giraldo Jaramillo*

GIRALDO J., M. Efecto de la humedad relativa sobre la duración y sobrevivencia de *Hypothenemus hampei* en dieta artificial Cenibroca. Revista Cenicafé 69(1):32-39. 2018

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) es una de las principales plagas del cultivo del café a nivel mundial, la biología y el comportamiento son afectados por la temperatura, humedad y disponibilidad de alimento, pero existe poca información sobre el efecto de la humedad. Este estudio, tuvo como objetivo evaluar el efecto de la humedad relativa del aire sobre la duración y viabilidad de los estados inmaduros de broca del café. Los resultados mostraron que las diferentes condiciones higrométricas evaluadas no afectaron la duración de cada uno de los estados biológicos, pero impactaron negativamente la sobrevivencia de los huevos y las larvas, siendo las humedades de 30% y 90% donde se presentaron las mayores mortalidades. Estos resultados pueden ayudar a ajustar estrategias de control cultural dentro del MIP para mitigar el impacto en los frutos caídos en el suelo y mantener las poblaciones del insecto por debajo del nivel de daño económico.

Palabras clave: Condiciones higrométricas, desarrollo, viabilidad, broca del café, frutos del suelo.

EFFECT OF RELATIVE HUMIDITY ON DEVELOPMENTAL TIME AND SURVIVAL OF *Hypothenemus hampei* ON A CENIBROCA ARTIFICIAL DIET

The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) is one of the main insect pests of coffee crops worldwide. Its biological features and behavior are affected by temperature and food availability, but there is little information about the effect of humidity. This study aimed to evaluate the effect of relative air humidity on duration and survival of the CBB immature stages. The results showed that different evaluated hygrometric conditions did not affect the duration of each of the CBB biological stages, but they negatively impacted the survival of the eggs and larvae. The highest mortality rates occurred at humidities of 30% and 90%. These results are useful to adjust cultural control strategies within the IPM approach in order to reduce the impact of coffee fruits that have dropped to the ground and to keep the insect populations below economic damage levels.

Keywords: Hygrometric conditions, development, survival, coffee berry borer, fallen fruits.

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

La temperatura es el factor físico más importante, pues afecta aspectos biológicos como reproducción, fecundidad, duración de desarrollo, tasas de emergencia y la longevidad de los insectos (4, 7, 17, 26); otro factor abiótico determinante y poco estudiado es la humedad relativa del aire, debido a que condiciones de baja o alta humedad pueden ser perjudiciales para la reproducción y el desarrollo de algunas especies (4, 19, 27). Potencialmente, la variabilidad climática, con alteraciones de los patrones térmicos de lluvias y humedad, pueden afectar diferentes aspectos del ciclo de vida y ecología de los insectos, especialmente aquellos relacionados con la disponibilidad de energía y humedad (18, 23).

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) (Ferrari, 1867) es considerada la plaga más importante en el cultivo del café a nivel mundial, por atacar directamente el grano, ocasionando pérdidas de peso, depreciando el producto y generando problemas de calidad de la bebida, lo cual reduce significativamente los ingresos de los productores (5, 8, 20, 24).

Diversos trabajos han sido desarrollados para determinar el ciclo de vida de *H. hampei* en el laboratorio (6, 7, 21, 25, 28, 29, 30, 31, 32), concluyendo que el desarrollo de los estados inmaduros y la sobrevivencia dependen principalmente de la temperatura y la presencia de alimento; Baker *et al.* (3), encontraron que la humedad relativa del aire juega un papel importante en la sobrevivencia de los adultos y estados inmaduros, ya que humedades inferiores al 50% pueden aumentar la mortalidad de este insecto, de igual manera afecta la emergencia de las brocas adultas en búsqueda de frutos para colonizar, debido a que éstas solo abandonan los frutos ante altas humedades.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar en el laboratorio, la duración y sobrevivencia de los estados inmaduros de *H. hampei* en dieta artificial Cenibroca, en cuatro humedades relativas (30%, 50%, 70% y 90%), a una temperatura constante de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y escotofase de 24 horas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue desarrollada en el laboratorio de Biología de Insectos del Departamento de Entomología y Acarología de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidad de São Paulo, Piracicaba, Brasil (latitud $22^\circ 42' 51,0366''\text{S}$, longitud $47^\circ 37' 41,556''\text{O}$).

Para iniciar la cría de *H. hampei* se recolectaron frutos de *Coffea arabica*, que estuvieran infestados por broca, en los municipios de Piracicaba (latitud $22^\circ 42' 51,0366''\text{S}$, longitud $47^\circ 37' 41,556''\text{O}$) y Campinas (latitud $22^\circ 52' 30,8274''\text{S}$, longitud $47^\circ 41' 44,5584''\text{O}$), São Paulo, Brasil; los cuales fueron llevados al laboratorio de biología de insectos en el Departamento de Entomología y Acarología de ESALQ-USP en Piracicaba.

Los frutos recolectados fueron dispuestos en cajas plásticas cubiertas con tela tipo tul. Diariamente se realizó la recolección de las hembras emergidas de los frutos, estos insectos fueron transferidos a café pergamino con humedad del 55% aproximadamente, bajo condiciones de temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de $65 \pm 10\%$ y escotofase de 24 horas, para posteriormente recuperar las hembras (G₁ = Generación 1).

Las hembras (G₁) recolectadas del café pergamino fueron transferidas a recipientes de vidrio (borosilicato 24-400, tipo *screw* transparente, de 20 mL y dimensiones 28

x 57 mm y tapa de rosca fenólica, con revestimiento en PTFE/caucho, para recipientes de vidrio 24-400, blancos), conteniendo 5 mL de dieta artificial (Tabla 1), para la obtención de los huevos para ser utilizados en el experimento.

Tabla 1. Composición de la dieta artificial Cenibroca (15), para cría de *Hypothenemus hampei*.

| Componente | Cantidad ^a |
|--|-----------------------|
| Carregenina | 10,0 g |
| Agua | 993,0 mL |
| Café | 150,0 g |
| Sacarosa | 10,0 g |
| Caseína | 15,0 g |
| Levadura de cerveza | 15,0 g |
| Ácido benzoico | 1,0 g |
| Solución vitamínica ^b | 7,4 ml |
| Sales de Wesson | 0,8 g |
| Formaldehído 37% | 2.650 µL |
| Methyl parahydroxibenzoato (Nipagin [®]) | 1,33 g |

^aGiraldo-Jaramillo y Parra (15); ^bNiacinamida: 1,00 g; calcio pantothenato: 1,00 g; Riboflavina: 0,50 g; Tiamina: 0,25 g; Piridoxina: 0,25 g; ácido fólico: 0,02 mg; Biotina: 0,02 mg; Vitamina B12 (1.000 mg/mL): 2,00 mL.

Biología de *H. hampei* en diferentes humedades relativas del aire

La temperatura seleccionada para realizar los bioensayos fue de 25±1°C, por ser la condición que presenta mejor desempeño en cuanto a la duración y la sobrevivencia de los estados inmaduros (14) y escotofase de 24 horas. El experimento se mantuvo en cámaras climatizadas tipo BOD, con humedades relativas controladas de 30±10%, 50±10%, 70±10% y 90±10%.

Se tomaron huevos de 24 horas de edad, procedentes de las hembras G1, que fueron colocados individualmente en cajas

de cultivo de 24 pozos de Techno plastic products[®] referencia 920024, conteniendo la dieta artificial para broca del café (3-4 mL de dieta/pozo) (14, 15).

Para el acompañamiento diario hasta la fase adulta, para cada humedad relativa fue evaluada una repetición, constituida por una población de 400 individuos, colocando un huevo por pozo, donde se contabilizó: la duración de desarrollo de cada estado biológico y sobrevivencia desde huevo hasta adulto. Las dietas al inicio del experimento tenían una humedad del 55%-60%, la humedad de las dietas fue determinada a través del peso (medición cada 5 días), cuando éstas se encontraban con menos del 20% de humedad o con presencia de microorganismos, eran reemplazadas por nuevas. La normalidad y homocedasticidad de los datos de duración, sobrevivencia de las fases de huevo, larva, prepupa y pupa de *H. hampei*, fueron verificadas por medio de las pruebas de Bartlett (P<0,05) y Shapiro-Wilk (P<0,05).

Los parámetros biológicos duración y sobrevivencia se compararon por el modelo lineal generalizado GLM (familia Poisson). Se realizaron comparaciones múltiples por contraste, con la prueba de Tukey (P≤0,05) en el programa SAS, *Statistical Analyses System* (33).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biología de *H. hampei* en diferentes humedades relativas del aire

Para la duración en días, en los diferentes estados de desarrollo no se observaron diferencias estadísticas significativas (P<0,05), pero en la viabilidad se presentaron diferencias estadísticas en las humedades relativas estudiadas (Tabla 2).

En el estado de huevo, la duración en días fue estadísticamente igual, pero en la viabilidad se presentaron diferencias en las humedades extremas (Tabla 2), los huevos expuestos a las humedades del 30% y 90%, fueron afectados de diferente manera. En las humedades bajas se observó desecamiento del corion y, por ende, muerte del embrión, mientras que en la humedad del 90% se observó proliferación de agentes contaminantes tipo hongos. Estos resultados son concordantes con los registrados por Baker *et al.* (3), quienes mencionan que las bajas humedades relativas (<50%) afectan la sobrevivencia de los diferentes estados biológicos de *H. hampei*.

En el estado de larva se presentó un comportamiento similar a la fase de huevo, sin diferencias estadísticas significativas en la duración, pero la viabilidad fue diferente en las humedades relativas extremas (30% y 90%). Esta situación puede explicarse, debido a que las larvas en la humedad del 30% presentaron una mortalidad del 28%, donde los insectos se apreciaban deshidratados, así mismo el sustrato alimenticio presentó pérdida de agua acelerada, haciéndolo poco consumible por el insecto; en la humedad relativa del 90%, fue común la presencia de agentes contaminantes tipo hongos, que deterioran rápidamente el alimento y se observaron larvas colonizadas por dichos

Tabla 2. Duración y viabilidad media (\pm DE) de las fases de huevo, larva, prepupa, pupa, período huevo-adulto de *Hypothenemus hampei*, en cuatro humedades relativas del aire constantes, en la dieta artificial Cenibroca (15). Temperatura: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y escotofase: 24 horas.

| Humedad relativa (%) | Duración (días) * | | | | | |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | N | Huevo | Larva | Prepupa | Pupa | Huevo-adulto |
| 30 | 400 | 4,2 \pm 0,6 a | 8,7 \pm 0,8 a | 4,9 \pm 0,9 a | 5,3 \pm 0,7 a | 23,3 \pm 1,3 a |
| 50 | 400 | 4,1 \pm 0,7 a | 8,8 \pm 0,9 a | 4,9 \pm 0,9 a | 5,4 \pm 0,6 a | 23,2 \pm 1,3 a |
| 70 | 400 | 4,4 \pm 0,5 a | 8,6 \pm 0,9 a | 5,0 \pm 0,9 a | 5,3 \pm 0,7 a | 23,4 \pm 1,4 a |
| 90 | 400 | 4,2 \pm 0,7 a | 8,9 \pm 0,8 a | 4,9 \pm 0,9 a | 5,3 \pm 0,6 a | 23,4 \pm 1,3 a |
| F | | 0,922 | 3,008 | 0,008 | 1,685 | 1,082 |
| gl | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| P | | 0,337 | 0,0832 | 0,928 | 0,195 | 0,298 |

| Humedad relativa (%) | Viabilidad (%) | | | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | N | Huevo | Larva | Prepupa | Pupa | Huevo - adulto |
| 30 | 400 | 79 \pm 9,6 b | 72 \pm 2,9 b | 85 \pm 5,1a | 97 \pm 2,1 a | 47 \pm 3,4 b |
| 50 | 400 | 92 \pm 3,3 a | 94 \pm 2,9 a | 92 \pm 2,6a | 98 \pm 1,0 a | 75 \pm 3,5 a |
| 70 | 400 | 96 \pm 1 a | 90 \pm 1,6a | 94 \pm 1,3 a | 96 \pm 1,1 a | 78 \pm 6,4 a |
| 90 | 400 | 81 \pm 1,5b | 78 \pm 2,9b | 91 \pm 3,1 a | 96 \pm 1.2 a | 55 \pm 1,2 b |
| F | | 4,639 | 1,408 | 1,058 | 0,818 | 0,844 |
| gl | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| P | | <0,0001 | <0,0001 | 0,321 | 0,381 | <0,0001 |

Promedios seguidos por la misma letra, en las columnas no son significativamente diferentes (Tukey, $P < 0,05^*$) El número de repeticiones es dado por el valor de n.

organismos, lo cual posiblemente contribuyó con la mortalidad de los mismos.

Las fases de prepupa y pupa no presentaron diferencias estadísticas para la duración y la sobrevivencia, esta situación puede deberse a que en estas fases no hay proceso de ingesta de alimento, razón por la cual, el estado del sustrato alimenticio no es determinante y las mortalidades registradas pueden estar relacionadas con el desecamiento o contaminación de los estados biológicos.

La duración total del ciclo de huevo hasta adulto fue estadísticamente similar; la sobrevivencia total presentó diferencias en las humedades del 30% y 90% con relación a las otras evaluadas, este efecto es el resultado de las bajas sobrevivencias observadas en las fases de huevo y larva.

De acuerdo con Godfrey y Holtzer (16), el período de incubación y el porcentaje de eclosión de los huevos de los insectos pueden sufrir alteraciones debido a las altas temperaturas y bajas humedades del aire o del suelo. El presente trabajo demostró el efecto que tiene la humedad relativa sobre el desarrollo de *H. hampei*, sin afectar la duración de los estados inmaduros, pero sí su sobrevivencia; Baker *et al.* (3) encontraron que humedades relativas superiores al 93% favorecen la sobrevivencia de los adultos, pudiendo generar más prole, pero humedades relativas inferiores del 55% tienen un impacto negativo en la reproducción y sobrevivencia, debido a que las brocas adultas abandonan los frutos muy posiblemente en busca de mejores condiciones de humedad (2).

En esta investigación las humedades extremas (30%-90%) fueron menos favorables para la sobrevivencia de los estados inmaduros, ya que posiblemente la condición del sustrato alimenticio no fue conveniente para el insecto.

La temperatura y la humedad son dos factores abióticos importantes en la comprensión de las dinámicas poblacionales de *H. hampei*. De acuerdo a trabajos desarrollados por Giraldo (14) y Jaramillo *et al.* (21), existe una relación entre el desarrollo y sobrevivencia en función de la temperatura, a mayor temperatura menor desarrollo y mayor sobrevivencia en la franja térmica de 18 a 28°C, a partir de esta temperatura el efecto sobre el insecto es negativo, con mayor duración de los estados biológicos y disminución en la sobrevivencia, afectando así parámetros reproductivos, dando como resultado menor cantidad de huevos y menores tasas de crecimiento poblacional.

Estos resultados pueden ayudar a generar o ajustar estrategias de control cultural, implementadas dentro de un programa de manejo integrado de broca del café (MIB), debido a que, al manipularse el microclima de los cafetales pueden generarse condiciones poco favorables para el desarrollo del insecto y que impacten la sobrevivencia de los estados inmaduros. De acuerdo con trabajos desarrollados por Chamorro *et al.* (10), después de la cosecha pueden quedar alrededor del 10% de frutos en el árbol y el suelo, siendo esos frutos considerados como reservorios, donde la broca puede continuar con su reproducción; además, los frutos en el suelo durante períodos secos perduran por más tiempo, permitiendo la emergencia de un mayor número de insectos, hasta por 100 días (9), mientras que en períodos lluviosos estos valores disminuyen (11), posiblemente por las altas humedades del suelo que favorecen la descomposición de los frutos, afectando la calidad del alimento e impactando negativamente la sobrevivencia de los estados inmaduros de broca del café.

Los frutos en el suelo son una problemática recurrente en la caficultura de Colombia, esta caída ocurre por factores climáticos, fisiológicos

(1) y por las labores de cosecha (22), por lo que se han desarrollado diversos trabajos para minimizar esta pérdida y disminuir las poblaciones de broca del café resultantes de estos frutos (12). Podría estudiarse la posibilidad de usar coberturas vegetales muertas y microorganismos que ayuden a la descomposición en los platos del café, ya que éstas ayudarían a incrementar la humedad de esta zona, acelerando el proceso de desintegración de los frutos remanentes en el suelo después de la cosecha y así disminuir la cantidad de brocas que podrían emerger de ellos. Constantino *et al.* (11), encontraron que, por cada fruto de café dejado en el suelo, a una temperatura media de 22,5°C, pueden generarse alrededor de 590 individuos de *H. hampei* en un lapso de cinco meses, mostrando la importancia de minimizar el impacto de estos frutos.

El uso de coberturas vegetales en la caficultura colombiana, es importante, especialmente en aquellas regiones localizadas a 10°22' N y -73°38'O, por los regímenes de distribución de las lluvias donde la alternativa empleada para mitigar el impacto negativo en el cultivo del café es la asociación con árboles de sombrío que ayuden a conservar la humedad dentro del agrosistema. Farfán *et al.* (13), evaluaron el efecto del uso de coberturas muertas o *mulch* con efectos favorables sobre la producción de café, abriendo la posibilidad de investigar el impacto que puede tener el uso de estas coberturas para ayudar a modificar las condiciones de humedad del suelo en el plato y el impacto sobre las poblaciones de broca en los frutos del suelo.

También es necesario determinar el efecto de la interacción de la temperatura con la humedad relativa, para determinar cuáles serían los efectos sobre el crecimiento de las poblaciones de broca del café, que ayudarían

a soportar mejor el entendimiento de las dinámicas que se observan en el campo y así ajustar mejor la toma de decisiones de control.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de biología de insectos del departamento de Entomología y Acarología de la escuela superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidad de Sao Paulo, ESALQ-USP, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil; a la doctora Esther C. Montoya de la Disciplina de Biometría por la ayuda en los análisis estadísticos.

LITERATURA CITADA

1. ACOSTA A., R.; OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R. Recolección de frutos de café caídos al suelo. *Cenicafé* 57(4):312-319. 2006.
2. BAKER, P.S.; BARRERA, J.F.; RIVAS, A. Life-history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *Journal of applied ecology* 29(3):656-662. 1992.
3. BAKER, P.S.; RIVAS, A.; VALBUENA, R.; LEY, C.; BARRERA, J.F. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Entomologia experimentalis et applicata* 71(3):201-209. 1994.
4. BALE, J.; MASTERS, G.J.; HODKINSON, I.D.; AWMACK, C.; BEZEMER, M. Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global change biology* 8(1):1-16. 2002.
5. BENAVIDES M., P.; GIL P., Z.N.; CONSTANTINO C., L.M.; VILLEGAS G., C.; GIRALDO J., M. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae). p. 216-225. En: CENICAFÉ. Manual cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Manizales: FNC: Cenicafé, 2013. 3 vols.
6. BERGAMIN, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca-do-café *Hypothenemus hampei*

- (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Ipidae). Arquivos do instituto biologico 14:31-72. 1943.
7. BRUN, L.O.; GAUDICHON, V.; WIGLEY, P.J. An artificial diet for continuous rearing of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Insect science and its application 14(5/6):585-587. 1993.
 8. BUSTILLO P., A.E.; CÁRDENAS M., R.; VILLALBA G., D.A.; BENAVIDES M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F.J. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná : Cenicafé, 1998. 134 p.
 9. CASTAÑO, A.; BENAVIDES M., P.; BAKER, P. Dispersión de *Hypothenemus hampei* en cafetales zoqueados. Cenicafé 56(2):142-150. 2005.
 10. CHAMORRO, G.E.; CARDENAS, R.; HERRERA, A. Evaluación económico y de la calidad en taza de café proveniente de diferentes sistemas de recolección manual, utilizables como control en cafetales infestados de *Hypothenemus hampei*. Cenicafé 46(3):164-175. 1995.
 11. CONSTANTINO C., L.M.; GIL P., Z.N.; BUSTILLO P., A.E.; BENAVIDES M., P. Impacto de los frutos de café caídos al suelo e infestados por broca, *Hypothenemus hampei*, sobre la infestación en el árbol. Medellín : Sociedad colombiana de entomología, 2009.
 12. CONSTANTINO C., L.M.; OLIVEROS T., C.E.; BENAVIDES M., P.; SERNA G., C.A.; RAMÍREZ G., C.A.; MEDINA R., R.D.; ARCILA M., A. Dispositivo recolector de frutos de café del suelo para el manejo integrado de la broca. Cenicafé 68(1):22-37. 2017.
 13. FARFÁN V., F.F.; BAUTE B., J.E.; GARCÍA L., J.C. Efecto de las coberturas arbórea y vegetal muerta sobre la producción de café, en la zona cafetera norte de Colombia. Cenicafé 59(1):29-38. 2008.
 14. GIRALDO J., M. Zoneamento de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) e *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842), pragas do cafeeiro no Brasil e na Colômbia, com base nas exigências térmicas. Piracicaba : USP : ESALQ, 2016. 156 p. Tesis: Doutor em ciencias área entomologia.
 15. GIRALDO J., M.; PARRA, J.R.P. Artificial diet adjustments for Brazilian strain of *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae). Coffee science 13(1):132-135. 2018.
 16. GODFRE, L.D.; HOLTZER, T.O. Influence of temperature and humidity on European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) egg hatchability. Environmental entomology 20(1):8-14. 1991.
 17. HARRISON, W.W.; KING, E.G.; OUZTS, J.D. Development of *Trichogramma exiguum* and *T. pretiosum* at five temperature regimes. Environmental entomology 14(2):118-121. 1985.
 18. HANCE, T.; BAAREN, J.V.; VERNON, P.; BOIVIN, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. Annual review of entomology 52:107-12. 2007.
 19. HUGHES, L. Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent?. Trends in ecology and evolution 15(2):56-61. 2000.
 20. JARAMILLO, J.; BORGEMEISTER, C.; BAKER, P. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) searching for sustainable control strategies. Bulletin entomological research 96(3):223-233. 2006.
 21. JARAMILLO, J.; CHABI O., A.; KAMONJO, C.; JARAMILLO, A.; VEGA, G. Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of climate change impact on a tropical insect pest. PLoS One 4(8):e6487. 2009.
 22. MARTÍNEZ, R.A.; MONTOYA R., E.C.; VÉLEZ, J.C.; OLIVEROST., C.E. Estudio de tiempos y movimientos de la cosecha manual del café en condiciones de alta pendiente. Cenicafé 56(1):50-66. 2005.
 23. MENENDEZ, R. How are insects responding to global warming? Tijdschrift voor entomologie 150(2):355-365. 2007.
 24. MONTOYA R., E.C. Caracterización de la infestación del café por la broca y el efecto del daño en la calidad de la bebida. Cenicafé 50(4):245-258. 1999.
 25. MUÑOZ, R. Ciclo biológico y reproducción partenogénica de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferr). Turrialba 39(3):415-421. 1989.
 26. NOLDUS, L.P.J.J. Semiochemicals, foraging behavior and quality of entomophagous insects for biological control. Journal of applied entomology 108(1/5):425-451. 1989.
 27. PARRA, J.R.P. A biologia de insetos e o manejo de pragas: Da criação em laboratório à criação em

- campo. p. 1-29. En: GUEDES, J.V.C.; COSTA, I.D. DA; CASTIGLIONI, E. Bases e técnicas do manejo de insetos. Santa Maria : UFSM : CCR : DFS, 2000. 248 p.
28. PORTILLA, M. Desarrollo y evaluación de una dieta artificial para la cría masiva de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Cenicafé* 50(1):24-38. 1999.
29. PORTILLA, M.; STRETT, D. Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial Cenibroca modificada. *Cenicafé* 57(1):37-50. 2006.
30. PORTILLA, M.; MORALES R., J.A.; ROJAS, M.G.; BLANCO, C.A. Life tables as tools of evaluation and quality control for arthropod mass production. p. 241-275. En: MORALES R., J.A.; ROJAS, M.G.; SHAPIRO, L. Mass production of beneficial organisms. Palo Alto : Academic press, 2014.
31. ROMERO, J.V.; CORTINA, H. Tablas de vida de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en tres accesiones de café. *Revista colombiana de entomología* 33(1):10-16. 2007.
32. RUIZ C., R.; BAKER, P. Life table of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in relation to coffee berry phenology under colombian field conditions. *Scientia agricola* 67(6):658-668. 2010.
33. SAS Institute. SAS/STAT® 9.4 user's guide. North Carolina : SAS Institute, 2014.