





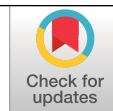


COMPORTAMIENTO POBLACIONAL Y ESTRATEGIAS DE CONTROL DE LA BROCA DURANTE LA RETENCIÓN DE PASES DE COSECHA

Luis Miguel Constantino Chuaire *, Pablo Benavides Machado *, Esther Cecilia Montoya Restrepo **, Héctor Flavio Álvarez Agudelo ***, Jhon Félix Trejos Pinzón ****, Juan Rodrigo Sanz Uribe ****

Constantino, L. M., Benavides, P., Montoya, E. C., Álvarez-Agudelo, H. F., Trejos Pinzón, J. F., & Sanz-Uribe, J. R. (2024). Comportamiento poblacional y estrategias de control de la broca durante la retención de pases de cosecha. *Revista Cenicafé*, 75(1), e75102. <https://doi.org/10.38141/10778/75102>



La retención de frutos de café durante 35 días, para la cosecha asistida con lonas, es una práctica que permite aumentar la oferta de frutos maduros de café durante las cosechas; sin embargo, esto aumenta los riesgos de infestación por broca, al quedar los frutos maduros expuestos por más tiempo. Para alcanzar el objetivo de identificar las fuentes de infestación de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, durante la retención de pases y desarrollar estrategias de control, se identificó la fuente de infestación por broca en los frutos del árbol, y se evaluaron el efecto de esta práctica en la caída de frutos y las estrategias de control de broca durante la retención de frutos de cosecha. Los resultados permitieron conocer que, durante la retención de pases de cosecha por 35 días, las brocas que perforan los frutos maduros se originan de los frutos infestados que se quedan después de las cosechas en el árbol y en el suelo. Adicionalmente, pudo determinarse que durante este tiempo hay caída de frutos, incrementándose de 12 a 41 frutos por árbol. Finalmente, se demostró que recolectar los frutos del suelo con canastilla al inicio de la retención y la posterior aplicación del hongo *Beauveria bassiana* dirigida a los frutos de los árboles y al suelo, diez días después, mantiene los niveles de broca por debajo del 5,0%. Ningún tipo de control significa obtener infestaciones superiores al 15% y hasta 33%.

Palabras clave: Control cultural, *Beauveria bassiana*, *Hypothenemus hampei*, Caficultura, café, Cenicafé, Colombia.

POPULATION BEHAVIOR AND CONTROL STRATEGIES FOR THE COFFEE BERRY BORER DURING HARVEST PASS RETENTION

Harvest pass retention for 35 days, in order to assist harvesting with tarpaulins, is a practice to increase the availability of ripe coffee cherries during harvesting. However, it also increases the risk of infestation by the coffee cherry borer (*Hypothenemus hampei*) infestation, as the ripe cherries remain exposed for a longer period. To identify the sources of CBB infestation during pass retention and to develop control strategies, the source of borer infestation in the cherries on the tree was identified, and the effect of this practice on cherry drop and control strategies for the borer during cherry retention were evaluated. The results revealed that during the 35-day pass retention, borers that penetrate ripe cherries originate from infested cherries left on the tree and on the ground after harvests. Additionally, it was determined that during this period, cherry drop increased from 12 to 41 cherries per tree. Finally, it was demonstrated that collecting fallen cherries from the ground at the beginning of retention and subsequently applying the fungus *Beauveria bassiana* to cherries on the trees and the ground 10 days later demonstrated success in reducing borer infestations to less than 5.0%. Without any control, the infestation rate can exceed 15% and reach up to 33%.

Keywords: Cultural control, *Beauveria bassiana*, *Hypothenemus hampei*, coffee cultivation, coffee, Cenicafé, Colombia.

* Investigador Científico II e Investigador Científico III, respectivamente. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-8117-5803>, <https://orcid.org/0000-0003-2227-4232>

** Coordinadora de Programa Nacional Gerencia Técnica - FNC. <https://orcid.org/0000-0001-5891-1040>

*** Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0003-2349-2856>

**** Investigador Científico III. Disciplina de Poscosecha, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-9875-9426>



La broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera:Curculionidae) es la principal plaga que genera mayores pérdidas económicas. Las hembras perforan los frutos del café para formar galerías para alimentarse y reproducirse en el endospermo (Bustillo et al., 1998). Cuando los niveles de infestación son altos (> 5,0%), genera pérdidas económicas por baja calidad del grano y reducción en peso, que puede oscilar entre un 10,82% a 45,12% (Montoya, 1999). Dada la situación actual de la caficultura de Colombia, en la cual la disponibilidad de mano de obra para asistir la cosecha se ha venido reduciendo en los últimos años y su costo se ha incrementado, es necesario desarrollar nuevas alternativas para cosechar como el uso de lonas y las derribadoras que se han estado evaluando con el propósito de reducir los costos de recolección e incrementar la relación costo beneficio (Sanz et al., 2021). Sobre este aspecto, en Colombia se desarrolló un nuevo concepto denominado cosecha asistida de café que implica la adopción de tres prácticas que pueden usarse de manera aditiva y escalarse independientemente del tamaño de la finca: retención de pases, recolección con lonas y uso de la Derribadora DSC18 (Sanz et al., 2021). Para esto se requiere retener los pases de cosecha durante 35 días para lograr alcanzar masas de hasta un 50% de frutos maduros y sobremaduros. Esta nueva práctica desarrollada en Cenicafé, mejora la productividad de la cosecha logrando rendimientos superiores al 41,0% de volumen de café recolectado frente al recipiente tradicional y requiere de menor cantidad de personal y tiempo (Sanz et al., 2018). Sin embargo, esta práctica aumenta los riesgos de infestación por broca del café, al quedar los frutos maduros expuestos en el árbol por más tiempo. Este tipo de cosecha está limitada a cafetales que tengan infestaciones menores al 2,0%. Por esta razón, es importante establecer estrategias de manejo de broca para aquellos caficultores que comiencen

a retener pases con niveles de infestación mayores o iguales al 2,0%.

Evaluaciones previas adelantadas por la Disciplina de Entomología, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé, mostraron que las poblaciones de broca en aquellos lotes donde se realizó la retención de pases de cosecha, que tenían niveles de infestación de broca superiores al 5,0% al inicio, estos niveles se incrementaron y continuaron altos durante la retención de pases (entre 5,0% y 24,0%) por lo que no se recomienda hacer retención de pases en estas condiciones (Sanz et al., 2018).

Estos resultados mostraron que durante la cosecha principal se registró una dinámica de vuelos de broca, que pueden afectar la cosecha y causar daño económico, afectando la calidad del grano (defecto “beso de broca”) que es castigado en los puntos de compra en las cooperativas de café. Igualmente, se presentaron lotes donde los niveles de infestación de broca estuvieron por debajo del 2,0% y continuaron bajos durante la retención de pases (Sanz et al., 2018), siendo esta la condición ideal y que se requiere mantener para evitar el riesgo de daño económico.

Para mantener las poblaciones de broca por debajo del nivel de daño económico (<5%), Cenicafé implementó un programa de Manejo Integrado de la Broca (MIB) que involucra prácticas de control cultural, biológico y químico (Bustillo et al., 1998). El control cultural consiste en remover los frutos brocados del árbol y del suelo manualmente o con canastilla después de finalizadas las cosechas, siendo la práctica más eficiente para el control de esta plaga (Constantino et al., 2017; Johnson et al., 2020). El control biológico consiste en la aplicación del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* durante el período crítico de ataque de la broca del café, es decir, a los 120 días después de la

floración y cuando los niveles de infestación están por encima del 2,0% y más del 50,0% de las brocas en posición de penetración A y B (Arcila, 2011; Góngora et al., 2023), complementado con el uso de los parasitoides de origen africano *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* LaSalle (Benavides et al., 2012). En Colombia estas estrategias de manejo integrado de la broca del café involucrando prácticas de control cultural, biológico y químico, han permitido mantener las poblaciones por debajo del nivel de daño económico (Molina et al., 2022).

Las regiones cafeteras con temperaturas altas y altitudes bajas son altamente vulnerables al ataque de la broca del café. Esta evidencia confirma que la capacidad reproductiva de la broca del café es muy alta, una vez el insecto perfora un fruto de café, es así como una sola hembra a una temperatura de 18°C puede colocar en promedio 40 huevos, a 20°C produce el doble de descendencia (80 huevos) y a 25°C la población se triplica, o sea la misma hembra es capaz de colocar tres veces más cantidad de huevos y dejar una descendencia de 130 hijas (Giraldo et al., 2018), por lo cual se presenta un crecimiento del insecto muy rápido y en corto tiempo. Igualmente, a mayor temperatura el tiempo generacional de la broca (duración de huevo hasta adulto) va a ser más corto y más rápido, de 72 días a 18°C, 55 días a 20°C, 38 días a 22°C y 22 días a 25°C (Giraldo et al., 2018). Estos resultados muestran que en localidades por encima de 21°C la broca fácilmente puede alcanzar una generación poblacional, durante los 35 días que dura la retención de pases de cosecha, lo que podría explicar por qué se presenta una dinámica de vuelos de broca tan alta durante la cosecha.

En cuanto a la dispersión de la broca del café, estudios realizados en Cenicafé indican que en cafetales en producción, la

broca vuela a distancias no mayores de 65 m, y el 90% de los insectos prefieren infestar frutos del mismo cafetal, en distancias no mayores a los 20 m (Gil et al., 2015, 2021), esto significa que las brocas que emergen de los frutos se originan de la misma parcela y re-infestan nuevos frutos en el mismo lote e incluso del mismo árbol, pues el insecto al tener suficiente alimento disponible a su alcance en el cafetal no requiere irse fuera de este; sin embargo, en épocas de zoqueo y cuando no se hace la cosecha sanitaria, se ha estimado que pueden volar entre 2,0 y 4,5 millones de brocas por hectárea de esos lotes hacia los cafetales vecinos (Castaño et al., 2005). También pueden ocurrir escapes de broca durante la cosecha de café, cuando las estopas no se cierran durante el pesado de café, igualmente de las tolvas de recibo en el beneficiadero, cuando las cubiertas se dejan abiertas, y durante el secado de pasillas y flotes, cuando no se hace la solarización adecuada de estas para eliminarlas, pudiendo volar para regresar de nuevo a los lotes de la finca (Benavides, 2011). Pero el problema mayor radica en el impacto que tienen los frutos brocados que se quedan en el suelo o en el árbol después de las cosechas.

Un estudio realizado en Cenicafé encontró que un solo fruto brocado dejado en el suelo en una localidad a 1.280 m, fue capaz de infestar 150 frutos en el árbol, durante un periodo climático La Niña, 590 frutos en un periodo Neutro y 959 frutos en un periodo El Niño, es decir, un aumento de 1,2°C en la temperatura media incrementó los niveles de infestación en el árbol al final de un ciclo productivo, en 28,1% a 1.218 m de altitud, 21,1% a 1.381 m, 13,3% a 1.470 m, y 0,8% a y 1.700 m de altitud, en comparación con un periodo neutro (Constantino et al., 2021). Por lo tanto, existe una relación entre la dinámica de infestación de la broca y la altitud, siendo mayor el desarrollo del

insecto en localidades bajas (1.200-1.300 m de altitud), con temperaturas medias superiores a 21°C, y el desarrollo es menor en sitios por encima de 1.600 m, con temperaturas medias por debajo de 20°C (Constantino, 2009; Ramírez et al., 2014).

La temperatura es por consiguiente la variable que más favorece el desarrollo de la broca del café incrementando su tasa reproductiva y el número de generaciones al año, con un número potencial que puede oscilar entre dos y 16 generaciones (Góngora et al., 2023). Esta información ha servido para desarrollar mapas de vulnerabilidad a la broca del café, a partir de datos biológicos de la plaga e información climática, con el fin de realizar actividades de monitoreo y manejo de la broca del café por parte de los caficultores, sobre todo en aquellas regiones vulnerables al ataque de broca y en épocas críticas, durante períodos de verano y durante eventos climáticos El Niño (Giraldo et al., 2019).

Los frutos brocados de café que se quedan en el árbol y en el suelo después de la cosecha se convierten en el lugar de reproducción y fuente de dispersión de la broca. Por esta razón es importante realizar un buen repase, ya sea de forma manual o con canastilla, recogiendo los frutos secos, sobremaduros y maduros del árbol y del suelo al finalizar las cosechas, principal y de mitaca, para cortar el ciclo del insecto y proteger los frutos en formación (Bustillo 2002; Constantino et al., 2016; Constantino & Benavides, 2018). Cuando los frutos sobremaduros y secos quedan en el suelo, la broca sigue reproduciéndose en ellos hasta alcanzar una descendencia numerosa (entre 30-150 adultos por fruto) (Bustillo et al., 1996). Los períodos prolongados de sequía favorecen el desarrollo del insecto en menor tiempo, produciendo mayor reproducción

dentro de los frutos. Con la llegada de las lluvias las brocas emergen entre los 45 y 60 días posteriores, dispersándose por el cafetal y penetrando los frutos remanentes en el árbol (Baker, 1984; Constantino et al., 2021).

Todos estos antecedentes nos indican que la dinámica de la broca en el campo está relacionada con muchos factores tales como las variables de clima, las prácticas agronómicas, la edad, densidad del cultivo y la altitud, entre otras. Por estas razones, el momento de los vuelos del insecto varían anualmente en cantidad y proporción. El manejo integrado de plagas se basa en la situación del insecto y del cultivo para determinar el momento oportuno para las aplicaciones de insecticidas, de tal manera que aplicar estos en calendarios fijos no conlleva a resultados eficaces. Las aplicaciones deben basarse en criterios como nivel de infestación, posición de la broca en el fruto, momento oportuno y estado de los frutos. La aplicación de insecticidas, sean biológicos o químicos, se recomienda realizarla durante el período crítico de ataque de la broca si la infestación es igual o mayor al 2,0% y más del 50,0% de las brocas se encuentran en las posiciones de penetración A y B (Góngora, 2009; Arcila, 2011). Este estudio tuvo como objetivo identificar las fuentes de infestación de broca durante la retención de pases y establecer las estrategias de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración. Esta investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental La Catalina (Tabla 1).

Para alcanzar el objetivo de identificar las fuentes de infestación de la broca del café durante la retención de pases y desarrollar estrategias de control, esta investigación se desarrolló en tres etapas.

Tabla 1. Ubicación, área, temperatura y precipitación de la Estación Experimental La Catalina.

Estación Experimental	Departamento	Municipio	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Temperatura media (°C)	Precipitación anual (mm)
La Catalina	Risaralda	Pereira	04°45'N 75°44'W	1.321	21,6	2.062

Etapa 1. Identificación de la fuente de infestación por broca en los frutos del árbol

Para esta etapa, se evaluaron en cosecha de mitaca y cosecha principal, dos modalidades, (árboles confinados con jaulas entomológicas y árboles sin confinamiento) y en cada modalidad cuatro fuentes de infestación:

- C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol.
- C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo.
- C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo.
- C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo.

Se verificó que todas las unidades experimentales (el árbol) tuvieran como mínimo un 2,0% de infestación de broca al inicio de la retención de los pases y un máximo del 6,0%, excepto las modalidades en las fuentes de infestación C2 y C4. El inicio de la retención empezó, tanto para cosecha de mitaca como la cosecha principal, el día 230 después de la primera floración principal (día cero) y terminó 35 días después del día cero.

Por cada tratamiento (combinación de modalidad y fuentes de infestación), se

tuvieron ocho unidades experimentales (árbol), asignadas de acuerdo con el diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 2x4 (dos modalidades y cuatro fuentes de infestación). Entre cada unidad experimental se garantizó una distancia mínima de 10,0 m.

El conteo del número de frutos y frutos infestados, se realizó en toda la unidad experimental (árbol) y para C3 se garantizó al inicio del experimento (tiempo cero) que en el suelo hubiese el mismo número de frutos brocados que había en el árbol.

Al finalizar el tiempo de retención, se hizo la cosecha manual con lonas de los frutos pintones, maduros y sobremaduros y se contabilizó en cada unidad experimental el número de frutos y el número de ellos infestados en el árbol, para establecer la infestación en porcentaje, como variable de respuesta.

Análisis estadístico, para cada cosecha (mitaca y principal). Se evaluó el porcentaje de infestación de broca en el tiempo cero (inicio de la retención de pases), mínimo y máximo observado en cada tratamiento, en cada combinación de modalidad y fuente de infestación. Al finalizar el tiempo de retención de pases, o sea al día 35, se evaluó nuevamente el porcentaje de infestación de broca en los frutos del árbol, mínimo y máximo observado en cada tratamiento en cada combinación de modalidad y fuente de infestación. Se hizo un análisis de

varianza, al 5%, bajo el modelo asociado al diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 2 x 4 (dos modalidades y cuatro fuentes de infestación), con la variable de respuesta al finalizar el tiempo de retención. Para la comparación de los promedios de las fuentes de infestación se utilizó la prueba de Tukey al 5%; y para la comparación de las modalidades, la prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Etapla 2. Evaluación del efecto de la retención de los pases en la caída de frutos

Para evaluar el efecto de la retención del pase en la caída de frutos, se definieron dos condiciones, el inicio y el final de la retención, evaluadas en las mismas unidades experimentales de la etapa 1 durante la cosecha principal para las fuentes de infestación C2 y C3, en ambas modalidades (árboles confinados con jaulas entomológicas y árboles sin confinamiento), teniendo en total 32 unidades experimentales por condición (ocho árboles por dos modalidades y dos fuentes de infestación). En cada condición se contó y registró el número de frutos y el número de ellos con broca (variables de respuesta), en el plato de cada árbol (unidad experimental).

Análisis estadístico. Para cada una de las condiciones se calculó el promedio y error estándar. Se realizó el análisis de varianza al 5%, con las variables de respuesta bajo el modelo asociado al diseño experimental completamente aleatorio.

Etapla 3. Evaluación de las prácticas de control de broca durante la retención de pases

En dos retenciones de la cosecha principal, se evaluaron las siguientes estrategias de manejo de broca del café, bajo el diseño experimental completamente aleatorio:

T1. Recolección de frutos del suelo con canastillas al inicio de la retención de pases y aplicación del hongo *Beauveria bassiana* 2,0 g L⁻¹ de agua en el árbol y en el suelo a los diez días después del inicio de la retención de pases (Micosis® a una concentración de 1 x 10¹⁰ esporas/gramo, utilizando un equipo de aspersión de presión previa retenida, Royal Cóndor 15-25, de una capacidad de 1,6 L y una boquilla TXVK-3 (flujo de 100 cc min⁻¹ a 25 p.s.i).

T2. Aplicación del hongo *Beauveria bassiana* 2,0 g L⁻¹ en el árbol y en el suelo a los diez días después del inicio de la retención de pases.

T3. Recolección de frutos del suelo con canastillas al inicio de la retención de pases.

T4. Testigo absoluto sin control.

La unidad experimental estuvo conformada por nueve árboles (que cubrieron la lona de 12 m) y por tratamiento; se tuvieron 15 unidades experimentales. Al inicio y al final de la retención, se contó y registró el número total de frutos y frutos infestados en los tres árboles centrales de cada unidad experimental, para determinar el porcentaje de infestación en el tiempo cero (inicio de la retención) y la infestación al final de la retención (variable de respuesta).

Análisis de la información

Para cada retención se calculó el promedio y error estándar por tratamiento para la infestación inicial y final. Se llevó a cabo el análisis de varianza bajo el modelo para el diseño experimental completamente aleatorio al 5%, con la infestación al inicio de la retención del pase y la infestación al final del repase, se aplicó la prueba de Tukey al 5% para la comparación de los promedios de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa 1. Identificación de la fuente de infestación por broca en los frutos del árbol

En la Figura 1, se ilustra el montaje del experimento y en las Tablas 2 y 3, se evidenció la condición inicial de los tratamientos (tiempo 0), en cuanto al mínimo y máximo de infestación por broca, de cada uno de los tratamientos, excepto las modalidades en las fuentes de infestación C2 y C4, dada su condición inicial sin frutos perforados en el árbol. Al finalizar el tiempo de retención, los máximos se incrementaron hasta un 33,2% (Tablas 4 a la 7).

El análisis de varianza, con la información de la variable de respuesta, al finalizar el experimento (35 días de retención), no mostró efecto de la interacción, de tal manera que en aquellos tratamientos que en su inicio tenían frutos perforados en el árbol (C1 y

C3), la infestación por broca en promedio estuvo entre el 12,5% y 22,3% en mitaca y el 10,6% y 18,4% de infestación en cosecha principal. Mientras que en los tratamientos que no tenían frutos perforados por broca en el tiempo cero, el promedio al finalizar el experimento fluctuó entre el 1,3% y 4,9% de infestación por broca en mitaca y entre 2,0% y 7,6% en cosecha principal (Tabla 4 y 5).

A su vez, el análisis de varianza, mostró efecto de los factores por separado. En cuanto a la fuente de infestación la prueba de Tukey al 5%, indicó que los árboles con frutos perforados sólo en el árbol (C1) y los árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo (C3), en mitaca tienen la misma infestación promedio, y a su vez, presentaron las mayores estimaciones de infestación, con respecto a las otras dos fuentes; y en cosecha principal C1 y C3 difieren, donde C1 es el 72,8% de la infestación de C3 (Tablas 6 y 7). Estos resultados indican que la mayor



Figura 1. Parcela experimental en dos modalidades. Árboles cubiertos con jaula entomológica y árboles expuestos en lotes de café de cuarta cosecha.

infestación durante el tiempo de retención de los pases proviene de los frutos infestados del mismo árbol, corroborando la hipótesis de investigación “Los adultos de broca que infestan los frutos de cada uno de los árboles durante la retención del pase, proviene de los frutos brocados del mismo árbol”.

Por otro lado, los árboles confinados superaron el promedio de infestación, con respecto a los no confinados en la cosecha de mitaca, según prueba de diferencia mínima significativa, al 5%, mientras que en la cosecha principal fueron iguales estadísticamente (Tablas 8 y 9).

Tabla 2. Infestación mínima y máxima por broca observada, por cada modalidad y fuente de infestación, al iniciar el tiempo de retención - cosecha mitaca.

Fuentes de infestación	Modalidad			
	Árboles confinados		Árboles sin confinar	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	2,4	5,9	2,7	6,4
C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo	0	0	0	0
C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	3,3	6,0	4,7	5,9
C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	0	0	0	0

Tabla 3. Infestación mínima y máxima por broca observada, por cada modalidad y fuente de infestación, al iniciar el tiempo de retención - cosecha principal.

Fuentes de infestación	Modalidad			
	Árboles confinados		Árboles sin confinar	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	2,3	5,7	1,3	6,1
C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo	0	0	0	0
C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	3,7	5,7	1,7	5,6
C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	0	0	0	0

Tabla 4. Infestación media de los frutos causada por la broca (%) y coeficiente de variación, por cada modalidad y fuente de infestación (tratamientos), al finalizar el tiempo de retención - cosecha de mitaca.

Fuentes de infestación	Modalidad			
	Árboles confinados		Árboles sin confinar	
	Media	CV(%)	Media	CV(%)
C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	15,4	44,5	10,7	40,5
C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo	4,9	62,1	3,5	67,9
C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	22,3	40,1	12,5	49,2
C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	1,3	38,7	3,6	85,4

Tabla 5. Infestación media de los frutos causada por la broca (%) y coeficiente de variación, por cada modalidad y fuente de infestación (tratamientos), al finalizar el tiempo de retención - cosecha principal.

Fuentes de infestación	Modalidad			
	Árboles confinados		Árboles sin confinar	
	Media	CV(%)	Media	CV(%)
C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	10,6	33,2	12,10	35,51
C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo	5,6	42,7	7,6	39,75
C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	18,4	28,8	13,24	25,30
C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	2,0	45,6	3,36	43,71

Tabla 6. Infestación media de los frutos causada por la broca (%) y coeficiente de variación, por cada fuente de infestación, independientemente de la modalidad, al finalizar el tiempo de retención - cosecha de mitaca.

Fuentes de infestación	Mínimo observado	Máximo observado	Media	CV(%)
C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	4,3	25,4	13,0 A	46,3
C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo	0,8	8,8	4,2 B	65,0
C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	6,0	33,2	17,4 A	51,7
C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	0,2	9,2	2,5 B	98,2

Tabla 7. Infestación media de los frutos causada por la broca (%) y coeficiente de variación, por cada fuente de infestación, independientemente de la modalidad, al finalizar el tiempo de retención - cosecha principal.

Fuentes de infestación	Mínimo observado	Máximo observado	Media	CV(%)
C1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	3,7	17,3	11,5 B	34,1
C2. Árboles con frutos perforados sólo en el suelo	2,9	11,9	6,8 C	42,2
C3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	10,0	26,1	15,8 A	31,9
C4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	0,7	5,1	2,7 D	51,1

Tabla 8. Infestación media de los frutos causada por la broca (%) y coeficiente de variación por cada modalidad, independientemente de la circunstancia de infestación, al finalizar el tiempo de retención - cosecha de mitaca.

Modalidad	Mínimo observado	Máximo observado	Media	CV(%)
Árboles sin confinar	0,25	24,1	7,6 B	76,1
Árboles confinados	0,48	33,2	10,9 A	92,1

Letras no comunes implica diferencias entre promedios, según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Tabla 9. Infestación media de los frutos causada por la broca (%) y coeficiente de variación por cada modalidad, independientemente de la circunstancia de infestación, al finalizar el tiempo de retención - cosecha principal.

Modalidad	Mínimo observado	Máximo observado	Media	CV(%)
Árboles sin confinar	0,7	19,2	9,1	55,2
Árboles confinados	1,2	26,1	9,3	79,2

Etapa 2. Evaluación del efecto de la retención del pase en la caída de frutos

El análisis de varianza mostró efecto de la condición, tanto con la variable número de frutos como el número de frutos con broca en el suelo, con una confiabilidad mayor del 95%,

indicando diferencias a favor del inicio de la retención (menor número de frutos caídos), según prueba de f al 5% (Tabla 10).

Con este resultado, queda evaluado el efecto de la retención del pase en la caída de frutos (mayor promedio de las variables de respuesta

al finalizar la retención), y se corroboró la hipótesis de investigación “con la retención

del pase se incrementa el número de frutos infestados en el plato del árbol”.

Tabla 10. Condición, promedio y error estándar para el número de frutos y frutos infestados por broca en el plato del árbol.

Condición	No. árboles	No. frutos en el suelo por árbol		No. frutos brocados en el suelo por árbol	
		Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
Al inicio de la retención del pase	32	12	1	6	0,4
Al finalizar la retención del pase	32	41	4	12	1,1

Los resultados de las etapas 1 y 2 demuestran que, durante la retención de pases de cosecha por 35 días, las brocas que infestan los frutos maduros se originan de los frutos brocados que quedan después de las cosechas en el árbol y en el suelo del mismo árbol. Esto pudo probarse en los tratamientos donde se realizó la recolección de los frutos brocados del suelo y del árbol, porque los niveles de infestación no superaron el 5% de infestación en el árbol, tanto en los confinados como en aquellos sin confinar, durante las cosechas de mitaca y principal (Tablas 2 a la 7), mientras que en los árboles donde no se retiraron los frutos brocados, los niveles de infestación de broca se incrementaron por encima del nivel de daño económico (> 5%), llegando a niveles entre 26% y 33% de infestación en las cosechas principal y mitaca, respectivamente. Igualmente pudo determinarse que la retención de pases por 35 días ocasiona caída de frutos, incrementándose de 12 a 41 frutos por árbol (Tabla 10).

Etapla 3. Evaluación de prácticas de control de broca durante la retención de pases

El análisis de varianza, al inicio de las retenciones, no mostró efecto de tratamientos,

lo cual indica que todas las estrategias a evaluar tenían, en promedio, la misma infestación que el testigo absoluto (Tablas 11 y 12).

El análisis de varianza, con la infestación al finalizar las retenciones, mostró efecto de tratamientos, y la prueba de Tukey al 5% indicó diferencias a favor de las estrategias de control evaluadas (menor infestación), con respecto al testigo absoluto, de tal manera que, si no se hace algún control durante la retención de los frutos, el promedio de infestación puede estar entre el 22,8% y 29,0%, en las condiciones bajo las cuales se realizó el experimento (Tablas 11 y 12).

En la primera retención, con las estrategias evaluadas, se mantiene la infestación dada al inicio de la retención del pase; mientras que, en la segunda retención se incrementó la infestación, de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa al 5% (para cada estrategia, comparando la infestación inicial y final).

De acuerdo con la prueba t al 5%, en la primera retención, la infestación final no superó el nivel de daño económico; mientras que, en la segunda, sólo el T1 no superó dicho nivel.

Con los resultados expuestos, se alcanzó el objetivo de esta investigación y fue corroborada la hipótesis de investigación “con la recolección de frutos del suelo al inicio de la retención del pase y la aplicación

del hongo *Beauveria bassiana* 2,0 g L⁻¹ de agua en el árbol y en el suelo, a los diez días después del inicio de la retención de pases, se mantiene la infestación por broca debajo del nivel de daño económico”.

Tabla 11. Infestación por broca en promedio y error estándar, por estrategia evaluada, al inicio y finalización de la primera retención.

Tratamiento	No. Unidad exp.	Inicio de la retención del pase		Finalización de la retención del pase	
		Media	Error estándar	Media	Error estándar
T1	15	3,3 A	0,6	3,6 B	0,7
T2	15	4,0 A	0,7	4,8 B	0,8
T3	15	5,0 A	0,6	5,4 B	0,6
T4	15	6,2 A	1,8	22,8 A	2,5

Tanto para el inicio como para la finalización de la retención del pase, letras no comunes implica diferencia entre promedios, según prueba de Tukey al 5%.

Tabla 12. Infestación por broca en promedio y error estándar, por estrategia evaluada, al inicio y finalización de la segunda retención.

Tratamiento	No. Unidad exp.	Inicio de la retención del pase		Finalización de la retención del pase	
		Media	Error estándar	Media	Error estándar
T1	15	3,5 A	0,8	6,4 B	1,1
T2	15	4,7 A	0,6	7,5 B	1,1
T3	15	5,1 A	0,6	8,6 B	1,2
T4	15	6,2 A	0,8	29,0 A	3,1

Letras no comunes implica diferencias entre promedio de tratamientos, según prueba de Tukey al 5%.



Figura 2. Canastilla utilizada para recoger frutos de café del suelo, que se quedan después de finalizadas las cosechas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, indican que la mayor infestación por broca del café durante el tiempo de retención de pases de cosecha durante 35 días, proviene de los frutos infestados del mismo árbol; adicionalmente, pudo determinarse que frutos del árbol se caen al suelo durante este tiempo. Como consecuencia, la infestación por broca supera el nivel de daño económico cuando se retienen pases en cafetales que superan el 2,0% de infestación al inicio de la cosecha. Para contribuir con el control de la broca durante esta actividad de retención, se demostró que recolectar los frutos del suelo con canastilla al inicio de la retención y la posterior aplicación del hongo *Beauveria bassiana* dirigida a los frutos de los árboles y al suelo, diez días después, mantiene los niveles de broca por debajo del 5,0%. La importancia de hacer repases al finalizar las cosechas de café recogiendo los frutos brocados verdes, maduros, sobremaduros y secos del árbol y del suelo está bien documentado en otros estudios, donde las prácticas de control cultural fueron determinantes en mantener las poblaciones de broca por debajo del

nivel de daño económico (Bustillo et al., 1998, Constantino et al., 2017, Johnson et al., 2019). No realizar algún tipo de control significa obtener infestaciones superiores al 15% y hasta 33%.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la valiosa colaboración del auxiliar de la disciplina de Entomología Carlos Alberto Quintero, en el montaje de las jaulas y las parcelas experimentales. A Melsar Danilo Santamaría por el apoyo en el montaje de los experimentos en la Estación Experimental Naranjal y a los trabajadores de la Cooperativa The People Company por el apoyo en la toma de datos en el campo. Esta investigación fue realizada con recursos de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia bajo el proyecto ENT107013.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

LMC; elaboración de la propuesta, montaje de los tratamientos, tabulación y toma de datos en campo y escritura del artículo. ECM: análisis

estadísticos. PB: conceptualización y diseño metodológico. HFA: establecimiento de parcelas en la Estación Experimental La Catalina y

evaluaciones de infestación de broca. JFT: establecimiento de parcelas en la EE Naranjal y evaluaciones de infestación de broca.

LITERATURA CITADA

- Arcila, A. (2011). La floración, indicador del ataque de la broca. *Brocarta*, 44, 1–2. <https://www.cenicafé.org/es/publications/brc044.pdf>
- Baker, P. (1984). Some aspects of the behaviour of the coffee berry borer in relation to its control in Southern México Coleoptera, Scolytidae. *Folia Entomológica Mexicana*, 61, 9–24.
- Benavides Machado, P. (2010). Evite la dispersión de la broca durante la recolección y el beneficio del café. *Brocarta*, 40, 1–2. <https://www.cenicafé.org/es/publications/brc040.pdf>
- Benavides, P. (2012). El repase: actividad para el manejo de la broca del café en Colombia. *Brocarta*, 46, 1–2. <https://www.cenicafé.org/es/publications/brc046.pdf>
- Benavides, P., Gongora, C., & Bustillo, A. (2012). IPM Program to Control Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*, with Emphasis on Highly Pathogenic Mixed Strains of *Beauveria bassiana*, to Overcome Insecticide Resistance in Colombia. En F. Perveen (Ed.), *Insecticides—Advances in Integrated Pest Management* (pp. 511–540). InTech. <https://doi.org/10.5772/28740>
- Benavides, P., Gil-Palacio, Z., Constantino, L. M., Villegas García, C., & Giraldo-Jaramillo, M. (2013). Plagas del café: Broca, minador, cochinillas harinosas, araña roja y monalón. 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). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0022_24
- Bustillo, A. E. (2002). El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. *Boletín Técnico Cenicafé*, 24, 1–40. <https://doi.org/10.38141/10781/024>
- Bustillo, A. E., Cárdenas, R., Villalba, D. A., Benavides, P., Orozco, J., Posada, F. J. (1998). *Manejo integrado de la broca del café Hypothenemus hampei (Ferrari) en Colombia*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/848>
- Cárdenas, R. (1988). *La broca del café Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). *Agronomía*, 2(2), 08-11.
- Castaño, A., Benavides, P., & Baker, P. S. (2005). Dispersión de *Hypothenemus hampei* en cafetales zoqueados. *Revista Cenicafé*, 56(2), 142–150. <http://hdl.handle.net/10778/147>
- Constantino, L. M., Rendón, J. R., Cuesta, G., Medina-Rivera, R., & Benavides, P. (2021). Dinámica poblacional, dispersión y colonización de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia. *Revista Cenicafé*, 72(1), e72102. <https://doi.org/10.38141/10778/72102>
- Constantino, L. M., Oliveros, C., Benavides, P., Serna, C. A., Ramírez, C. A., Medina, R. & Arcila, A. (2017). Dispositivo recolector de frutos de café del suelo para el manejo integrado de la broca. *Revista Cenicafé*, 68(1), 22–37. <http://hdl.handle.net/10778/813>
- Constantino, L. M. (2011). Impacto del repase en la cosecha principal de café. *Brocarta*, 50, 1–2. <https://www.cenicafé.org/es/publications/brc050.pdf>
- Constantino, L. M., Gil, Z. N., Montoya, E. C., & Benavides, P. (2021). Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) Emergence from Ground Fruits Across Varying Altitudes and Climate Cycles, and the Effect on Coffee Tree Infestation. *Neotropical Entomology*, 50(3), 374–387. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00863-5>
- Gil, Z. N., Benavides, P., Souza, O. D., Acevedo, F. E., & Lima, E. (2015). Molecular markers as a method to evaluate the movement of *Hypothenemus hampei* (Ferrari). *Journal of Insect Science*, 15(1), 72. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev058>
- Gil, Z. N., Constantino, L. M., & Benavides, P. (2021). Dispersión de la broca del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.38141/10779/0531>
- Giraldo, M., García, A. G., & 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>
- Giraldo, M., Montoya, E. C., Sarmiento-Herrera, N., Quiroga Mosquera, A., Espinosa-Osorio, J. C., García-López, J. C., Duque Orrego, H., & Benavides, P. (2019). Vulnerabilidad de la caficultura de Caldas a la broca del café en diferentes eventos climáticos. *Avances Técnicos Cenicafé*, *505*, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0505>
- Góngora, C.E. (2011). ¿Cómo usar el hongo *Beauveria bassiana* para proteger su cosecha de café?. *Brocarta*, *42*, 1–2. <https://www.cenicafe.org/es/publications/brc042.pdf>
- Góngora, C. E., Gil, Z. N., Constantino, L. M., & Benavides, P. (2023). Sustainable Strategies for the Control of Pests in Coffee Crops. *Agronomy*, *13*(12), 2940. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122940>
- Johnson, M. A., Fortna, S., Hollingsworth, R. G., & Manoukis, N. C. (2019). Postharvest Population Reservoirs of Coffee Berry Borer (Coleoptera: Curculionidae) on Hawai'i Island. *Journal of Economic Entomology*, *112*(6), 2833–2841. <https://doi.org/10.1093/jee/toz219>
- Molina, D., Moncada-Botero, M.-P., Cortina-Guerrero, H. A., & Benavides, P. (2022). Searching for a Coffee variety with antibiosis effect to *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae). *Euphytica*, *218*(7), 97. <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03047-3>
- Montoya, E. C. (1999). Caracterización de la infestación del café por la broca y efecto del daño en la calidad de la bebida. *Revista Cenicafé*, *50*(4), 245–258. <http://hdl.handle.net/10778/4332>
- Ramírez-Builes, V.H., Gaitán, A., Benavides, P., Constantino, L. M., Sadeghian, S., & González-Osorio, H. (2014). Recomendaciones para la reducción del riesgo en la caficultura de Colombia ante un evento climático de El Niño. *Avances Técnicos Cenicafé*, *445*, 1–12. <https://doi.org/10.38141/10779/0445>
- Sanz, J. R., Duque Orrego, H., Menza, H. D., Zamudio, G. E., Oliveros-Tascón, C. E., & Ramírez, C. A. (2018). Lonas para asistir la cosecha manual de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, *487*, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0487>
- Sanz, J. R., Oliveros, C. E., Duque, H., Mejía, C. G., Benavides, P., & Medina, R. (2018). Retención de pases: Una opción para mejorar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, *488*, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0488>