



MÉTODOS DE CONTROL DE *Hypothenemus hampei* EN EL CULTIVO DEL CAFÉ

Methods of Control for *Hypothenemus hampei* in Coffee Cultivation

EDWIN CAMILO SOTO SANABRIA

Trabajo de grado opción Monografía

Presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Facatativá, 8 de noviembre de 2024

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios por darme la oportunidad de concluir mis estudios de pregrado, a mi madre que, aunque ya no está con nosotros siempre lo dio todo por sacarnos adelante.

A los profesores, a la profesora Yamileth por la paciencia y la guía en este trabajo y al profesor Daniel que siempre estuvo dispuesto a colaborarme y sacarme de muchas dudas cuando lo necesitaba.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
ESTADO DEL ARTE	17
Condiciones Ambientales que Favorecen el Desarrollo de H.hampei	18
Control Cultural	21
Uso de Pesticidas	23
Control Biológico	25
Introducción de Depredadores	25
Manejo Microbiológico.....	26
Manejo Orgánico.....	28
DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	34



TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Posiciones de penetración de <i>H. hampei</i> en frutos del café.	9
Figura 2 Ciclo de vida de <i>Hypothenemus hampei</i>	13
Figura 3 Proceso de colonización de <i>H. hampei</i> por el hongo <i>B. bassiana</i>	27



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 *Dispersión de Hypothenemus hampei en los países de producción cafetera de América Latina. 11*

**RESUMEN**

Hypothenemus hampei es un insecto que utiliza los frutos del cultivo del café para crecer desde estados inmaduros hasta la etapa de adultez. Esto conduce a que la cosecha presente daños, lo que lleva a pérdidas económicas. Para comprender como mejorar la prevención y el control de las afectaciones provocadas por este insecto es necesario conocer su ciclo de vida, su comportamiento en las diferentes condiciones climáticas en las que se encuentre el cultivo, además de las formas o estrategias más eficientes para su control. Las condiciones de humedad, temperatura, presencia de lluvias y radiación solar promueve que las hembras dejen el fruto en busca de nuevos para reproducirse. Estas características deberían ser consideradas al momento de plantear estrategias para la prevención y manejo de las afectaciones provocadas por este insecto. Distintas estrategias han sido diseñadas, entre las que se encuentran enfocadas en el manejo del cultivo y de los alrededores de este, uso de depredadores nativos e ingresados desde otras partes del mundo para poder controlar el insecto, además de insecticidas; químicos, hongos o nematodos. De todos estos, el manejo del cultivo es el más recomendable ya que es amigable con el ambiente y económicamente viable, pero el uso de insecticidas es recomendable cuando la infestación es significativa.

**ABSTRACT**

H. hampei is an insect that uses coffee berry fruits to grow from immature stages to adulthood. This results in crop damage, leading to economic losses. To understand how to improve prevention and control of infestations by this insect, it is necessary to know its life cycle. Conditions such as humidity, temperature, rainfall, and solar radiation encourage females to leave the fruit in search of new sites to reproduce. These factors should be considered when developing strategies for the prevention and management of insect infestations. Various strategies have been designed, including those focused on crop and surrounding area management, the use of native and introduced predators to control the insect, as well as chemical, fungal, or nematode-based insecticides. Among these, crop management is the most recommended as it is environmentally friendly and economically viable, while the use of insecticides is advisable when infestation levels are significant.



INTRODUCCIÓN

El cultivo del café genera ganancias considerables para la economía de Colombia, por lo que mantener la calidad de la cosecha es importante, la producción mundial de café alcanzó, entre 2022-2023, los 165,83 millones de sacos. Colombia tuvo una participación del 9,1% (15,1 millones de sacos) ocupando así el tercer lugar de la producción global (Federación Nacional de Cafeteros, 2023). Los ingresos económicos asociados a la comercialización del café en Colombia representan el 0,2% del PIB nacional, y adicionalmente esta actividad participa con el 7,3% del PIB agropecuario (DANE, 2024). Por otra parte, el insecto *H.hampei*, cuya taxonomía parte del orden Coleoptera, perteneciendo a la familia Curculionidae, subfamilia Scolytinae, género *Hypothenemus*, especie Hampei Ferrari (Bustillo Á., 2007); también conocido como la broca del café, es la plaga más importante del cultivo a nivel mundial conocida por ser la especie más destructora del café, ya que, se alimenta del endospermo del fruto, y además, se reproduce allí mismo, generando así un deterioro comercial (Constantino *et al.*, 2011). La broca del café (*H.hampei*), es un insecto que se caracteriza por su metamorfosis holometábola, pasando por los estados: huevo, larva, pre-pupa, pupa y adulto (Cárdenas *et al.*, 2007). De acuerdo con las condiciones climáticas presentadas en cada una de las zonas cafeteras del país, se ha logrado establecer que el insecto puede llegar a tener dos generaciones dentro del fruto del café, esto hasta el momento de su cosecha, pero si, por el contrario, el fruto no es recolectado, dicha plaga puede llegar a tener hasta cuatro generaciones, por lo tanto, la importancia de una recolección de frutos de manera oportuna ((Mesa, Molina, & Pulgarín, 2017).

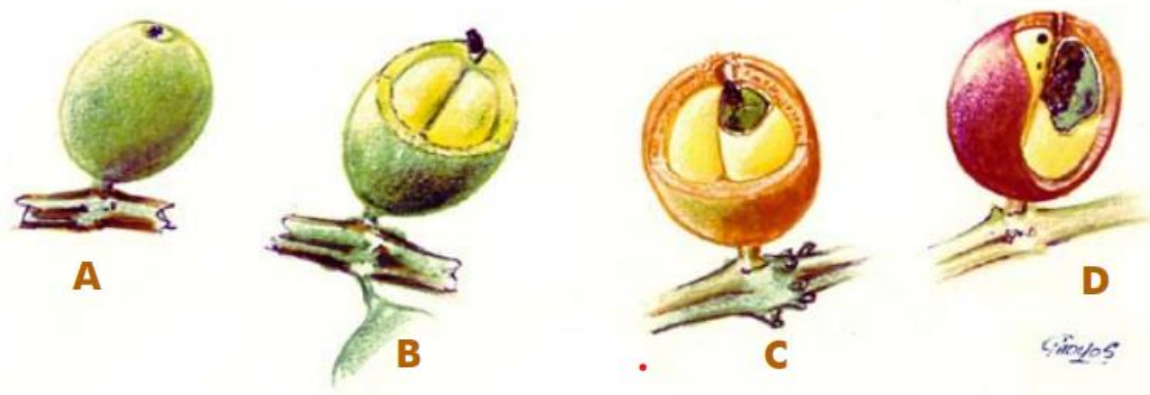
Este insecto afecta los granos de café, ya sean, maduros o inmaduros, y completa su ciclo de vida en la parte interna de dichos granos de café (Bacca *et al.*, 2021). Las hembras adultas del



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

insecto *H.hampei* perforan los granos de café donde depositan sus huevos, y así su ciclo de vida ocurre en allí, lo cual, dificulta su control (Vega et al., 2015). Este insecto es capaz de infestar los cultivos generando problemas a los cafeteros, disminuyendo el rendimiento y la rentabilidad de la cosecha.

Figura 1 Posiciones de penetración de *H. hampei* en frutos del café.



Nota. En la gráfica se observa la posición de la broca dentro del fruto. Posición A. Broca iniciando perforación; Posición B. Broca en el canal de penetración; Posición C. Broca perforando la almendra; Posición D. Broca con su descendencia (huevos, larvas y pupas). Tomado de manejo Integrado de la Broca. Cartilla N° 14 (FNC, 2004).

Esto debido a que el insecto utiliza el fruto de los árboles como nicho ecológico. Debido a esto diversas estrategias se han planteado para poder abordar el problema de la mejor manera, entre las que se encuentran las del manejo del cultivo, el uso de depredadores tanto nativos como introducidos, el uso de insecticidas o de nematodos y hongos que ataquen a la broca del café.

En la siguiente monografía se describen diferentes métodos incluyendo sus ventajas y desventajas; las estrategias para manejar el cultivo y establecer condiciones desfavorables



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

para el insecto es ampliamente utilizado, mientras que los insecticidas solo se utilizan en caso de grandes infestaciones. Otras alternativas, como el uso de aceites esenciales o de nematodos, aún están bajo estudio.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

H.hampei es un insecto introducido aproximadamente en el año 1988 a Colombia desde África (Orozco, 2002); aunque se tienen indicios que se introdujo a América Latina más específicamente a Brasil en el año 1913 y se ha venido extendiendo a lo largo de América, el último país en donde se registró introducción de esta especie fue Panamá en el año 2007 (tabla 1) (Olivas, 2010).

Tabla 1 Dispersión de *Hypothenemus hampei* en los países de producción cafetera de América Latina

País	Año
Brasil	1913
Perú	1962
Guatemala	1971
Honduras	1977
México y Jamaica	1978
Salvador y Ecuador	1981
Nicaragua y Colombia	1988
Cuba	1990
República Dominicana y Venezuela	1995
Costa Rica	2000
Panamá	2007

Las condiciones de los cafetales son favorables para el crecimiento del insecto, sin embargo, causa daños en la producción del café (Bustillo *et al.*, 2002). El daño causado es debido a la penetración de las bayas por parte del insecto con la consecuente pérdida de peso, calidad y precio del fruto (Montoya, 1999). Para que sea exportado, según las políticas de comercialización internacional, el café no debe presentar más de 5% de daño, por lo que infestaciones del insecto reducen más las ganancias (Duque y Baker, 2003). Por lo que para poder realizar una estrategia de control de la broca es necesario conocer la biología del insecto y los diferentes métodos utilizados.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Los daños ocasionados por el insecto generan por lo general tres tipos de pérdidas en la caficultura: reducción de rendimiento por el daño total o parcial o total del café, la caída de los frutos inmaduros y, por último, la disminución de calidad (Infante *et al.*, 2009). Según estudios realizados, si el cultivo del café no tuviera un manejo adecuado para el control del insecto, las pérdidas serían de por lo menos un 25% de granos dañados, generando así una pérdida económica de aproximadamente U\$180 millones anuales en Colombia (Duque y Baker, 2003). Para la reducción de pérdidas en Colombia, se diseñó una estrategia denominada “Re-Re”, que consiste en la recolección manual de los frutos maduros del café que se encuentren en los árboles y también en el suelo, esta actividad se realiza después de la cosecha y entre cosechas (Federación Nacional de Cafeteros, 2004), los costos de producción del café y más específicamente la recolección de frutos se ha visto afectada debido a la creciente escases de mano de obra, esto, originado por el envejecimiento de la población, la migración y por la baja participación de las comunidades jóvenes en las actividades agrícolas del país; por consecuencia de estos factores, el costo laboral para la recolección en la caficultura puede llegar a representar más del 50% del costo total de producción (Federación Nacional de Cafeteros, 2022).

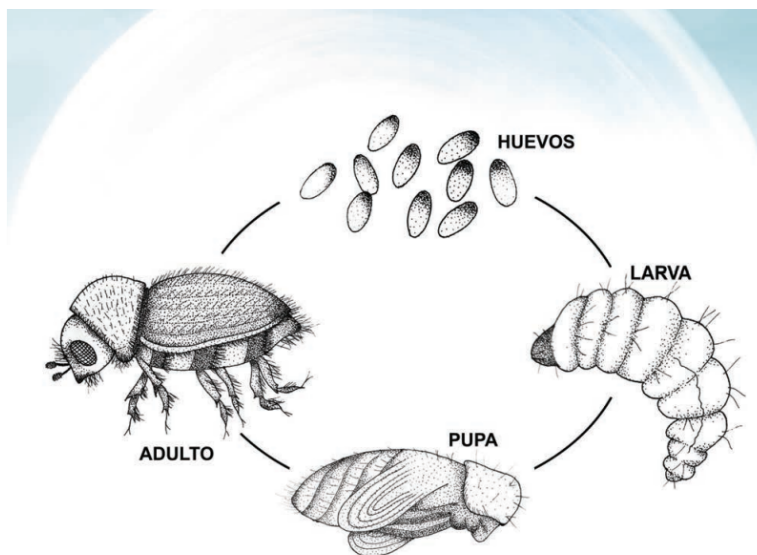
Basándonos en esta problemática, se busca tomar medidas y estrategias para el control de *H. hampei* y garantizar cuál de ellas es la más efectiva y económica para el agricultor, logrando así una mayor producción y una reducción de costos considerables permitiendo así, una mejor remuneración para su núcleo familiar.

JUSTIFICACIÓN

La problemática del insecto *H.hampei* en el cultivo del café, es el efecto directo en la producción del fruto y a su vez, la economía de los agricultores que trabajan con este producto, ya que, Colombia desde el año 2000 ocupa el tercer puesto a nivel mundial de países exportadores de café (Comercio Mundial, 2015). Esto genera en el país un gran impacto económico y social, en donde se involucran desde pequeños hasta grandes exportadores, y en ambos casos se necesita de mano de obra que ayuda al desarrollo y producción del café.

El ciclo de vida de *H. hampei* (Figura 2) desde huevo hasta adulto dura alrededor de aproximadamente entre 24 y 45 días, y esto también depende muy directamente de la temperatura de la región, ya que, a mayor temperatura se desarrolla más rápido en menos tiempo, el insecto pasa por cuatro estados o fases de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (Franqui, 2003).

Figura 2 Ciclo de vida de *Hypothenemus hampei*.





Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Nota. El gráfico muestra cada una de las etapas del desarrollo del insecto *H.hampei*. Tomado de Plan de manejo integral de la broca del café: Implementación de manejo integral de la broca del café en la microcuenca del río Gallito, CHRSM, Santa Fe de Veraguas. Panamá, República de Panamá. 40 páginas. (FIDELCO, 2019)

El insecto y su infestación están relacionados con diferentes factores climáticos como lo son la precipitación y la humedad relativa de la zona, al igual que el estado fisiológico del cafeto. Según estudios, el periodo crítico en su etapa fenológica se evidencia en la fructificación, cuando el fruto llega al 20% de peso en materia seca, es decir, aproximadamente a los 120 días de desarrollo (Salazar et al., 1993).

La forma en la que se dispersa este insecto inicia cuando las hembras buscan fruto donde se encuentran los machos para poder aparearse, posteriormente; depositan los huevos al interior del fruto del café, mientras que los machos nunca dejan el fruto; las hembras si lo hacen buscando otro fruto donde poder aparearse y así seguir multiplicándose (Bustillo, 2006).

Los frutos pueden llegar a ser atacados en diferentes etapas de su desarrollo, sin embargo, se ha descubierto que las hembras colocan sus huevos en los frutos que tienen entre 120 – 150 días de desarrollo, las hembras también pueden ocasionalmente situarse en frutos con menor tiempo de desarrollo, pero allí esperan el que el fruto se desarrolle para poder colocar sus huevos, generalmente se ubican en unos frutos con una edad mínima de 90 días. Las hembras pueden durar entre 4 y 5 días depositando sus huevos dentro del fruto del café, bajo unas condiciones de aproximadamente una temperatura de 21°C y una humedad relativa de 60% el insecto es capaz de tener dos generaciones durante un ciclo productivo del café que dura 240 días (Bustillo, 2006).



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Los métodos empleados en el control del insecto y metodologías de su control deberían ser constantemente revisados y actualizados, esto debido a que, a pesar de la importancia de este insecto en la economía del agricultor, pocos han sido los estudios realizados para la identificación de posibles métodos de control (Torres, 2005). Para ello, se estudiarán los diferentes métodos para el control del insecto *H.hampei*, buscando entre ellos, el método más viable, partiendo de diferentes líneas como los son la económica, en donde, no se vea tan afectado el agricultor y ambientales, donde se busca una baja utilización de control químico y por ende un poco afectación al suelo y el ecosistema.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar los diferentes métodos que se utilizan para el control de *Hypothenemus hampei* en el sistema de producción de café.

Objetivos específicos

1. Describir las ventajas y desventajas de los métodos más utilizados para el control de *H.hampei*.
2. Analizar las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de *H.hampei*. y cómo estas influyen en la efectividad de los diferentes métodos de control.
3. Comparar y seleccionar el mejor método para el control de *H.hampei*.



ESTADO DEL ARTE

La problemática derivada de la infestación del insecto *H.hampei* en el cultivo del café afecta directamente la calidad del fruto, esto, ha sido estudiado por investigadores como Enrique Bustillo en su publicación en la Revista Colombiana de Entomología “Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia”, en la cual, se hace una observación sobre la afectación del insecto en el cultivo del café y se establecen diferentes estrategias para el control y reducción de los efectos del insecto en mención; investigadores como Natalia Moreno Ramírez, Félix Bianchi y demás; en su artículo publicado en el año actual y titulado: “Ecology and management of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*): the potential of biological” hacen referencia a la ecología del insecto *H.hampei* y los estudios realizados para encontrar alternativas sostenibles a los controles químicos y la utilización de potenciales controladores biológicos como estrategia principal. En ambos casos, las estrategias para el control de la broca del café y su afectación en el cultivo no solo han sido abordados de manera teórica, sino que, utilizaron diferentes metodologías de implementación de controladores en campo para reducir la infestación del insecto y así tener menores pérdidas en la de producción de café.

Para el caso puntual de las estrategias de control para la broca del café, las investigaciones existentes abordan las diferentes metodologías para su control; teniendo en cuenta las investigaciones y el material recopilado, se puede observar que dichas investigaciones nos muestran la problemática del insecto *H.hampei* desde su ecología hasta el daño económico que afecta la producción de café.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Existen diferentes estrategias para el control de la broca, entre las que se encuentra el manejo de cultivo, químico, biológico, entre otros.

1. Condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de *H.hampei*

Las condiciones climáticas de países como Colombia son óptimas para que este insecto se establezca y reproduzca. La mejor época para que esto ocurra es después de las lluvias (Johnson y Manoukis, 2021) y antes del periodo de cosecha, en donde las condiciones de aumento de temperatura y de humedad son favorables (Baker et al., 1992).

Los insectos se aparean y desarrollan en el interior de los frutos, después de esto, las hembras abandonan las bayas, los que sirven como fuente de alimento (Mathieu et al., 2001). Los individuos que colonizan los frutos residuales sobreviven y esperan el momento preciso para emerger a colonizar nuevamente otros frutos (Vilchez-Mendoza et al., 2024). Diversas son las condiciones ambientales que favorecen este proceso. Por ejemplo, la temperatura y humedad (Baker et al., 1992), así como también el nivel de luz (Mathieu et al., 1997), en donde el proceso está fuertemente influenciado por los músculos encargados del vuelo en las hembras (López-Guillén et al., 2011). En general, la época que favorece esto es el período de inter-cultivo del café, donde las hembras pueden ocupar los frutos no cosechados y los nuevos frutos comienzan a emerger en los árboles (García-Méndez et al., 2024).

Con respecto a los niveles de luz, ensayos de laboratorio demuestran que los escarabajos prefieren dejar el fruto cuando se registran mayores niveles (Días Silva *et al.*, 2014). Sin importar su estado fisiológico, las hembras se sienten más atraídas por los frutos de color rojo que de color verde (Mathieu *et al.*, 2001), lo que indicó un efecto visual sobre estas. Otro estudio demostró que existe una relación positiva entre la temperatura y la radiación solar, por



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

lo que mayor temperatura y radiación solar promueven el vuelo de la hembra (Johnson y Manoukis, 2021).

Otro estudio de laboratorio determinó de que las bayas liberan compuestos que pueden estimular a las hembras colonizadoras a acercarse a estos, mientras que las hembras de más edad y las “no colonizadoras” no fueron atraídas por estos. Lo que indicaría que las hembras en etapa fértil son capaces de detectar ciertos estadios beneficios para el apareamiento. Esto se debería a que al inicio de la oviposición influiría en el olfato de las hembras que estimularía la capacidad de responder frente a ciertas fragancias de las plantas (Mathieu et al., 2001). Esto va acompañado del desarrollo muscular de las hembras. Se han descrito siete músculos involucrados en el vuelo. En donde las hembras que liberaron sus huevos en frutos presentaron un área superficial mayor de estos músculos y el desarrollo de estos está ligado con los cambios hormonales de las hembras (López-Guillén et al., 2011).

Por otra parte, otros ensayos a escala laboratorio demostraron que las hembras tendían a abandonar las bayas a porcentajes de humedad más bajas, de preferencia menor a 60% a 25°C donde la evacuación a estas temperaturas fue más rápida. Mientras que a porcentajes de humedad mayores a 90% fue mínima. En cambio, las hembras tendían a dejar los frutos con más rapidez a medida que la temperatura aumentó de 20 a 25°C, a mayores temperaturas no hubo ningún efecto significativo. Además, los tiempos de vuelo de las hembras presentaron su máximo valor cuando se detectó el máximo de temperatura diario (Baker et al., 1992). Por lo que la evidencia sugiere que, si se plantea una medida de control que esté dirigida al momento en que las hembras abandonan un fruto para localizar otro, enfocar esta estrategia en horarios diurnos con bajos porcentajes de humedad y alta temperatura sería lo más adecuado.

Otra característica medioambiental que puede influir en el vuelo de las hembras es la lluvia que desencadena la emergencia de estas desde los frutos. Además, tienden a dejar los frutos



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

después del mediodía y condiciones de sombra lo promueven (García-Méndez et al., 2024). Sin embargo, un estudio realizado en Kenia reportó que la mayor infestación se detectó en frutos expuestos totalmente al sol (Jaramillo et al., 2013). Por lo que en los análisis de los factores medioambientales se deberían considerar varios aspectos; el fruto utilizado en el estudio, la localización del insecto (incluyendo distinto continente, país y zona dentro de este) y de las condiciones propias de cada sector. Esto debido a que no existe un estudio que describa como la especie a divergido en las distintas zonas estudiadas y como se han adaptado a los distintos factores medioambientales.

Las condiciones de microclima también deberían ser consideradas el momento de realizar estudios del insecto y su ciclo de vida en los cafetales, así como también en el control de este insecto en los campos de cultivos. Hay estudios de campo que se han realizado en condiciones de La Niña (García-Méndez et al., 2024), mientras que las condiciones de emergencia del insecto desde el fruto son mejores en presencia de El Niño. Considerando que Colombia no experimenta temperaturas extremas debido a su proximidad geográfica a la línea del Ecuador, los cambios entre el fenómeno de El Niño y La Niña se ven reflejados en el ciclo de vida del insecto. Mientras que la sequía y el aumento de entre 1 a 2 °C de temperatura durante El Niño favoreció el incremento del número de insectos, por ende, de infestaciones y de frutos dañados. Mientras que la disminución de temperatura y aumento de precipitaciones de La Niña afectó negativamente las poblaciones (Constantino et al., 2021).

Un estudio reciente desarrollado por Vilchez-Mendoza et al. (2024) ha demostrado que los cultivos de café que están rodeados por bosques presentan una barrera natural para la broca de café considerando la acción del viento. Por otra parte, los pastizales facilitan el movimiento del insecto pudiendo infestar otros cultivos que estén cerca del lugar de origen de estos. Considerando que la distancia que puede recorrer el insecto según distintos investigadores va



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

desde los 30 (Castaño et al., 2005) hasta 65 metros (Gil et al., 2015), que estaría relacionado con la velocidad del viento, los alrededores de las plantaciones deberían ser cuidadosamente mantenidas y las condiciones climáticas registradas para mantener el control de la propagación del insecto. Además, las plantaciones abandonadas debido a la baja productividad puede ser un reservorio del insecto sin control, que puede tener una duración de hasta dos años después del abandono (Vilchez-Mendoza et al., 2024). Por lo que el contexto del paisaje y la ubicación del cultivo también es un punto clave para el control de la propagación del insecto.

Otro estudio indicó que los árboles cercanos a las plantaciones o entremedio de los cafetos deberían estar en contacto físico con ellos. Esto porque promueve la actividad de las hormigas depredadoras de la broca. En árboles que cumplían con estas condiciones, se observó mayor eliminación de la broca que en cafetos poco conectados con árboles cercanos al cultivo. Lo que indica la complejidad del hábitat, además de que la conexión entre árboles de la zona y plantas de café da un soporte al control biológico de las hormigas. También pueden ser utilizados métodos artificiales que conecten árboles para que actúen como puentes entre ellos para que las hormigas puedan trasladarse. Este método genera el mismo efecto que el contacto físico ente árboles, pero el método natural es preferido por las hormigas (Coral et al., 2023).

2. Control Cultural

Las estrategias enfocadas en el cultivo de café son variadas, sostenibles y amigables con el ambiente y buscan crear condiciones desfavorables para la broca. Considerando que los frutos son necesarios para que los insectos se instalen y desarrollen, significa que durante la postcosecha se genera un ambiente que favorece el ciclo de vida del insecto, ya que, después de cada cosecha queda un remanente de frutos que no fue recogido. Recoger los frutos del suelo postcosecha puede disminuir la infestación de un 70% a un 6% (Bustillo et al., 2006).



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Un paso clave en la fase donde los individuos se movilizan desde los frutos de la temporada pasada y los que ya están madurando. En el periodo post cosecha, los frutos restantes en los campos pueden estar secos y en paralelo comienzan a emerger los primeros frutos que aún están verdes. Los frutos verdes a pesar de no ser los que proporcionan un ambiente ideal para la reproducción de la broca son la única fuente de alimento para las hembras. Por lo que la localización por parte de las hembras de frutos verdes de una floración temprana es crucial para mantener a la población, ya que las hembras que viven en los frutos secos no permanecen más de diez días en ellos (Mathieu et al., 1997).

Como medida de detección de los ataques a los frutos se ha descrito que una muestra de metanol/etanol en la proporción 1:1 puede ser un centro de atracción para hembras, lo cual puede ser utilizado en trampas. Este método es usado para la detección temprana del inicio de la propagación del insecto, junto con revisiones periódicas de los cultivos (Bustillo et al., 1998). Este método ya ha sido puesto en marcha en Colombia donde se pudo detectar el periodo de mayor vuelo del insecto, que está relacionado con el momento en que las hembras dejan un fruto para colonizar otro para aparearse. En la zona de Caldas, Colombia, se detectó que el daño a los frutos y la mayor actividad de vuelo del insecto fue después de 2 a 3 meses después de la principal cosecha entre enero y marzo (Aristizábal et al., 2015).

Además, tener personal calificado que pueda tomar decisiones en el caso de detectar una infestación, dividir la zona de cultivo en lotes para mantener el control de la edad de los árboles y de su productividad, el uso de la variedad Castillo tiene ciertos beneficios frente otras variedades o la realización de desyerbas selectivas, son todas alternativas que se utilizan para el control. La poda de los árboles ayuda a mantener una densidad de tallos que permite la cosecha y la correcta verificación de la retirada de los frutos, ya que frutos remanentes pueden ser utilizados por la broca del café (Bustillo et al., 2002). Todas estas medidas son sencillas,



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

ampliamente utilizadas y ayudan a mantener el control de la broca. Sin embargo, por si solas no siempre son suficientes y otros métodos deben ser considerados.

Como se mencionó en otros apartados, el manejo del cultivo que favorezca la conservación forestal de la zona donde se encuentran los cafetales, con el fin de promover el contacto entre los cafetos y los árboles de la zona para que promuevan la movilidad de depredadores naturales, como las hormigas, que puedan usarse como control biológico de la broca. Esto es una opción amigable con el ambiente y económicamente viable. Además, favorece la conservación forestal manteniendo la estructura del hábitat (Cowal et al., 2023).

Por otra parte, Aristizábal y colaboradores (2015) describieron que se detectó menor actividad de vuelo en fincas más pequeñas donde se implementó un control de cultivo eficiente y en el tiempo, que en fincas más grande donde se utilizaron insecticidas para el control del insecto. En donde la cosecha en fincas pequeñas fue realizada por personal permanente, entrenado y miembros de familia, cada dos a tres semanas (Aristizábal et al., 2011), mientras que fincas más grandes se realizó cada tres a cuatro semanas por personal temporal y menos entrenado donde se utilizó insecticidas para el control del insecto (Aristizábal et al., 2015). Por lo que estrategias basadas en el cultivo deberían ser consideradas en paralelo como la base de la prevención y control del insecto en cafetales, el uso de solo una no asegura la eficacia de estos.

3. Uso De Pesticidas

El uso de plaguicidas tiene restricciones ya que solo es posible su uso antes que las hembras ingresen a los frutos. La zona cafetera presenta diferentes condiciones meteorológicas y épocas de floración. Con esto puede haber disponibilidad de fruto para ser cosechado en distintas épocas y, por consiguiente, oportunidades para que el insecto se desarrolle (Villalba - Gault et al., 1995).



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Durante años el pesticida endosulfan ha sido eficiente en el manejo del insecto. Sin embargo, el insecto ha empezado a mostrar resistencia, además de detectarse cantidades residuales en el ambiente y en los consumidores (French-Constant et al., 1994). El uso de formulaciones de insecticidas basadas en endosulfan, se encuentra prohibido en Colombia y en otros países, como los pertenecientes a la Unión Europea y Brasil. Este enfoque de control de la broca del café es el más ecológico para mantener la biodiversidad de la zona cafetera, evitar el surgimiento de otras plagas y, lo más importante, al hacer un uso racional de los insecticidas para prevenir la contaminación ambiental y los riesgos sobre las familias cafeteras (Johnson, 2020).

También como producto de la endogamia, estos insectos han generado una resistencia que se ha convertido en un reto agronómico para el control de esta plaga especialmente en las zonas en donde la dependencia de químicos es muy alta (Brun et al., 1989).

Otros insecticidas utilizados son el fenitrothion, pirimifos-methyl o fenthion. Los insecticidas son considerados cuando la infestación es mayor al 50% (Bustillo et al., 2002).

La utilización de este método de control solo debería realizarse en las áreas donde se presenten grandes infestaciones del insecto, logrando que las demás áreas queden exentas de estas aplicaciones, esto, con el fin de preservar los enemigos nativos de la zona y evitar que otros enemigos naturales del *H.hampei* queden expuestos debido a la posible susceptibilidad con el producto aplicado (Rebelles, 2007). Por otro lado, en países como Vietnam las medidas de control químico solo se utilizan como último recurso, sin importar la cantidad de infestación presente en el cultivo de café, estas aplicaciones solo se realizan cuando es extremadamente necesario, ya que, buscan minimizar los daños ambientales producidos por los químicos (Tháng et al., 2017).



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

4. Control Biológico

a. Uso De Control Biológico

Se han identificado 17 especies que pueden regular la población de broca. Por lo que es necesaria la preservación del ecosistema y de estas especies con el fin de favorecer a los agricultores en el control del insecto (Bustillo et al. 2002, Bustillo et al., 1998). Vélez (2002) describió varias especies de hormigas que son capaces de ser depredadores del insecto en su estado adulto, pudiendo atacarlos tanto en el exterior como en el interior de los frutos. Entre estas se encuentran; *Mycocepurus smithii*, *Dorymyrmex* sp., *Pheidole* sp. y *Solenopsis germinata*, por lo que el cuidado de sus nidos y el reconocimiento de estas y otras especies es una alternativa interesante. Además, el contacto entre árboles nativos y los árboles de los cafetales promueve la interacción de las hormigas de la zona con los árboles del cultivo. Lo que es una forma de control biológico (Cawal et al., 2023). También existe información de otros depredadores, pero aun incompleta (Moreno-Ramírez et al., 2024). En este caso, las desyerbas selectivas favorecen a los insectos propios de los cultivos que podrían ser beneficiosos en el control de las plagas, gracias a esto, las estrategias para mantener el cultivo podrían beneficiar también a este tipo de predadores naturales de la broca del café.

b. Introducción de Depredadores De La Broca Del Café En Los Cultivos

Se introdujeron hace algunos años depredadores de la broca del café desde el continente africano. Millones de depredadores fueron liberados en los campos. De estos, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* mostraron niveles de depredación de 48-65% (Aristizábal et al., 1998) y 60-70% (Bacca, 1999), respectivamente, atacando adultos que se



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

encontraban colonizando frutos. Años después de su introducción, *P.nasuta* aun podía ser encontrada en los campos, lo que indica que se pudo adaptar a las condiciones climatológicas. Tiene como desventaja de que su aplicación tiene altos costos económico, además de no ser compatible con el uso de insecticidas (Moreno-Ramírez *et al.*, 2024).

En México, se estableció una comparación entre *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta*, en donde se encontró que *P. nasuta* no tenía capacidad de adaptación en la región, mientras que *C.stephanoderis* logro grandes resultados como agente controlador, debido a su capacidad de adaptación, la facilidad de cría de este insecto en laboratorios, su fácil manejo en campo y el gran impacto sobre *H.hampei* al ser liberadas de manera periódica en el cultivo (Barrera, 2005).

5. Manejo microbiológico

El hongo *Beauveria bassiana* utilizado como bioinsecticida, esto gracias a diferentes estudios que han estandarizado su producción y su uso en el campo, donde las cepas más virulentas se introdujeron en las zonas infestadas con el insecto. Su aspersion puede provocar un control aceptable del insecto (Bustillo, 2006; Bustillo *et al.*, 2002).

En cultivos de café de otros países, como por ejemplo Brasil, el método mas utilizado es el control biológico, que básicamente reemplaza el manejo químico, ya que, estudios realizados en dicho país, reflejan que los resultados obtenidos al utilizar este hongo son muy similares a los niveles de eficiencia que muestra el control químico (Neves, 2007). Este hongo fitopatógeno genera su modo de acción cuando se encuentra en su etapa de desarrollo de sus conidios, para posteriormente generar la diseminación y el inicio de la infección sobre el insecto (Alves, 1998); este hongo penetra a los insectos por contacto, germina sobre el insecto, y luego de unas acciones químicas y físicas producidas por él, atraviesa la cutícula y penetra en el insecto,



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

su método de acción está muy ligado a la producción de conidios, aunque estos pueden ser afectados por diferentes factores como los son: la aplicación de agroquímicos, la radiación solar, la temperatura, la humedad y la lluvia presente en la zona (Alves; Lecuona 1998).

Figura 3 Proceso de colonización de *H. hampei* por el hongo *B. bassiana*.



Nota. El gráfico representa el desarrollo del hongo *B. bassiana* y su efecto en el insecto *H. hampei* y como al pasar los días este va afectando la broca del café hasta producir su muerte. Tomado de Control Biológico de *Hypothenemus hampei* Ferrari con una cepa nativa de *Beauveria bassiana* Bálz Vuill en el Escambray Cienfuegos (Marrero, 2011).

También el hongo *Metarhizium anisopliae* Soroki ha sido usado con el mismo propósito. Sin embargo, las condiciones ambientales son determinantes para poder obtener resultados óptimos. *B. bassiana* es más efectivo a 20-30 °C y a baja exposición a la radiación solar. Las precipitaciones pueden lavar sus esporas reduciendo su eficacia. Por lo que para obtener resultados óptimos hay que utilizarlo en condiciones adecuadas (Moreno-Ramírez *et al.*, 2024).



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

Otro tipo de insecticida utilizado son las espinosinas. Estas son un producto de fermentación de bacterias pertenecientes al género *Saccharopolyspora*. Han mostrado que se pueden utilizar como control de un amplio espectro de plagas de insectos, con mínimo riesgo en organismos que no son objetivo. Sprinetoram es una espinosina parcialmente sintetizados que presentan estabilidad y presenta bajo potencial de daño ambiental. En estudios de campo, mostró mayor reducción del número de insectos que cuando se usó *B.bassiana*, por lo que su inclusión como método de control de la broca es una alternativa interesante y más estudios deberían ser realizados para establecer las mejores condiciones de uso (Kawabata et al., 2023).

Varios nemátodos han sido descritos como depredadores naturales de la broca del café, tales como *Steinernema carpocapsae* Weiser, *Steinernema feltiae* Filipjev, *Metaparasitylenchus hypothenemi* o *Heterorhabditis* sp., los que pueden infectar al insecto en su estado larval o adulto, con mortalidades que oscilan entre el 5 y 17%, respectivamente, en ensayos de laboratorio (Moreno-Ramírez et al., 2024). En países como Honduras, se ha determinado que el nematodo *Metaparasitylenchus hypothenemi* puede ser utilizado como agente de control de *H.hampei*, ya que, puede vivir en el interior de las brocas adultas generando en ellas esterilidad parcial o total (Poinar et al., 2004). En la actualidad es un método que aún está en desarrollo y no se ha puesto en práctica a gran escala (Moreno-Ramírez et al., 2024).

6. Manejo Orgánico

Como una alternativa eficaz y ecológica a los métodos convencionales de plagas se está planteando el uso de aceites esenciales. Mawussi y colaboradores (2012) describieron el uso de un aceite esencial obtenido desde *Ocimum canum* Sims, donde una dosis de 320 ppm (DL50) . En tiempo similar, una emulsión de *Aeollanthus pubescens* Benth mostró una dosis letal de 220 ppm (Mawussi et al., 2009). Otros aceites esenciales que han mostrado ser letales



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

en contra del insecto han sido obtenidos desde las especies *Thymus vulgaris* L., *Ruta chalepensis* L., *Chenopodium ambrosioides* L. o *Cymbopogon nardus* (L.), incluso algunos de ellos han mostrado 100% de mortalidad como el obtenido desde *Schinus terebinthifolia* Raddi. Sin embargo, aún quedan varios aspectos que considerar como la rentabilidad y el escalado del proceso de obtención y de uso de estos (De Albuquerque et al., 2024). Sin embargo, su uso aun es muy errático y las razones son diversas, entre las que se encuentran el compuesto activo del insecticida, la dosis, el terreno, las condiciones ambientales y el manejo correcto de los operarios (Tabares et al., 2006). Características que también deberían ser consideradas al momento de escalar y estandarizar el uso de aceites esenciales en el manejo de la broca.



DISCUSIÓN

Diversos estudios han descrito las mejores condiciones en las que las hembras vuelan desde un fruto a otro, entre las que se encuentran el porcentaje de humedad, temperatura, radiación solar o después de temporadas de lluvia. Esta información debería ser utilizada para poner en alerta a los agricultores de las épocas en las cuales deberían estar más atentos a posibles incrementos de la infestación del insecto.

Varias estrategias para el manejo de la broca han sido consideradas y evaluadas. Actualmente el uso de protocolos que sean amigables con el ambiente, sostenibles y que no aumenten la huella de carbono deberían tener prioridad. Las estrategias enfocadas en el manejo del cultivo cumplen con todas estas expectativas, por lo que son aplicadas durante el cultivo y monitoreadas constantemente con el objetivo de que su manejo sea adecuado. Además, se ha demostrado que el entorno y la vegetación presente en este o dentro del cafetal puede influir en el control del insecto, las que también deberían ser consideradas como método de prevención. Otras alternativas, como el uso de nematodos aún no han sido implementados a gran escala. Sin embargo, el uso de insecticidas solo se sugiere cuando la infestación es demasiado alta, es menos amigable con el ambiente y podría generar efectos colaterales no deseados. Por lo que alternativas más amigables con el medio ambiente deberían ser desarrolladas. El uso de aceites esenciales es una alternativa considerada en los últimos años, pero que aún necesita ser más desarrollada. Presentan dosis letales en el rango de las partes por millón y son obtenidos desde plantas. Sin embargo, se necesita describir cual sería el efecto sobre la fauna nativa que también necesita ser cuidada.

Todas las estrategias descritas no han sido capaces de erradicar completamente a la broca, pero si controlar el número de individuos. Por lo que se usa una combinación de ellas, donde el manejo de las condiciones de cultivo, de su entorno y de la preservación de la fauna y flora



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

nativa son las estrategias más amigables con el ambiente. Además, los datos disponibles sobre los depredadores no son totalmente informativos como para poder establecer estrategias más sofisticadas. Para lograr esto, más estudios deberían enfocarse en la biología de los depredadores y su interacción con el insecto como los descritos con hormigas y la descripción de su comportamiento.

Con lo anterior dicho, podemos decir que el uso de insecticidas se sugieren solo cuando la infestación del insecto plaga está por encima del umbral de acción, el uso de nematodos no ha sido estudiado a gran escala, aunque se presentaron estudios de la eficacia de esta especie sobre el insecto plaga de forma positiva, dichos resultados fueron reportados en Honduras, en Colombia no se ha generado ningún estudio que demuestre que en las zonas del país este nematodo pueda dar buenos resultados, el uso de aceites esenciales es una alternativa considerada en los últimos años, pero que aún necesita ser más desarrollada, los datos disponibles sobre los depredadores no son totalmente informativos como para poder establecer estrategias más sofisticadas e igual que en los nematodos aun falta muchos estudios para garantizar su eficacia de control en el territorio colombiano, debemos tener en cuenta las condiciones en las que las hembras vuelan desde un fruto a otro: porcentaje de humedad, temperatura, radiación solar o después de temporadas de lluvia, esto con el fin de poder garantizar un mejor método de control, un método de control que refleje un uso de protocolos que sean amigables con el ambiente, sostenibles y que no aumenten la huella de carbono.



CONCLUSIONES

1. Se lograron identificar 5 diferentes métodos de control para la reducción del impacto que genera el insecto *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café principalmente en Colombia y en algunos métodos la forma en que son utilizados en otros países productores de este fruto, para los cultivos de café en Colombia, el método con más aplicación es el control cultural, ya que, aunque la mano de obra es un poco costosa y afecta la economía de los agricultores, la prioridad es evitar al máximo la presencia de frutos verdes, maduros, sobremaduros y secos en el suelo, y por ende, gracias al control cultural se puede dar un mejor control para la broca.
2. Las ventajas y desventajas de los métodos de control son muy variadas, en el manejo cultural, podemos apreciar como ventaja el hecho que no se afecta el o ambiente en el que se encuentra el cultivo, aunque la mano de obra genera gastos importantes, comparados a los gastos que se utilizan para aplicar insecticidas no son tan altos y generan más empleo y cuidado del medio ambiente, si hablamos de los demás métodos de control, algunos podrían ser más costosos para el agricultor, como lo es introducir depredadores a sus cultivos, compra de insecticidas o productos químicos y la adquisición de controladores biológicos afectan la economía de las familias cafeteras del país y sin una adecuada utilización de dichos recursos para combatir la plaga, se puede generar daños al ecosistema que rodea los cultivos de café.
3. Las condiciones ambientales que favorecen el vuelo de la hembra desde un fruto a otro es el aumento de la radiación solar y la temperatura, así como también detectan el color de los frutos más idóneos para ser colonizados ya que son atraídas por compuestos emanados por estos. Además, una temperatura de 25°C y un 65% de humedad son los



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

escenarios ideales para que la hembra deje el fruto, además, en un clima con una temperatura de alrededor de los 20°C es el propicio para el desarrollo de *H. hampei*. Estas características deberían ser usadas por los agricultores para controlar la infestación del insecto por medio del control cultural, debido a que, gracias a la recolección de frutos del suelo, se evita que la broca presente en esos frutos emerja y nuevamente ataque los demás frutos que aún no están brocados.

Las medidas mas comunes para un buen control cultural a tomar por los agricultores, es en primer lugar un monitoreo directo en las plantas, esto con el fin de tomar decisiones, y si se presenta una infestación de broca en el cultivo, realizar una muy buena recolección de frutos, además de la realización de podas fitosanitarias, renovación del cafetal con plántulas nuevas y en ultimas instancias realizar una poda total también llamada "Pillu".

4. El más recomendable actualmente son las estrategias que están en la línea del manejo del cultivo, que respetan el medio ambiente y que ayuden a preservar la fauna nativa de las áreas donde se encuentran los cultivos. En lo posible, estas deberían considerar también la vegetación que rodea al cultivo, como la que puede estar presente entre los cafetos, que se ha demostrado tener un rol para el control del insecto. Sin embargo, estas medidas son utilizadas diariamente, mientras que el uso de estrategias más agresivas como los insecticidas solo se consideran en casos de grandes infestaciones.



BIBLIOGRAFÍA

ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Ed.). Controle microbiano dos insetos 2. ed. Piracicaba (Brasil): FEALQ, 1998. p. 289-381.

ALVES, S. B.; LECUONA, R. E. Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos. In: ALVES, S.B. (Ed.). Controle microbiano dos insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 97-169.

ARISTIZABAL L. F., BUSTILLO A. E., BAKER P. S., OROZCO J., CHAVÉS B. (1998). Efecto depredador del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Rev Colomb Entomol. 24: 35-42.

ARISTIZABAL L. F, JIMÉNEZ M, BUSTILLO AE, ARTHURS SP. 2011. Monitoring cultural practices for coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) management in a small coffee farm in Colombia. Florida Entomologist. 94: 685-687.

ARISTIZABAL L. F, JIMÉNEZ M, BUSTILLO AE, TRUJILLO H.I., ARTHURS S.P. (2015). Monitoring coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), populations with alcohol-baited funnel traps in coffee farms in Colombia. Florida Entomologist. 98: 381–383.

BACCA T., DELGADO W. L., LAGOS T. C., GUTIERRES Y. (2021). Efecto de la altitud y del sombrero del café sobre la infestación por *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Nariño, Colombia. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas, 25(2): 43-58. <https://doi.org/10.17151/bccm.2021.25.2.3>.

BACCA R. T. (1999). Efecto del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Tesis: Maestría en Ciencias Agrarias. Santafé de Bogotá. 186 p.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

BAKER P.S., LEY C., BALBUEN R., BARRERAJ.F. (1992). Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. *Bulletin of Entomological Research*. 82: 145-150.

BARRERA, J. F. (2005). Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas. In *Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México (pp. 1-13).

BRUN, LO et al.(1989) Resistencia al endosulfán en la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en Nueva Caledonia. *Journal of Economic Entomology*, v. 82, p. 1311-1316, 1989.

BUSTILLO, Á. (2007). El Manejo de Cafetales y su Relación con el Control de Broca en Colombia. *Cenicafé* (24), 06-07.

BUSTILLO PARDEY A.E. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Rev Colomb Entomol*. 32:2.

BUSTILLO PARDEY A.E. (2002). En manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Enero, 2° edición, páginas: 6-35.

BUSTILLO A.E., CHÁVEZ B. (1995). Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia, *Cenicafé* (Colombia). 46(3): 152-163.

BUSTILLO P.A.E., CÁRDENAS M.R., VILLALBA G.D.A., BENAVIDEZ M.P., OROZCO H.J. (1998). Manejo integrado de la broca del café: *Hypothenemus hampei* Ferrari en Colombia. Manizales: CENICAFE, 134p.

CÁRDENAS, M. d., BRITO, R. V., GIRALDO, H., & AQUINO, A. (2007). Biología de la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: ENTOMOTROPICA. Vol. 22(2), 49-55.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

CASTAÑO A., BENAVIDES P., BAKER P. S. (2005). Dispersión de *Hypothenemus hampei* en cafetales zoqueados. *Cenicafé*. 56: 142–150.

CONSTANTINO, L.M.; GIL, Z.N.; MONTOYA E.C.; BENAVIDES, P. Coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) emergence from ground fruits across varying altitudes and climate cycles, and the effect on coffee tree infestation. *Neotrop. Entomol.* 2021, 50, 374–387.

CONSTANTINO, L. M., GIL, Z. N., JARAMILLO, A., BENAVIDES, P. M. y BUSTILLO, A. E. (2011). Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en la zona central cafetera de Colombia (Conferencia). Memorias 38 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Manizales, Colombia. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4683.9205>

COMERCIO MUNDIAL. (7 de Julio de 2015). Dinero. Obtenido de <https://www.dinero.com/economia/articulo/colombia-exporta-cafe-mayoresconsumidores-del-mundo/210780>

COWAL S., MORRIS J.R., JIMENÉZ-SOTO E., PHILPOTT S.M. (2023). Naturally occurring vegetation connectivity facilitates ant-mediated coffee berry borer removal. *Insects*. 14: 869.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2024). Boletín Técnico Producto Interno Bruto (PIB). Bogotá D.C. I Trimestre de 2024.

DE ALBUQUERQUE R.D.D.G., LEÓN-VARGAS F.R., RUIZ-PAREDES R., VILLACRÉS-VALLEJO J.Y., MALCA GARCIA G.R., GANOZA-YUYANQUI M.L. (2024). Plant resources in the control of the key food pests Andean potato weevils (*Premnotrypes* spp.) and coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*): a systematic review. *Agronomy Res.* 11: 576-588. DOI: 10.15159/AR.24.029.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

DIAS SILVA W., MOREIRA COSTA C., SIMOES BESTO J.S. (2014). How old are colonizing *Hypothenemus hampei* (Ferrari) females when they leave the native coffee fruit? *Journal of Insect Behavior*. 27: 729-735. DOI: 10.1007/s10905-014-9464-2.

DUQUE O.H., BAKER P.S. (2003). Devouring profit; the socio-economics of coffee berry borer IPM. Chinchiná, The CommoditiesPress - CABI-CENICAFÉ. 105 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. (2004). Cartilla cafetera. No. 14. Manejo Integrado de broca. 44 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. (2022). Cartilla cafetera. No. 32. Ensayo Sobre Economía Cafetera. 154 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. (2023). Informe de gestión. Estrategia e innovación. FNC

FUNDACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES – FUNDACIÓN Natura / FIDECO. (2019). Plan de manejo integral de la broca del café: Implementación de manejo integral de la broca del café en la microcuenca del río Gallito, CHRSM, Santa Fe de Veraguas. Elaborado por Grupo para la Educación y el Manejo Ambiental Sostenible (GEMAS), para el proyecto “Agroforestería para la conservación de los objetos de conservación de la microcuenca del río Gallito”. Panamá, República de Panamá. 40 páginas.

FRANQUI, R. A., & MEDINA, G. S. (2003). La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari): Biología y aspectos básicos de control. *Entomología asociada Universidad de Puerto Rico, estación experimental agrícola, departamento de producción de cultivos, Rio Piedras, Puerto Rico*, 1-11.

FRENCH-CINSTANT R.H., STEICHEN J.C., BRUN L.O. (1994). A molecular diagnostic for resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull Entomol Res*. 84: 11-16. DOI: 10.1017/S000748530003217X.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

GARCÍA-MENDEZ V., GONZÁLEZ-GÓMEZ R., TOLEDO J., VALLE-MORA J.F., BARRERA J.F. (2024). Effect of microclimate on the mass emergence of *Hypothenemus hampei* in coffee grown under shade of trees and in full sun exposure. *Insects*. 15:124. DOI: 10.3390/insects15020124.

GIL Z. N., BENAVIDEZ 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: 72–78. DOI: 10.1093/jisesa/iev058.

INFANTE, F.; CASTILLO, A.; VEGA, F. E. (2009). The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): A short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews* 2: 129-147. <https://doi.org/10.1163/187498209X12525675906031>

JARAMILLO J., SETAMOU M., MUCHUGU E., CHABI-OLAYE A., JARAMILLO A., MUKABANA J., MAINA J., GATHARA S., BORGEMEISTER C. (2013). Climate change or urbanization? Impacts on a traditional coffee production system in East Africa over the last 80 years. *PLoS ONE*. 8: e51815.

JOHNSON M.A., MANOUKIS N.C. (2021) Influence of seasonal and climatic variables on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari) flight activity in Hawaii. *PLoS ONE* 16(12): e0257861. DOI: 10.1371/journal.pone.0257861.

JOHNSON, M. A., RUIZ-DIAZ, C. P., MANOUKIS, N. C., & VERLE RODRIGUES, J. C. (2020). Coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), a global pest of coffee: Perspectives from historical and recent invasions, and future priorities. *Insects*, 11(12), 882.

KAWABATA A., MYERS R., MIYAHIRA M., YAMAUCHI N., NAKAMOTO S.T. (2023). Field efficacy of spinetoram for the management of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), *Insects*. 14: 287.



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

LÓPEZ-GUILLÉN G. (2011). Morphology and structural changes in flight muscles of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) females. *Environmental Entomology*. 40: 441-448. DOI: 10.1603/EN10181

MARRERO, I; HERNANDEZ, A; CASTELLANOS, L; (2011) Control Biológico de *Hypothenemus hampei* Ferrari con una cepa nativa de *Beauveria bassiana* Bálz Vuill en el Escambray Cienfuegos

MATHIEU F., GAUDICHON V., BRUN L.O., FRÉROT B. (2001). Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization. *Physiological Entomology*. 26: 189-193. DOI: 10.1046/j.1365-3032.2001.00232.x.

MATHIEU F., BRUN L.O., FRÉROT B. (1997). Factors related to native host abandonment by the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Col., Scolytidae). *J Appl Ent*. 121: 175-180.

MAWUSSI G., TOUNOU A.K., AYISAH K.D., VILAREM G., RAYNAUD C., MERLINA G., SANDA, K. (2012). Chemical composition and insecticidal activity of *Ocimum canum* essential oil against coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *J Essent Oil-Bear Plants* 15(6): 955–963. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10662599.

MAWUSSI, G., VILAREM, G., RAYNAUD, C., MERLINA, G., GBONGLI, A.K., WEGBE, K. & SANDA, K. (2009). Chemical composition and insecticidal activity of *Aeollanthus pubescens* essential oil against coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *J Essent Oil -Bear Plants*. 12(3), 327–332. DOI: 10.1080/0972060X.2009.10643727.

MESA, M., MOLINA, O., & PULGARÍN, A. (2017). Estimacion de la Tasa de Infestacion de la Broca en un Cafetal, Utilizando un Modelo Tipo SIR. *TEORÍA Y APLICACIONES* 2017 24(2) : 257–276, 259.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

MONTOYA E.C. (1999). Caracterización de la infestación del café por la broca y efecto del daño en la calidad de la bebida. *Cenicafé* (Colombia). 50: 245-258.

MORENO-RAMÍREZ N., BIANCHI F.J.J.A., MANZANO M.R., DICKE M. (2024). Ecology and management of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*): the potential of biological. *BioControl*. 69: 199-214. DOI: 10.1007/s10526-024-10253-6.

OLIVAS, A. P. (2010). Efecto del uso del suelo adyacente al cafetal sobre la dispersión y dinámica poblacional de la broca *Hypothenemus hampei* Ferrari y la abundancia de enemigos naturales en el cantón de Turrialba, Costa Rica.

OROZCO J. (2002). Introducción a Colombia de los parasitoides de origen africano para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei*: CENICAFÉ, 2002. (Revista de Protección Vegetal
Volume 17 Issue 3 ISSN 1010-2752).

PARDEY, Á. E. B. Section V the coffee berry borer.

PEDRO M.O.J NEVES (2007) Utilização de *Beauveria bassiana* no manejo da broca-do-café no Brasil: Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL, C. postal 6001, 86051-970 Londrina, PR, Brasil, pedroneves@uel.br (Manejo da broca-do-café: workshop internacional / M274 organizado por Celso Luiz Hohmann – Londrina: IAPAR, 2007. 282 p.)

POINAR, G. Jr., F.E. VEGA, A. CASTILLO, I. E. CHAVEZ & F. INFANTE. (2004). *Metaparasylenchus hypothenemi* n. Sp. (Nematoda: Allantonematidae), a parasite of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae). *J. Parasitol.* 90:1106-1110.



Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

REBELLES P. (2007) Controle químico no manejo integrado da broca-do-café: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG-CTSM/EcoCentro, C. postal 176, 37200-000 Lavras, MG, Brasil, paulo.rebelles@epamig.ufla.br

RUIZ C., R. Efecto de la fenología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Manizales Universidad de Caldas. Facultad de ciencias agropecuarias, 1996. 87 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.

SALAZAR G., M.R.; ARCILA P., J.; RIAÑO H., N.M.; BUSTILLO P., A.E. Crecimiento y desarrollo del fruto del café y su relación con la broca. Chinchiná : CENICAFÉ, 1993. 4 p. (Avance Técnico No. 194).

THANG N.N; THANG T.N; CONG N.T. (2017) Análisis de riesgos en la producción de café de los hogares de agricultores en la provincia de Dak Lak. Revista de Ciencias Agrícolas de Vietnam 2017, vol. 15, n.º 2: 243252

TABARES C.J.E., VILLALBA G.D.A., BUSTILLO P.A.E., VALLEJO E.L.F. (2008). Eficacia de insecticidas para el control de la broca del café usando diferentes equipos de aspersión. Cenicafé. 59(3): 227-237.

TORRES L., CASTILLO J., Evaluación de la incidencia natural de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) y *Leucoptera Coffeella* (Guerin-Meneville) en el cultivo de café en dos zonas cafetaleras de Nicaragua. Managua Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía, 2005. 61 p. Tesis: Ingeniera Agrónoma.

VEGA F.E., INFANTE F., JOHNSON A.J. (2015). The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. In: Vega F.E., Hofstetter R.W., editores. Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species. 1st ed. London, UK: Elsevier, pp. 427–494.

VILCHEZ-MENDOZA S.J., RONIN A., BOMMEL P., CILAS C., BAGNY BEILHE L. (2024). Quantifying movement of the coffee berry borer at the interface between coffee plantations and



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Métodos de control de *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café

adjacent land uses. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 8:1356650. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1356650.

**ACUERDO 027 DEL 16 DEL 16 DE DICIEMBRE DE 2021
ARTÍCULO 46.- OPCIONES DE TRABAJO DE GRADO
OPCIÓN MONOGRAFÍA**

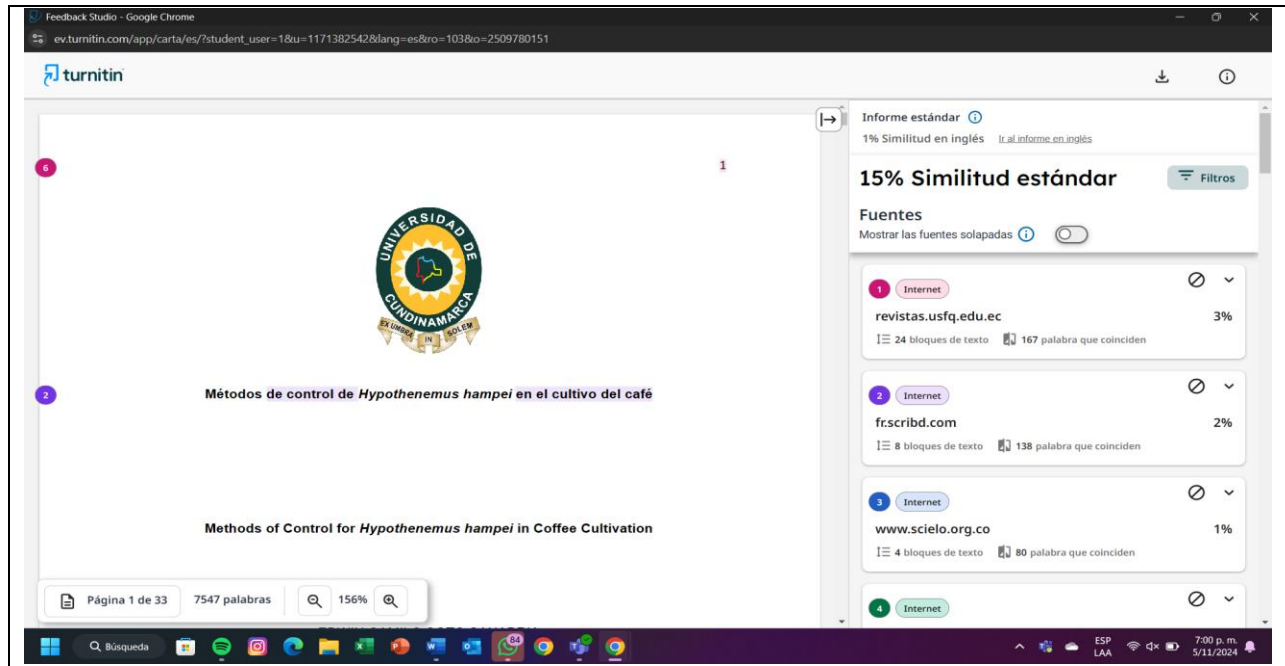
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Programa de Ingeniería agronómica**

Evidencia anti-plagio - *Turnitin*

ARTÍCULO 61.- DEBERES
13. No cometer fraude académico o plagio en las pruebas de evaluación, exámenes o trabajos escritos presentados en desarrollo del proceso de aprendizaje y formación, así como el respeto a la propiedad intelectual.

ARTÍCULO 62.- FALTAS
1. El fraude: c. Utilizar citas o referencias falsas o registrar indebidamente referencias que no coincidan con las citas. d. Presentar como de su propia autoría la totalidad o parte de una obra, trabajo, documento o invención realizados por otra persona; incorporar un trabajo ajeno en el propio de tal forma que induzca a error al observador o lector en cuanto a la autoría del mismo.

Inserte una evidencia¹ del índice de similitud (%) arrojado por la herramienta *Turnitin* ↓



0% - 25%
Permitido
El documento se puede entregar y radicar como propuesta (anteproyecto).

>25%
No permitido
El documento no se puede entregar ni radicar como propuesta (anteproyecto). Se hace obligatoria la revisión exhaustiva de este por parte del estudiante y el director para hacer los ajustes pertinentes.

¹ Procedimiento: tome pantallazo del reporte de originalidad → Guarde el pantallazo como imagen (jpg/jpeg/png) en el PC → seleccione el recuadro o posicione el cursor dentro del recuadro (cuando el texto ya haya sido borrado) → Vaya a la barra de herramientas de Word - pestaña "Insertar" → función "Imágenes" → "Insertar imágenes desde este dispositivo" → seleccione el pantallazo (imagen jpg/jpeg/png) desde la ubicación de guardado en el PC → pique "Insertar".

Facatativá, 07 de noviembre de 2024

Señores
CONSEJO FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS

Asunto y/ó Ref: Aprobación trabajo de grado

Respetados señores:

Por medio de la presente, yo Yamilet Del Rosario Chagueza Villarreal, identificada con C.C. 29706617 de Pradera (Valle de Cauca), asignada como asesor del trabajo de grado en modalidad monografía titulada:

"MÉTODOS DE CONTROL DE Hypothenemus hampei EN EL CULTIVO DEL CAFÉ, desarrollado por **EDWIN CAMILO SOTO SANABRIA**, ID 1073174490.

En mi condición de tutor del proyecto de grado doy mi aval de que el trabajo realizado cumple con las exigencias académicas y metodológicas establecidas; así como con los requisitos de forma del trabajo, de citación y de bibliografía para ser aceptada la monografía.

Cordialmente,



Yamilet Del Rosario Chagueza Villarreal
Docente
Ingeniería Agronómica-Extensión Facatativá
Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Cundinamarca