

Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari.)

Jeimmy Alejandra Monsalve Ruiz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Agronomía

Facatativá

2022

Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari.)

Jeimmy Alejandra Monsalve Ruiz

Director:

I. A, MSc. Oscar Mauricio Moya Murillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Agronomía

Facatativá

2022

Nota De Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Facatativá, mayo de 2022

Agradecimientos

Gracias a mis padres por impulsarme siempre a cumplir mis sueños y metas, por enseñarme que en la vida nunca hay nada imposible para quien lucha por sus sueños, a mi madre por preocuparse cuando pasaba largas noches sin descanso y aun así acompañándome en el proceso.

Gracias a las personas que me rodean, que han creído en mí y que de una u otra manera me han apoyado para que este sueño se hiciera realidad, a mi tío Higinio Ruiz quien en muchas ocasiones me ayudo y explico trabajos que no lograba entender.

Al asesor Oscar Mauricio Moya por su constante ayuda, guía y preparación para la presentación de este trabajo.

Mis agradecimientos a la Universidad por darme la oportunidad para formarme como profesional desde la modalidad a distancia, a mis directivos de todo mi proceso en la culminación de mi carrera.

Dedicatoria.

Dedico con todo mi corazón este trabajo primeramente a Dios por brindarme salud y bienestar para llegar donde he logrado estar.

A mi hijo David Jerónimo Monsalve Ruiz quien llego a mi vida para enseñarme el amor más grande y puro, quien se ha convertido en mi mayor motivación para superarme y por quien siempre daré todo de mí para que sea su mayor ejemplo y así mismo brindarle todo mi amor, te amo hijo.

A mis Padres Odilia y Luis quienes me han forjado como una mujer ejemplar con valores, principios y humildad los cuales me han llevado a ser la persona que soy en pago de todo su sacrificio y amor quiero recompensarlos siempre siendo un gran orgullo para ustedes y ofreciéndoles todo lo que se merecen.

A mis hermanos Miguel Ángel y Luis Daniel de quienes espero sigan mi ejemplo como hermana y lleguen aún más lejos.

Al Ingeniero Pedro Pablo Quevedo, a quien le debo hoy en día mi carrera y trabajo, por brindarme las oportunidades que he tenido y por contar siempre con su apoyo.

Resumen

La finalidad de este trabajo es dar un concepto crítico sobre el manejo integrado de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Colombia, sus principales métodos de control, características y beneficios, indagando en distintas referencias bibliográficas y así obteniendo una percepción sobre la actualidad de esta tecnología de manejo integrado que exige la producción café en la actualidad, en búsqueda de mejores y más eficientes formas de manejo para nuestros agricultores. El presente estudio busca describir de manera detallada técnicas de manejo que los agricultores de café están utilizando según las orientaciones de las entidades de investigación, detallando, además, las distintas técnicas de control de las cuales no se tiene una aplicación adecuada o practica en la actualidad y por lo que están fura del concepto del manejo integrado del insecto problema.

Palabras clave: *Hypothenemus hampei*, manejo biológico, manejo etiológico, manejo genético, manejo bio-racional.

Abstract

The purpose of this work is to give a critical concept on the integrated management of the coffee drill (*Hypothenemus hampei*) in Colombia, its main control methods, characteristics, and benefits, researching different bibliographic references and thus obtaining a perception of the current state of this integrated management technology that coffee production currently requires, in search of better and more efficient ways of management for our farmers. This study seeks to describe in detail management techniques that coffee farmers are using according to the guidelines of the research entities, detailing, in addition, the different control techniques of which there is no adequate or practical application at present. and so, they are outside the concept of integrated management of the problem insect.

Keywords: *Hypothenemus hampei*, biological management, management, etiology, genetic management, biorational management.

Contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Lista de tablas	10
Lista de figuras.....	11
Introducción	12
Planteamiento del problema.....	15
Justificación	17
Objetivos.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos	19
Marco referencial.....	20
Generalidades del café	20
Materiales sembrados en Colombia.....	21
Coffea arabica	21
Generalidades de la broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>)	23
Ciclo de Vida:	23
Problemática con el manejo tradicional y manejos alternativos.....	26
Control cultural (prácticas agronómicas) de la broca del café.....	31
Control biológico de la broca del café	32
Control etiológico de la broca del café	36
Control genético de la broca del café.....	40
Control legal de la broca del café	40
Control bioracional de la broca del café	41

Diseño metodológico	42
Conclusiones	43
Bibliografía	45

Lista de tablas

Tabla 1. Bioplaguicida para el control de insectos plaga en Colombia y cría masiva y venta de parasitoides.....	33
Tabla 2. Biocontroladores con alguna investigación incipiente en Colombia o en otros países productores.....	34
Tabla 3. Tipo de trampas, propiedades de diseño, atrayente y proporción, observaciones del estudio.....	37

Lista de figuras

Figura 1. Ilustración Botánica de *Coffea arabica*.....22

Figura 2. Ciclo de infestación del grano de café por la Broca.....25

Introducción

La trascendencia que reviste el manejo adecuado de la broca del café para el sector caficultor exige el manejo de los conceptos básicos de biología del insecto, la relación con la planta, con las condiciones ambientales, el hospedero y el manejo del caficultor (Aristizábal, Vélez, & León, 2006). Es allí donde el entendimiento de la pirámide que permite que las poblaciones del insecto aumenten a niveles de daño económico, facilita que los diferentes tipos de manejo se consoliden como prácticas habituales del cultivo, las cuales generen un ambiente adecuado para el retorno de los campesinos a la siembra del cultivo, devolviéndole a este la calidad del grano, rentabilidad del sector y sostenibilidad ambiental con el que contaba antes de la aparición de la plaga (Benavides-Machado *et al.*, 2003). Como es conocido después de la llegada al país de la broca del café en 1988 y en la posterior década de los noventa con los bajos precios del grano, se evidenciaron las limitantes sociales y ambientales del paquete tecnológico predominante (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017), aunado también a que la política productiva se limitó a un programa de renovación con incentivo que beneficiaron principalmente en los caficultores de mayor tamaño y tecnificación, dejando en condiciones de desprendido deterioro el grueso del parque cafetero a cargo de los pequeños productores (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017). Por ello es de gran importancia reevaluar las formas de manejo de esta plaga primaria del cultivo de café, teniendo en cuenta las actuales investigaciones del Manejo Integrado de Plagas, los cuales incluyen el manejo cultural, etológico, biológico, legal, genético, cultural y químico.

El café es un cultivo perenne de gran importancia económica y social para más de 50 países de los continentes americano, asiático y africano, donde la producción más importante en

cuanto a cantidad lo representan países como Brasil y Vietnam, quienes manejan altos volúmenes que influyen el mercado internacional. Por otra parte, países más pequeños compiten por calidad como es el caso de Colombia, Indonesia y Costa Rica, donde se involucra a productores, beneficiadores y comercializadores (Silman, 2014). Colombia es el tercer productor de café a nivel mundial con una producción de 13,89 millones de sacos para el 2020 (Federación Nacional de Cafeteros, 2021).

La broca del café, *Hypothenemus hampei*, ocasiona daños en el fruto y la caída de estos cuando son atacados en estados tempranos de desarrollo. Cuando la broca ataca frutos de café de dos meses de edad, más del 50% caen de las ramas y muchos de ellos se tornan de un color característico al de la madurez; pero si el ataque ocurre después de los tres meses de edad la caída de frutos es menor del 23,5% (Bustillo-Pardey, 2002). La broca deteriora la calidad del fruto, generando menores ingresos por reducción del precio de venta. Reduce entre un 30 y 80% el valor del ingreso según el nivel de infestación de la plaga (Arcila *et al.*, 2007). El café es un cultivo que es considerado de baja carga tóxica, ya que la cantidad de productos y cantidad de aplicaciones que se realizan en el año son escasos, por lo que no generan los problemas que causan otros cultivos como banano, piña o melón, donde la cantidad de agroquímicos utilizadas es alta (Aguilar, 2015). En el caso del café, la broca ha obligado al aumento del uso de aplicaciones de agroquímicos, específicamente el endosulfán producto altamente tóxico, por lo que se ha buscado alternativas y manejo integrado de esta plaga (Aguilar, 2015). El manejo integrado de la broca busca disminuir o eliminar el uso de este agroquímico. Camilo *et al.* (2003) sugieren que para que se de este manejo integrado se debe conocer la fenología, el comportamiento y las múltiples interacciones del insecto con el cultivo. (José Camilo, Frank Olivares, & Héctor Jiménez, 2003)

En este trabajo se realiza una recopilación y análisis bibliográfico con la finalidad de conocer las posibilidades que se tienen para el control integrado de la broca, analizando sus posibles interacciones y proponiendo alternativas para tener una mayor productividad, disminuyendo costos innecesarios, mejorando la rentabilidad y el bienestar social. Con lo anterior se refiere a que se ofrece este trabajo como una herramienta de consulta y guía para la implementación y el traslado a una caficultura más inocua, no obstante, cabe aclarar que es solo una consulta bibliográfica, en donde el autor busca plantear su idea personal.

Planteamiento del problema

En el año 2018 en el país se tenía un área de siembra de café de aproximadamente 742.373,45 hectáreas, la producción fue de 855.840 toneladas para un rendimiento promedio de 1,15 ton/ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). Para el año 2007 casi toda el área de siembra tenía la presencia de la plaga en diferentes grados de infestación, afectando el patrimonio de más de medio millón de familias cafeteras (Bustillo-Pardey, 2007). Tanto la hembra de la broca como sus larvas ocasionan graves problemas al fruto, registrando que casi un 90% de los frutos puede ser afectado y las pérdidas en el rendimiento alcanzan el 40% (Orozco & Aristizabal, 1996). El uso de insecticidas de síntesis química para el control de *H. hampei* como única medida de control tiene muchos inconvenientes, el principal es que es imposible lograr un control eficaz del insecto una vez alcanza el interior de los frutos. Éstos entonces, deben usarse sólo cuando el insecto está perforando los nuevos frutos (Bustillo Pardey, 2007). Lo anterior se agrava debido a que en Colombia el café presenta múltiples floraciones, como respuesta a las condiciones climáticas, lo cual es causa de que en zonas como el eje cafetero se encuentren durante todo el año frutos susceptibles de ser atacados, incrementándose lógicamente la frecuencia de las aspersiones de insecticidas (Bustillo-Pardey, 2007). El uso continuado de insecticidas también conduce al desarrollo de resistencia como ha sido comprobado para el endosulfan, uno de los productos más utilizados para el control (Orozco & Aristizabal, 1996) (Benavides-Machado y Arévalo-Martínez, 2002). Desde el inicio de la investigación para el control de la broca las entidades interesadas han recalcado que este se debe enfocar a través de un Programa de Manejo Integrado de Plagas MIP, que comprende el conocimiento a fondo de todos los factores que componen el ecosistema cafetero y de sus múltiples interacciones (Gómez *et al.*, 2004). Sin embargo, en la actualidad, las prácticas más aceptadas son las del control

cultural (Re-Ré) y el control químico, ya que a nivel investigativo no se tiene en cuenta muchas veces el factor social y económico del productor, el cual abandona la caficultura por la falta de políticas institucionales, la baja rentabilidad de la caficultura “tecnificada” y el endeudamiento de los caficultores con el sector financiero (Ramírez, 2009). Entonces queda la pregunta de ¿Cuáles son las prácticas del manejo integrado de la broca que al ser aplicadas en conjunto fomenta el renacer de la caficultura colombiana?

Justificación

El cultivo de café es el cuarto renglón de productos de exportación de Colombia, este generó al país en el año 2019, 2.369,3 millones de dólares, es decir, aproximadamente el 6% del PIB (Ministerio de Comercio, 2020). La broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) introducida a Colombia en 1988 es la plaga más importante que afecta el café en Colombia (Benavides-Machado *et al*, 2003). Esta hace el daño al perforar la cereza para reproducirse internamente en el endospermo, causando la pérdida total del grano y en muchos casos, la caída prematura de los frutos, afectando no solo la producción sino la calidad final en tasa (Servicio Nacional de Aprendizaje y Cenicafe Caldas, 2005). Con la llamada segunda revolución agrícola a partir de los años 60 en el mundo se buscó la producción en masa de productos agroalimentarios, olvidándose de mantener el equilibrio de los agroecosistemas con el fin de ser competitivos a nivel comercial (Ramirez, 2009); esto conllevó al uso indiscriminado de productos de síntesis química de amplio espectro, que eran biocidas, no solo eliminando los insectos problema sino rompiendo toda la armonía ecosistémica (Bustillo-Pardey, 2006). En los años 90 se observó un abandono del cultivo del café causado principalmente porque las pocas prácticas fitosanitarias recomendadas por Fedecafé y Cenicafe y aplicadas por el caficultor se limitaban apenas a la convivencia con la plaga, a un control cultural y al manejo químico de un estricto grupo de ingredientes activos, lo cual conllevaba a la insostenibilidad del cultivo por parte del pequeño productor (Ramírez, 2009). Por lo anterior es importante recopilar los resultados más importantes de investigación sobre el manejo Integrado de la broca del café durante los últimos años, que han permitido conocer más a fondo su ciclo de vida, diversos métodos de control y principalmente analizar holísticamente el agroecosistema (Duque-Orrego *et*

al., 2002), generando un documento de consulta para los cafeteros interesados en soluciones prácticas y viables de manejo de la finca en presencia de este dañino insecto.

Objetivos

Objetivo general

Recopilar información de investigaciones recientes sobre las prácticas del manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari).

Objetivos específicos

Revisar el estado del arte de las investigaciones correspondientes al uso articulado de estrategias del control cultural, biológico, químico, etológico, legal, genético y natural de la broca del café.

Sugerir algunas de las prácticas del manejo integrado de la broca que al ser aplicadas en conjunto puedan contribuir a un control armónico de la plaga.

Marco referencial

Generalidades del café

Las especies y variedades de café que hacen parte del género *Coffea* no están bien definidas, son confusas y mal entendidas, desde el punto de vista hortícola (Jiménez, 2018). La gran dificultad para su comprensión surge del hecho de que los cafés, como los cítricos y algunos otros cultivos frutales, son en extremo polimórficos (Jiménez, 2018).

Gran cantidad de formas, tipos y variedades son originarios del África y Asia tropicales, además de muchos otros que existen como materiales de agricultor (Jiménez, 2018). Las mutaciones son frecuentes, al igual que las adaptaciones ecotípicas inducidas por variaciones en las condiciones ambientales. La mayoría de las especies se cruzan con facilidad, ya sea en forma silvestre o de manera controlada (Jiménez, 2018).

Por las características de los frutos maduros, los cuales poseen un mucílago dulce alrededor de las semillas, los pájaros y animales pequeños, las diseminan a grandes distancias de las áreas cultivadas, por lo que uno puede encontrar plantas de café que se han vuelto silvestres y que provienen de semillas de cultivos lejanos (Jiménez, 2018).

Por lo expuesto anteriormente y con el fin de obtener uniformidad, se seguirá la clasificación de las especies y variedades de *Coffea* sugeridas por A. E. Haarer, investigador ampliamente reconocido por sus trabajos con el café en África (Jiménez, 2018).

Existen cuatro especies principales, que se cultivan y conocen ampliamente y constituyen los cafés del comercio: café arábigo (*C. arabica* L.), café robusta (*C. canephora* Pierre ex

Froehner), café liberiano (*C. liberica* Mull ex Hiern), y café excelso (*C. excelsa* A. Chev) (Jiménez, 2018).

Materiales sembrados en Colombia

En Colombia únicamente se cultivan los cafés del tipo arábigo los cuales producen una bebida más suave y de mayor aceptación en el mercado mundial (Puerta, 1998). Las variedades que se siembran en Colombia son: Típica también llamado arábigo, pajarito o nacional, Borbón, Tabí que es una variedad de grano grande, tiene una excelente calidad y es ideal para obtención de cafés especie, Caturra y variedad Colombia (González y Villegas, 2010).

Coffea arabica

El café arábigo, (*C. arabica* L.; syn.: *C. vulgaris* Moench, *C. laurijolia* Salisb.) es originario de las tierras altas de Etiopía, en elevaciones sobre el nivel del mar que varían entre los 1.350 y los 2.000. Su café es robusto, de crecimiento arbustivo (árbol pequeño), de hojas brillantes. Las hojas son relativamente pequeñas, con promedios de entre 12 a 15 cm de largo y aproximadamente 6 cm de ancho, de forma oval o elíptica, acuminadas, cortas, agudas en la base, algunas un poco onduladas (Jiménez, 2018). Las flores son de color blanco o cremoso, subsésiles o con un peciolo muy corto, varias en cada axila de las hojas, de 2-9 o más juntas en racimos axilares muy cortos o laterales bracteolados; las bractéolas son ovadas, los racimos más internos connatos en la base de los pedicelos; la corola es de cinco lóbulos, ovales, obtusos o puntiagudos, igualando o excediendo el tubo; las anteras más cortas que los lóbulos de la corola, completamente salientes, fijos un poco abajo de la mitad de los filamentos los que son más o menos de la mitad de su largo, el disco liso, el estilo más o menos igualando a la flor extendida, bífido, lóbulos lineales, más angostos hacia la punta (Jiménez, 2018). El fruto es una baya de

forma oblonga a elíptica, de aproximadamente 1,5 cm de largo, al principio de color verde, después de color rojo y con el tiempo de color azul - negro. Las semillas varían su tamaño entre los 8,5 a 12,7 mm de largo (Jiménez, 2018). En la literatura científica se han descrito numerosas variedades botánicas y hortícolas de *C. arábica* (Jiménez, 2018).

Figura 1

Ilustración Botánica de Coffea arabica.



Fuente: Thomas Schoepke

Generalidades de la broca del café (*Hypothenemus hampei*)

Originaria del África Oriental, Uganda de la región cercana al Lago Victoria. A principios del siglo veinte, se diseminó en semillas de café a Java, Sumatra y Brasil. Fleiotiaux en 1901, fue el primero en reportarla como plaga del cafeto. Reportes indican que la plaga apareció en Java entre 1909 y el 1910. En 1918 fue reportada en Sumatra y en Sao Paulo en Brasil. En 1922 se establecen las primeras medidas cuarentenarias, cuando en Las Colonias Francesas se imponen restricciones a la introducción de algunos productos vegetales (Franqui y Medina, 2003).

Ciclo de Vida:

El tiempo mínimo de desarrollo de la broca del café desde huevo a adulto fue de 57 días después de la infestación. Se pueden presentar picos máximos de 12 huevos/fruto a los 24 días después de la infestación; 24 larvas/fruto a los 62 días; 9 pupas/fruto a los 68 días y 5 adultos/fruto a los 78 días (Cárdenas *et al.*, 2007).

Huevos: La hembra penetra el grano fisiológicamente maduro para poner los huevos en una cámara localizada en el cáliz de la flor, los huevos son puestos a razón de 8 a 12 por cámara, el periodo de oviposición se extiende de tres a siete semanas, donde cada hembra puede producir alrededor de 30 a 70 huevos, una hembra puede atacar varios granos y poner cerca de 30 huevos en promedio, el huevo de color blanco-hialino, de forma oblonga y con superficie lisa; mide hasta 0,7 mm de largo y 0,3 mm. de ancho, el periodo de incubación de los huevos dura un promedio de 3-9 días, dependiendo de la temperatura y condiciones ambientales (Franqui y Medina, 2003). Según el estudio realizado por Cárdenas *et al.* (2007), el ciclo del huevo en las condiciones de campo en el estado Táchira, Venezuela fue de 12 días.

Larva: La larva es apoda, de color blanquecino, la cabeza color marrón, el primer instar barrena tejido de la cereza haciendo minas de apertura al túnel principal barrenado por la hembra madre, la larva macho completa sus dos etapas larvales en un promedio de 15 días mientras que la larva hembra completa sus tres estadios en alrededor de 19 días, existe un largo periodo de oviposición lo que puede ocasionar la presencia de larvas en todas las etapas de desarrollo en un mismo grano, al final de la etapa larval hay un periodo de inactividad en la alimentación o en el estado conocido como pre-pupa, el cual dura aproximadamente 2 días (Franqui y Medina, 2003). El tiempo de desarrollo larval es de 35 días, sin embargo, se pueden observar las primeras larvas a los 18 días después de la infestación (Cárdenas *et al.*, 2007).

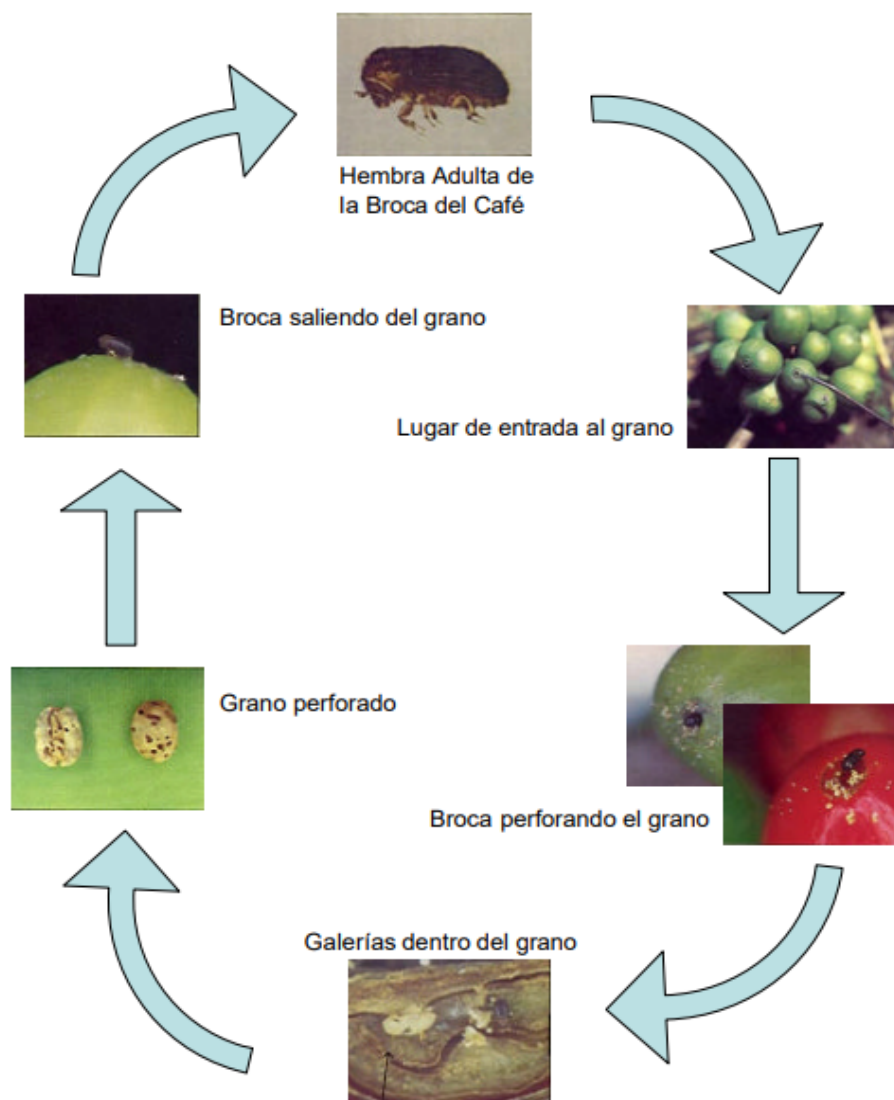
Pupa. El insecto empupa sin formación de capullo en las galerías excavadas por la larva, la etapa pupal dura un promedio de 4 a 9 días, el periodo desde la oviposición hasta la emergencia del adulto es de 25 a 35 días (Franqui y Medina, 2003). El periodo de desarrollo de la pupa es de 10 días y contando desde la infestación inicial son 52 días (Cárdenas *et al.*, 2007).

Adulto. Los machos adultos emergen de la pupa antes que las hembras (Waterhouse, 1998). Sus alas son cortas y no vuelan, permaneciendo en el grano, fertilizando a las hembras según estas van emergiendo, cada macho puede fertilizar dos hembras diariamente, hasta un máximo de 30 durante su vida adulta, pero esta se puede extender hasta 103 días, las hembras superan a los machos a razón sexual de 10 a 1 y son responsables de la distribución de la especie a través de vuelos cortos a arbustos vecinos (Franqui y Medina, 2003). Las hembras que han sido fertilizadas permanecen en “grano madre” por tres o cuatro días, al final de este periodo se consideran sexualmente maduras, luego abandonan los granos a través de los agujeros de entrada y después de un periodo de pre-ovoposición que puede ir de 4 a 20 días, dependiendo de las

condiciones ambientales, comenzando la postura de huevos, el promedio de vida de la hembra se ha estimado en 156 días con un máximo de 282 días (Franqui y Medina, 2003). Los primeros adultos se observan a los 66 días después de la infestación primaria (Cárdenas *et al.*, 2007).

Figura 2.

Ciclo de infestación del grano de café por la Broca



Fuente: Franqui y Medina 2003.

Daños observados en la planta y fruto de café. (1) *Hypothenemus hampei*, la broca del café (magnificada), (2) Barrenador y galería, (3, 4) Daño causado por la larva, (5) Cerezas demostrando el daño característico. Note los agujeros barrenados dentro de la marca dejada por la corola de la flor. En muchas de las galerías, el micelio blanco del hongo puede ser detectado. Los hongos ocasionalmente atacan a la broca en la cereza cuando hay humedad alta, (6) Granos dañados por la broca (Franqui y Medina, 2003).

Problemática con el manejo tradicional y manejos alternativos

El uso de insecticidas para el control de *H. hampei* como única medida de control no es recomendable, esta práctica ha sido ampliamente usada en otros países cafeteros de América afectados por la plaga (Bustillo-Pardey, 2006, 2007). El Manejo Integrado de la Broca (MIB) es una alternativa de control de la broca del café, que se desarrolló en los años noventa para contrarrestar el uso abusivo del endosulfán y otros insecticidas que se utilizaban en la caficultura centroamericana (Dufour *et al*, 2007) (Orozco y Aristizábal, 1996). El Endosulfán es un insecticida organoclorado, no-sistémico, de categoría toxicológica I (altamente tóxico), el cual es muy nocivo para aves y peces, es bloqueador del canal de cloruro GABA-gated afectando gravemente el sistema nervioso central en humanos, no tiene antídoto conocido, y es lipofílico, acumulándose a través de la cadena alimenticia; en Colombia se han registrado centenares de intoxicados con endosulfán, y ha sido incluso registrada la muerte de un campesino en la región cafetera de Risaralda (Benavides-Machado & Arevalo-Martinez, 2002).

Desde la década de los 90' que se inició la lucha contra esta plaga, la Federación Nacional de Cafeteros y Cenicafe han impulsado y desarrollado el programa de manejo integrado de la broca (MIB), enfocándolo dentro del siguiente marco teórico: “El uso de una serie de

medidas de control (culturales, biológicas y químicas) y de prácticas agronómicas tendientes a reducir las poblaciones de la broca en los cafetales a niveles que no causen daño económico y que permitan la producción de café para exportación en forma competitiva” (Bustillo-Pardey, 2007) (Servicio Nacional De Aprendizaje y Cenicafé Caldas, 2005) (Cenicafé Caldas, s/f).

Además, se recomienda únicamente el uso de insecticidas para el control de la broca como último recurso cuando técnicamente se requiera o se justifique debido a los niveles de infestación, en forma localizada, en el tiempo apropiado de ataque de la broca y con la tecnología de aspersión recomendada (Gómez *et al.*, 2004). Sin embargo, en las recomendaciones de la extensión rural a los productores y en sus trabajos de investigación de demostración se observa una gran inconsistencia respecto al uso de los insecticidas ya que solo se recomiendan 4 ingredientes activos, que a pesar de ser categoría toxicológica III, tienen un solo sitio de acción el cual es a nivel nervioso, siendo los 4 Inhibidores de la acetilcolinesterasa (AChE) del grupo de los organofosforados, estos ingredientes activos son pirimifos metil, fenitrothion, clorpirifos y fenthion (Servicio Nacional De Aprendizaje y Cenicafé Caldas, 2005) (Benavides-Machado y Arévalo-Martínez, 2002) (Benavides-Machado *et al.*, 2003). Esto en términos prácticos inducirá rápidamente a la resistencia cruzada del insecto a este ingrediente activo, ya que no se hace una rotación eficiente de ingredientes que estén destinados a diferentes sitios de acción, disminuyendo aún más la eficiencia del control químico (Bustillo-Pardey, 2006). Desde el punto de vista del manejo químico también se debe tener en cuenta que respecto a la resistencia genética *H. hampei* tiene la característica de poseer haplodiploidía funcional, que confiere una mayor velocidad en la eliminación de mutaciones deletéreas, permitiéndole la fijación de aquellas que favorecen su reproducción y supervivencia en pocas generaciones (Bustillo-Pardey, 2006). Finalmente, dentro de las facciones del manejo químico, sabiendo que los insecticidas

recomendados actúan por contacto, es decir, que solo son eficientes cuando la broca apenas está iniciando la perforación de los frutos, es necesario buscar alternativas de ingredientes activos que tengan otros tipos de acción como por inhalación, para que puedan actuar en otras etapas del ataque de la plaga a la cereza (Bustillo-Pardey, 2007).

Además de esta problemática, que en términos de manejo convencional sería la más común, se observa el abandono de la investigación a profundidad en Colombia, de las otras varias opciones dentro de los manejos que se manejan como el biológico y el cultural, asimismo de los otros tipos de manejo como el etiológico, genético, legal y natural (Duque-Orrego *et al.*, 2002). Esta dejadez por la investigación de otras opciones de control por parte de las entidades públicas y privadas en Colombia, se evidencia en lo pocos o nulos productos de investigación científica y de divulgación que traten de estas temáticas, sino que se siguen con las mismas líneas explorativas: como los realizados como “el manejo integrado del café” (Uribe, 2013), “Repase y Controle la broca” (Federación Nacional de Cafeteros, n.d.), así como el artículo titulado: “Validación Del Manejo Integrado De *Hypothenemus Hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) En El Huila, Colombia” (López, *et al.*, 2019), en los cuales se remarcan los mismos métodos de control que se manejaban desde los inicios de la década de los 90’.

Se pretende esbozar profundamente estas ventanas de investigación, ya que a pesar de que algunas ya han sido abiertas como en el caso del manejo cultural y biológico, se han dejado de lado otras opciones como se relacionara a continuación:

Aun cuando hace más de trece años se realizó el primer reconocimiento de la fauna benéfica, mostrando que existen en el agroecosistema de caficultura colombiana 18 reguladores biológicos de poblaciones de broca y 7 grupos de organismos compitiendo por su nicho

ecológico, entre los primeros se encuentran 9 entomopatógenos, 1 parasitoide de adultos y 8 depredadores (Bustillo-Pardey, 2007), posteriormente se realizó otro estudio de sobre los Enemigos naturales y competidores de *H. hampei* en Colombia, en el que se registraron 25 enemigos naturales, entre ellos cinco especies de hongos que infectan la broca adulta, una especie de parasitoide en los cafetales, dentro de los depredadores se observaron tres familias importantes: Formicidae (Hymenoptera), Anthocoridae (Hemiptera) y Cucujidae (Coleoptera); en la primera familia, siete géneros de Formicidae; en el caso de Anthocoridae, se registraron un género desconocido y dos identificados y en la familia Cucujidae la especie *Cathartus quadricollis*, así como algunos competidores y antagonistas (Bustillo-Pardey *et al.*, 2002).

A pesar de estas investigaciones exploratorias, no se observa un esfuerzo real por continuar en la investigación de estos reguladores que ya están adaptados al ambiente de producción. En cambio, de esto las investigaciones que se han desarrollado se han enfocado en la introducción de por ejemplo los parasitoides de la zona del África ecuatorial *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* La Salle (Orozco Hoyos & Aristizábal, 1996). Desde el punto de vista de los hongos y bacterias entomopatógenos existen diversos estudios realizados únicamente con dos organismos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Bustillo-Pardey, 2005), dejando de lado otras opciones como el hongo *Nomuraea* sp., *Paecilomyces* sp. (Reyes *et al.*, 1995) y bacterias de la especie *Bacillus thuringiensis* (Arrieta *et al.*, 2004) (Méndez-López *et al.*, 2003) que también se ha demostrado efectos sobre estos coleópteros. Las investigaciones con nemátodos nativos en Colombia solamente se han realizado con especies de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*, pero los estudios sólo han abarcado temas sobre búsqueda y selección de nemátodos nativos que ataquen la broca, estudio del comportamiento y estrategias de búsqueda del hospedante (Bustillo-Pardey,

2006). También se ha dejado de lado la investigación de algunos virus entomopatógenos como el caso del Baculovirus, utilizado para lepidópteros, pero que su modo de acción es de amplio espectro (Dollet *et al.*, 1996) o del Cipovirus, del cual si se reporta su afectación a coleópteros (Rizo y Narvaéz, 2001).

Dentro del manejo cultural la práctica más olvidada es la de las trampas, ya que esta se degrada a su uso únicamente a nivel de muestreo, no obstante, existen investigaciones donde su uso correcto tiene una eficacia en conjunto con otras prácticas culturales superiores al 90% (Dufour *et al.*, 2007), por lo que es de gran importancia revisar este manejo tan sencillo, económico y amigablemente ecológico para el productor.

Dentro del marco del manejo químico, es de resaltar también el uso de los insecticidas bioracionales los cuales son sustancias que se derivan de microorganismos, plantas o minerales; también, pueden ser sustancias sintéticas similares o idénticas a otras que se encuentran en la naturaleza, estos insecticidas se caracterizan por tener una toxicidad muy baja para los humanos y otros vertebrados, descomponerse en pocas horas después de aplicados o ser específicos para las plagas que deseamos controlar (O'Farrill, 2008). Algunos de estos son los Disruptores microbianos de las membranas del intestino medio de los insectos como los insecticidas procedentes de las diversas proteínas Cry aisladas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y varias de subespecies (Cotes, 2018).

Se observa en la revisión de la literatura el diagnóstico de la receptividad y acogida de los productores a las tecnologías desarrolladas (Aristizábal *et al.*, 2006) y se debe mirar opciones para adaptar las nuevas prácticas del manejo integrado de la broca.

Control cultural (prácticas agronómicas) de la broca del café

A través del conocimiento empírico se dice que las labores denominadas "prácticas de control cultural", abarcan un 80% del éxito en el control global de la broca (Bustillo-Pardey *et al.*, 1998). Esta serie de prácticas sencillas son las que el caficultor puede implementar en el campo y después de la cosecha para mantener las poblaciones del insecto en niveles que no causen daño económico (Bustillo-Pardey *et al.*, 1998)

El control cultural de la broca del café tiene sus bases entomológica y ecofisiológica del insecto plaga y su relación con la planta hospedero y el clima en que cohabitan y están encaminadas a minimizar la disponibilidad de alimento y refugio de la plaga, y a modificar, hasta donde sea posible, las condiciones favorables para su reproducción (Bustillo *et al.*, 1998). Todas las labores como las cosechas oportunas y rigurosas y el manejo del tejido vegetal para mantener condiciones reguladas de humedad dentro del cafetal, estas deben realizarse en el marco real de mantenimiento por medio del manejo óptimo del canopi (Bustillo-Pardey *et al.*, 1998).

Existen variadas prácticas agronómicas que se pueden realizar y que no solamente traen un beneficio neto en cuanto al manejo de la enfermedad sino en general al mantenimiento y productividad del cultivo, una de estas es el beneficio de los frutos maduros y sobremaduros (guayaba) que quedan en la planta después de cosecha (repase) ya que "*...se ha demostrado que en los cafetales después de la cosecha queda en los árboles y en el suelo un 10% de la producción*", la recolección de estos frutos no es infructuosa, ya que se paga con la venta de este producto; además, que la calidad de la bebida preparada con estos frutos recuperados no se le ve afectada en la calidad de la taza (Chamorro *et al.*, 1995). Esta práctica es de gran importancia ya que, si se dejan estos frutos sin cosechar, estos se convierten en un reservorio de alimentación

para la reproducción de la broca. Asimismo, se ha demostrado la capacidad de la plaga de reproducirse en frutos sanos que han caído al suelo, las hembras adultas que emergen de los frutos infestados caídos al suelo son capaces de atacar frutos sanos que también se encuentren en el suelo, esta población de frutos se debe tratar inmediatamente con calor, esta práctica se debe realizar dependiendo de la cantidad de grano y tipo de producción, sin embargo, se recomienda emplear una temperatura mínima de 55 °C, entre 10 y 30 minutos (Bustillo-Pardey, 2006).

Otra práctica agronómica, conectada directamente con la adecuada planeación y administración del cultivo es la práctica de cosechas oportunas y recolección de los frutos maduros dejados por los cosecheros, ya que está puede reducir los niveles de infestación de un 70% a menos del 6% durante un ciclo de cosecha (Bustillo-Pardey, 2006).

Control biológico de la broca del café

El control biológico se refiere al uso de organismos vivos como artrópodos o microorganismos que causan enfermedades a los insectos problema, de tal modo que se reduce el daño que ocasionan en el cultivo. Para el caso del control de la broca del café incluye enemigos naturales, primordialmente parasitoides como *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* de la zona de origen de la plaga (África ecuatorial) (Cotes, 2018) (Bustillo-Pardey, 2007) (Morales *et al.*, 2011) (Bustillo-Pardey, 2005) y entomopatógenos que surgieron en las regiones colombianas de cultivo, principalmente los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Cotes, 2018) (Pérez, 2009).

En Colombia hace algunos años algunas empresas han empezado la producción comercial de bioplaguicidas para el control de insectos plaga en Colombia y también la cría masiva y venta de parasitoides, estos se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Bioplaguicida para el control de insectos plaga en Colombia y cría masiva y venta de parasitoides.

Hongos Biocontroladores o Parasitoide	Insecto Problema blanco, según el producto	Compañía, departamento y situación regulatoria.
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals. - Criv.) Vuill.	Broca del café	Registrados: Bio-Crop S.A.S. (Valle del Cauca), Bioecológicos Ltda. (Cund.), Bioprotección S.A.S.(Caldas), Core Biotechnology S.A.S. (Valle del Cauca), Inproarroz S.A.(Casanare), Laverlam S.A. (Valle del Cauca), Mycros International S.A.S.(Cund.), Soluciones Microbianas del Trópico Ltda. (Caldas)
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals. - Criv.) Vuill. + <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metchnikoff) Sorokin + <i>Purpureocillium lilacinum</i> (Thom) (vendido como <i>Paecilomyces lilacinus</i>)	Broca del café	No registrados: 21 Registrado: Orius Biotecnología Ltda. (Meta)
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals. - Criv.) Vuill. + <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metchnikoff) Sorokin + <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	Broca del café y moscas de la fruta	Registrado: Safer Agrobiológicos S.A.S.(Antioquia)
<i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem	Broca del café	1 sin registro
<i>Prorops nasuta</i> Waterston	Broca del café	1 sin registro
<i>Phymastichus coffea</i> LaSalle	Broca del café	1 sin registro

Fuente: Adaptada de (Cotes, 2018)

Sin embargo, también estos se pueden ampliar a otros a los cuales se les ha desarrollado alguna investigación incipiente en Colombia o en otros países productores, pero que sin embargo aún no se comercializan o se obtienen de forma comercial para el productor. A continuación, se relacionan estos organismos en la Tabla 2.:

Tabla 2.

Biocontroladores con alguna investigación incipiente en Colombia o en otros países productores.

Tipo de organismo	Taxa (Especie, Genero, entre otros)	Autor (Reporte)
Parasitoide	<i>Heterospilus coffeicola</i> Schm.	(Bustillo-Pardey, 2005) citando a De Piza; Fonseca, 1935. (Pérez, 2009) citando a Borbón, 1991.
Parasitoide	<i>Cephalonomia hyalinipennis</i>	(Gómez, Santos, Valle-Mora, & Montoya, 2010)
Predador	<i>Solenopsis geminata</i> , <i>Dorymyrmex</i> sp., <i>Pheidole</i> sp. y <i>Mycocepurus smithii</i>	(Bustillo-Pardey, 2006) citando a Vélez, 2002.
Predador	<i>Azteca instabilis</i> y Cóccido sin identificar	(Londoño, 2008) citando a Perfecto y Vandermeer, 2006.
Predador	<i>Solenopsis geminata</i> , <i>Pheidole radoszkowskii</i> , <i>Crematogaster torosa</i> , <i>C. curvispinosa</i> y <i>C. crinosa</i>	(Pérez, 2009) citando a Varón <i>et al.</i> , 2004.
Predador	<i>Solenopsis picea</i> y <i>Tetramorium simillimum</i>	(Gallego & Armbrrecht, 2005)

Entomonemátodos	<i>Steinernema</i> sp. y <i>Heterorhabditis</i> sp.	(Lara, López, & Bustillo-Pardey, 2004) (Bustillo-Pardey, 2006) (Londoño, 2008)
Entomonemátodo	<i>Sphaerulariopsis</i> sp.	(Londoño, 2008) citando a Castillo <i>et al.</i> , 2002.
Entomonemátodo	Panagrolaimidae	(Londoño, 2008) citando a Varaprasad <i>et al.</i> , 1994.
Entomonemátodo	Tylenchidae	(Londoño, 2008) citando a Castillo y Barrera, 1998.
Entomopatógenos	<i>Hirsutella eleutheratorum</i> <i>Paecilomyces lilacinus</i> <i>Serratia</i> sp. <i>Mattesia</i> sp.	(Bustillo-Pardey <i>et al.</i> , 2002).
Entomopatógeno	<i>Fusarium oxysporum</i>	(Bustillo-Pardey <i>et al.</i> , 2002) (Vega, Mercadier, & Dowd, 1999).
Entomopatógeno	<i>Paecilomyces farinosus</i>	(Bustillo-Pardey <i>et al.</i> , 2002) citando a (Vega <i>et al.</i> , 1999).
Entomopatógeno	<i>Nomuraea rileyi</i>	(Vega <i>et al.</i> , 1999)
Parasitoide	Posiblemente <i>Cryptoxilos</i> sp.	(Bustillo-Pardey <i>et al.</i> , 2002)
Depredadores	<i>Solenopsis</i> sp., <i>Pheidole</i> sp., <i>Wasmannia</i> sp., <i>Paratrechina</i> sp., <i>Crematogaster</i> sp., <i>Brachymyrmex</i> sp., <i>Prenolepis</i> sp., <i>Calliodes</i> sp., <i>Scoloposcelis</i> sp. y <i>Cathartus quadricollis</i> .	(Bustillo-Pardey <i>et al.</i> , 2002)
Competidores	<i>Neosilba</i> sp., mosca Sciaridae, larva de Pyralidae, especímenes de Staphylinidae, Nitidulidae y <i>Araecerus fasciculatus</i> .	(Bustillo-Pardey <i>et al.</i> , 2002).

Control etiológico de la broca del café

El control de este tipo para la broca del café se basa en el uso de sustancias químicas, naturales o sintéticas, para repeler o atraer plagas a un determinado sitio para eliminarlos, modificar su actividad sexual o alterar su orientación (Benavides *et al.*, 2013). Las trampas con alcohol como atrayentes para la captura de adultos de broca del café se convierten en una alternativa de manejo, sin embargo, su uso es mayormente utilizado para al monitoreo de poblaciones de broca, pero no es muy frecuente su uso para su control (Bustillo-Pardey & Jiménez, 2003) (Bustillo-Pardey, 2006).

Las trampas están construidas con recipientes plásticos en series de tres unidades, y en su parte superior, están cubiertas por un plato también de plástico; las trampas son rojas, color que más atrae a la broca (Bustillo-Pardey & Jiménez, 2003), a los dos vasos superiores se les remueve su base para que actúen como un embudo y, en el vaso inferior o tercero, se coloca una solución de agua con jabón para que la broca quede atrapada y muera (Bustillo-Pardey & Jiménez, 2003).

Existen múltiples estudios sobre el uso de las trampas, ya que su eficiencia depende de diversos factores que interaccionan entre sí, tanto en sus propiedades internas de diseño, cebado y colocación, así como de factores del ambiente mismo del cultivo, se muestran resumidos los resultados de algunos de estos en la Tabla 3:

Tabla 3.

Tipo de trampas, propiedades de diseño, atrayente y proporción, observaciones del estudio.

Tipo de Atrayente	Proporción	Autor y Año (Reporte)	Observaciones
Metanol + Etanol	3:1	(Moreno, Vásquez, & Álvarez, Alfonso, 2010)	Estudio realizado en Cuba utilizando trampas artesanales transparentes Ecoiapar
Etanol: metanol	1:1	(Leiva-Espinoza, Cruz, Rubio-Rojas, Maicelo-Quintana, & Milla-Pino, 2019)	El estudio tuvo en cuenta varios colores y mezclas de atrayentes concluyendo que la trampa artesanal de color rojo con atrayente alcohólico y sin esencia de café ha demostrado ser más eficiente, la recomiendan para su uso en plantaciones altamente infestadas por broca.
Alcohol etílico y metílico	3:1	(Fernández & Cordero, 2005)	Los autores evaluaron los siguientes tratamientos: mezcla de alcoholes metílico (M) y etílico (E) en proporción 1:1; mezcla 3:1 de M y E; mezcla 1:1:1 de M, E y café molido; alcohol isopropílico (I); mezcla 1:1:1 de M, E e I; aguardiente de Agave cocuy; aguardiente de caña de azúcar; y vinagre de pulpa de café y en un segundo ensayo dos alturas para colocar la trampa en la planta de 0,2 y 1,0 m,
Alcohol etílico y metílico,	1:1		
Alcohol etílico, metílico más café molido	1:1:1		

Metanol + Etanol+ (café molido)	3:1 (10 g.)	(Quemé, 2013)	sin encantar diferencias significativas entre estas últimas.
Alcoholes metílico y etílico	3:1	(Bustillo-Pardey, 2006)	El autor concluye que el porcentaje promedio de infestación por broca del café disminuyó un 40.56% en las áreas donde se establecieron las trampas ECO-IAPAR, como método de control etológico, respecto a las áreas que no contaron con trampas.
Alcoholes metílico y etílico	3:1	(Londoño, 2008)	El autor reporta que el uso de estas trampas con atrayente en Colombia, muestran capturan más brocas que las convencionales que se venían evaluando, multiplicándose las capturas por factores de 200.
Alcoholes metílico y etílico	3:1	(Londoño, 2008)	El autor menciona que el control con trampas comerciales es una alternativa costosa, ya que las trampas que se comercializan en Colombia, Cenicafé las recomiendan, pero sólo para muestreo y las considera efectivas para control masivo, a excepción de focos muy puntuales como los beneficiaderos. Otras trampas elaboradas por franceses (Brocap) y que han sido en Centro América si tienen un

registro de captura alto: hasta 10.000 insectos por trampa cada día, en épocas pico de la plaga. Estos resultados se han reportado para cultivos en América Central donde las cosechas cumplen cierta regularidad a lo largo del año y por tanto pueden ofrecer mejor control. Pero para Colombia se garantiza esto debido a su ubicación tropical, donde la producción de frutos es constante a lo largo del año.

Fuente: el autor.

En Colombia la empresa Bio Controle, tiene en venta un atrayente tanto para monitoreo como para captura masiva de *Hypothenemus hampei*, este se llama Bio Broca, el cual es recomendable para el uso en trampas tanto de Cenicafé como las artesanales (Cotes, 2018).

Además de esto se han realizado investigaciones de las plantas arvenses relacionadas con el cultivo en Colombia, determinándose la preferencia por acción olfativa de la broca del café a frutos de *C. arabica* que están acompañados de individuos de las especies *Crotalaria micans*, *Lantana camara*, *Artemisia vulgaris*, *Nicotiana tabacum*, *Calendula officinalis*, *Stevia rebaudiana* y *Emilia sonchifolia* en pruebas de laboratorio, se identificó a *E. sonchifolia* como planta atrayente, el resto de las plantas como repelentes (Castro, 2018). Este estudio es de gran importancia para el manejo integrado del cultivo, ya que poder acceder a esta información ayuda a implementar no solo el cuidado de las arvenses “suaves” u otras plantas que se pueden sembrar como complemento al cultivo, trayendo benéficos ecológicos, económicos y que ayudan en el

control del insecto. Algunas de ellas como el tabaco, la caléndula, la artemisa y la Stevia tienen valor comercial en el mercado.

Control genético de la broca del café

El control genético en su concepto más amplio comprende actividades como el desarrollo de variedades resistentes a insectos y mejoramiento genético de enemigos naturales (Benavides *et al.*, 2013). Para el caso del control genético de la broca, es claro que la opción no es de resultados a corto o mediano plazo, dado que el desarrollo de la técnica es incipiente y además los cambios que implicaría para el caficultor serían enormes, prácticamente la renovación completa de los cafetales por nuevas plantas. La técnica se basa en transformar plantas de café con el gen aAI-Pc1, el cual es capaz de inhibir en un 65% la acción de las α -amilasas (enzimas que le permiten a la broca romper el grano de café) de *H. hampei* y lograr que los granos de estas plantas sean más resistentes a la broca. Este gen fue aislado de los cotiledones de *Phaseolus coccineus*, posteriormente fue introducido en plantas de tabaco y se comprobó su expresión en las primeras líneas transformadas descendientes de éstas y en sus semillas (Londoño, 2008).

Control legal de la broca del café

El control legal se basa en la aplicación de medidas o reglamentos impartidas por el gobierno o una entidad competente adscrita a este, con el fin de manejar los insectos plagas para limitar su dispersión o limitar su efecto sobre el cultivo (Benavides *et al.*, 2013). Para el caso de la broca del café el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en la Resolución 1986 de julio de 1992, obliga a realizar prácticas como la cosecha total de frutos secos y sobremaduros, la

cosecha periódica y el beneficio oportuno de los frutos cosechados, y no transportar frutos infestados a sitios libres de la plaga (Benavides *et al.*, 2013.)

Control bioracional de la broca del café

Dentro de este tipo de control, relativamente nuevo, se tienen en cuenta el uso de toxinas provenientes de controladores biológicos, para usarse directamente como un producto de producción en masa y altamente comercializable (O'Fariill, 2008). Para este caso se tiene en cuenta la principal de estas que es la identificada como la familia de toxina cristalina Cry10, la cual es una de las toxinas utilizadas por *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, en su infección altamente eficiente a la broca del café (Cotes, 2018).

Como otra opción a tener en cuenta, es la investigación a las plantas identificadas como repelentes de la broca como ya se mencionaron: *Crotalaria micans*, *Lantana camara*, *Artemisia vulgaris*, *Nicotiana tabacum*, *Calendula officinalis* y *Stevia rebaudiana* (Castro, 2018).

Implementar una investigación sobre los metabolitos secundarios que son responsables de la repelencia a este insecto problema, sería ideal para la identificación y producción en masa de estas sustancias químicas de las cuales ya tenemos productos comerciales como la azadiractina, la capsaicina, la alicina, la nicotina, entre otros.

Diseño metodológico

En este trabajo se implementaron principalmente dos tipos de investigación; descriptiva y documental, con las que buscamos recopilar información de las diversas técnicas o tipos de manejo del control de la broca del café, en consecuencia, realizar un análisis crítico afrontando todos los posibles problemas y proponiendo una solución para cada uno. El enfoque de investigación es cualitativo, puesto que se basa en la recopilación de literatura encontrada básicamente en medios tecnológicos (como artículos publicados en las páginas de diferentes entidades, reportajes o trabajos de grado subidos en las páginas de diferentes Universidades). Se usarán fuentes de información secundarias, ya que toda la bibliografía recopilada es de fuentes ya existentes, en pocas palabras, de trabajos ya culminados; usando técnicas de información elaborada como se menciona anteriormente.

Estas son las principales fases de la metodología implementada en este trabajo:

- Recopilación de literatura usando los diferentes métodos anteriores descritos
- Análisis de información encontrada y estructuración del trabajo
- Realizar conclusiones y recomendaciones para los diferentes lectores

Conclusiones

Dentro de la amplia literatura aquí revisada y presentada, se encontraron diversos tipos de manejo que quedaron en estados incipientes de investigación y/o aplicación dentro del marco del manejo integrado de la broca del café que es recomendado por las principales entidades de investigación en Colombia.

En este contexto cabe resaltar principalmente, las múltiples opciones de manejo que se encuentran en el control biológico, enfocándose en la búsqueda de implementar enemigos naturales nativos ya reportados, pero que exigirían mucho menor esfuerzo de adaptabilidad a las condiciones cambiantes del medio de cultivo, rescatándose las especies de depredadores, entomonemátodos, variedad de entomopatógenos y otros competidores.

Muy conectado a este se encuentran el manejo desde el punto de vista del control cultural en el aspecto de la mejora continua de los enemigos nativos y su conservación en proporciones adecuadas para el manejo del insecto problema; dentro de sus múltiples ventajas este cuenta con el menor costo tanto desde la perspectiva ecológica como económico-social.

También se resalta mucho la importancia de la implementación de las trampas artesanales con mezclas económicas, así como de la conservación y/o implementación de especies arvenses o cultivables repelentes del insecto, ya que son medidas de control prácticas y de sencilla y beneficiosa implementación.

En el aspecto investigativo, los ambientes más retrasados son en el manejo genético y el manejo bioracional, que sería de gran importancia que tanto las entidades de investigación privadas (Fedecafé y Cenicafe), como las públicas (Universidades y Agrosavia), desarrollaran resultados de investigación acordes a un país productor de primera línea como Colombia.

Finalmente, en el control legal, sería de gran apoyo la revisión de la regulación, control y apoyo al productor frente a las políticas legislativas y económicas que hasta el momento se han llevado.

Bibliografía

- Aguilar, L. (2015). *Evaluación de los ingredientes activos clorpirifós+cipermetrina, extracto de aceites naturales, extracto esencial de ajo y novaluron como alternativa a la aplicación de endosulfán para el control de broca (Hypothenemus hampei) en el cultivo de café (Coffe. Práctica dirigida para optar al grado de profesional de ingeniero agrónomo con el grado de licenciado en agronomía. universidad de costa rica.*
- Aristizábal, L., Vélez, J., & León, C. (2006). *Diagnóstico del manejo integrado de la broca , Hypothenemus hampei (Coleoptera : Curculionidae), con caficultores caldenses. Revista Colombiana de Entomología, 32(2), 117–124.*
- Arrieta, G., Hernández, A., & Espinoza, A. (2004). *Diversidad de cepas de Bacillus thuringiensis aisladas de plantaciones de café infestadas con el barrenador de los frutos del café Hypothenemus hampei. Revista de Biología Tropical, 52(3), 757–764.*
- Benavides-machado, P., Bustillo-Pardey, A., Cardenas-Murillo, R., & Montoya-Restrepo, E. (2003). *Análisis biológico y económico del manejo integrado de la broca del café en colombia. Cenicafé, 54(1), 5–23.*
- Bustillo-Pardey, A. (2005). *El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, Hypothenemus hampei (Ferrari). Rev. Acad. Colomb. Cienc., 29(110), 55–68.*
- Bustillo-Pardey, A. (2006). *Una revisión sobre la broca del café, Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 32(2).*
- Bustillo-Pardey, A. (2007). *Control biológico de la broca del café en Colombia. In Control*

- biológico de la broca del café, Hypothenemus hampei (Ferrari) en Colombia* (pp. 11–17).
San Cristóbal, Venezuela.
- Bustillo-Pardey, A., Cárdenas, R., & Posada, F. J. (2002). *Natural enemies and competitors of Hypothenemus hampei (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia*. *Neotropical Entomology*, 31(4), 635–639.
- Bustillo-Pardey, A., & Jiménez, M. (2003). *Captura de adultos de broca del café en trampas con atrayantes*. Chinchina, Colombia. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/brc036.pdf>
- Bustillo, A. (2005). *El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, Hypothenemus hampei (ferrari) (Coleoptera: curculionidae: scolytinae) por ecología*. *rev. acad. colomb. cienc.*, 29(110), 55–68.
- Bustillo Pardey, A. E. (2007). *El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia* (Segunda). (H. Ospina, Ed.). Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Castro, M. (2018). *Estudio sobre la repelencia y la atracción en la broca del café como herramienta para el manejo agroecológico en los cafetales colombianos*. Universidad De Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/9724/1/CastroAna_2018_CafeHerramientaAgroecologicoCafetalesColombianos.pdf
- Cotes, A. M. (Ed. . (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros*. (A. M. (Ed. . Cotes, Ed.), *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros, Volumen 1: Agentes de control biológico*. Mosquera (Colombia): Agrosavia.

- Dollet, M., Duval, Y., Mariau, D., Ploch, D., Rouziere, A., & Tailliez, B. (1996). El PIPOC 1996 : la competitividad del aceite de palma en el siglo XXI. *OCL*, 3(6), 398–402.
- Duque-Orrego, H., Marquez-Q., A., & Hernandez-S., M. (2002). *Estudios de caso sobre costos de manejo integrado de la broca del café en el departamento del risaralda*. *Cenicafé*, 53(2), 106–118.
- Federación Nacional de Cafeteros. (n.d.). Repase y controle la broca - Federación Nacional de Cafeteros. Recuperado Febrero 27, 2021, from <https://federaciondefcafeteros.org/wp/blog/repase-y-control-la-broca/>
- Federación Nacional de Cafeteros. (2021, January). Estadísticas Cafeteras . Recuperado Febrero 17, 2021, from <https://federaciondefcafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2017). *Ensayos de Economía Cafetera*. (R. Vélez, C. González, M. Vega, H. Duque, J. Becerra, & J. Mantilla, Eds.), *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia* (32nd ed., Vol. 32). Editorial Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Fernández, S., & Cordero, J. (2005). *Evaluación de atrayentes alcohólicos en trampas artesanales para el monitoreo y control de la broca del café, Hypothenemus hampei (ferrari)*. *Bioagro*, 17(3), 143–148.
- Gallego, M., & Armbrrecht, I. (2005). *Depredación por hormigas sobre la broca del café Hypothenemus hampei (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 76, 32–40.

- Gómez, J., Santos, A., Valle-Mora, J., & Montoya, P. (2010). *Determinación del establecimiento de parasitoides de la broca del café Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México*. *Entomotropica*, 25(1), 25–36.
- Jiménez, H. (2018). Generalidades del cultivo del café. *Diplomado en producción sostenible y empresarial de café*, 1–24.
- José Camilo, Frank Olivares, & Héctor Jiménez. (2003). *Fenología y reproducción de la broca del café (Hypothenemus hampei ferrari) durante el desarrollo del fruto*. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 59–63.
- Lara, J., López, J., & Bustillo-Pardey, A. (2004). *Efecto de entomonemátodos sobre poblaciones de la broca del café, Hypothenemus hampei (Coleoptera: Scolytidae), en frutos en el suelo*. *Revista Colombiana de Entomología*, 30(2), 179–185.
- Leiva-Espinoza, S., Oliva-Cruz, M., Rubio-Rojas, K., Maicelo-Quintana, J., & Milla-Pino, M. (2019). *Use of color traps and alcoholic attractants for the capture of the coffee berry borer (Hypothenemus hampei) in highly infested coffee plantations*. *Revista Colombiana de Entomología*, 45(2).
- Londoño, E. (2008). “*Problemática y alternativas para controlar la broca del café (Hypothenemus hampei)*”. Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23812/u325604.pdf?sequence=1>
- López, F., Laiton, L., & Benavides, P. (2019). *Validación del manejo integrado de Hypothenemus hampei ferrari (Coleoptera: curculionidae) en el Huila, Colombia*, 70(2), 91–97. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc070%2802%29091->

097.pdf

Méndez-López, I., Basurto-Ríos, R., & Ibarra, J. E. (2003). *Bacillus thuringiensis serovar israelensis is highly toxic to the coffee berry borer, Hypothenemus hampei Ferr. (Coleoptera: Scolytidae)*. FEMS Microbiology Letters, 226(1), 73–77.

Morales, R., Bacca, T., & Soto, A. (2011). *Establecimiento de los parasitoides de origen africano de la broca del café en la zona cafetera del norte del departamento de Nariño*. Bol.Cient.Mus.Hist.Nat, 15(2), 81–93.

Moreno, D., Álvarez, A., Vásquez, L., & Alfonso, J. (2010). *Evaluación de atrayentes para la captura de hembras adultas de broca del café Hypothenemus hampei (ferrari) con trampas artesanales*. Fitosanidad, 14(3), 177–180.

O’Fariill, H. (2008). *Insecticidas biorracionales*. Recuperado de <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf>

Orozco, J., & Aristizabal, L. F. (1996). *Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Chinchiná, Colombia: Cenicafé*. Recuperado de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1046/1/avt0223.pdf>

Pérez, R. (2009). *Efecto de la cepa autóctona LBb-11 de Beauveria bassiana (Bals) Voill sobre Hypothenemus hampei Ferrari en el municipio Fomento*. Universidad de Cienfuegos “carlos rafael rodríguez” cetas, Fomento, Cuba. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Leonides-Castellanos/publication/322909378_Efecto_de_la_cepa_autoctona_LBb-11_de_Beauveria_bassiana_Bals_Voill_sobre_Hypothenemus_hampeii_Ferrari_en_el_muni

cipio_Fomento/links/5a753eaea6fdccbb3c05970b/Efecto-de-la-cepa-autoctona-LBb-11-de-Beauveria-bassiana-Bals-Voill-sobre-Hypothenemus-hampeii-Ferrari-en-el-municipio-Fomento.pdf

Puerta, G. (1998). *Calidad en taza de las variedades de Coffea arabica l. cultivadas en Colombia*. Cenicafé, 49(4), 265–278.

Quemé, J. (2013). *Control etológico de la broca (Hypothenemus hampei ; Scolytinae) del café , Colomba costa cuca , estudio de caso 2010-2011*. Universidad Rafael Landívar. Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/04/Queme-Juan.pdf>

Ramirez, R. (2009). *La broca del café en Líbano*. Revista de Estudios Sociales, 1(32), 158–171.

Rizo, C., & Narvaéz, C. (2001). *Uso y producción de Virus de la Poliedrosis Nuclear en Nicaragua*. Costa Rica. Recuperado de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Rizo2001.pdf>

Rosa-Reyes, W., Godinez-Aguilar, J. L., & Alatorre-Rosas, R. (1995). *Biological activity of five strains of Metarhizium anisopliae, upon the coffee berry borer Hypothenemus hampei (Col.: Scolytidae)*. Entomophaga, 40(3–4), 403–412.

Uribe, C. (2013). *El manejo integrado de la broca del café* - Federación Nacional de Cafeteros. Recuperado Febrero 27, 2021, from <https://federaciondefcafeteros.org/wp/blog/el-manejo-integrado-de-la-broca-del-cafe/>

Vega, F., Mercadier, G., & Dowd, P. (1999). *Fungi associated with the coffee berry borer Hypothenemus hampei (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) . In Proceedings of the 18th International Scientific Colloquium on Coffee (pp. 229–238)*.

Vélez, M. (2002). *Hormigas y su papel en el control biológico de la broca del café*. En: Memorias Curso Internacional Teórico-Práctico. Sección II. Parasitoides y otros enemigos de la broca del café. Cenicafé, Chinchiná, marzo 18 al 22 del 2002. p. 15-23.