



**RETOS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE *Beauveria bassiana* PARA EL
CONTROL DE *Hypothenemus hampei* EN ZONAS CAFETERAS DEL
TOLIMA, COLOMBIA.**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
BOGOTÁ, 2022**



**RETOS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE *Beauveria bassiana* PARA EL
CONTROL DE *Hypothenemus hampei* EN ZONAS CAFETERAS DEL
TOLIMA, COLOMBIA.**

**LINA MARCELA GRANJA SÁNCHEZ
DANIELA MORALES MURCIA
SANDRA VANESSA HERNÁNDEZ MEDINA**

**ASESORA INTERNA
MONICA ALEJANDRA RODRIGUEZ ARISTIZABAL
MSC. CIENCIAS AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
BOGOTÁ, 2022**



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD

BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO

CLÍNICO BOGOTÁ D.C.

2022

Proyecto:

“Retos y perspectivas del uso de *Beauveria bassiana* para el control de *Hypothenemus hampei* en zonas cafeteras del Tolima, Colombia”

Meritoria: _____

Laureada: _____

Aprobada: X

JURADOS (NOMBRE y FIRMA)

LIGIA CONSUELO SANCHEZ LEAL

JOHAN MANUEL CIFUENTES CASTELLANOS

ASESOR(es) (NOMBRE y FIRMA)

Monica Alejandra Rodriguez Aristizabal

ÉTICA, SERVICIO Y SABER



DEDICATORIA

En primer a Dios, a nuestros padres quien han sido promotores de nuestros sueños, pilar fundamental en nuestra formación como bacteriólogas, gracias a todos nuestros profesores por enseñarnos todo lo que sabemos, y además guiarnos para ser mejores personas y profesionales y un agradecimiento especial a nuestra asesora Mónica Alejandra Rodríguez Aristizabal, por depositar su confianza, guiar cada uno de los pasos en esta monografía y su constante apoyo indispensable para el desarrollo de nuestro trabajo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, a mis padres quienes han sido promotores de mis sueños, pilar fundamental en mí formación como bacterióloga, gracias a todos mis profesores por enseñarnos todo lo que sé, y guiarme para ser mejor persona y profesional. Finalmente, un agradecimiento especial a nuestra asesora Mónica Alejandra Rodríguez Aristizabal, por depositar su confianza, guiar cada uno de los pasos en esta monografía y su constante apoyo indispensable para el desarrollo de nuestro trabajo.

Daniela Morales Murcia

A Dios por acompañarme e iluminar cada uno de mis pasos. A mis padres y hermanos por su amor, sacrificio y aliento de esperanza para seguir luchando por mis sueños. A cada uno de mis profesores de pregrado quienes aportaron demasiado en mi formación, con sus conocimientos y experiencias. A nuestra tutora Mónica Alejandra Rodríguez Aristizabal por sus asesorías y apoyo en la construcción de esta monografía.

Lina Marcela Granja Sánchez

A Dios, por su bendición en cada segundo de mi existencia, a mis padres y abuelos, que en conjunto creyeron en mí, e incondicionalmente me brindaron todo su apoyo y amor. A mis hijos Martín y Alma por estar junto a mí brindándome su amor en busca de este sueño, siendo mi inspiración en todo momento. A mis profesores de pregrado que con sus conocimientos y valores me permitieron una formación integral. A nuestra asesora Mónica Alejandra Rodríguez Aristizabal, por su paciencia, dedicación y conocimiento necesario para la elaboración de esta monografía.

Sandra Vanessa Hernández Medina

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	11
2.	Objetivos	15
2.1	Objetivo General	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3.	Antecedentes	15
4.	MARCOS QUE FUNDAMENTAN LA MONOGRAFÍA	
4.1	Marco Teórico	18
4.1.1	<i>Cultivo de café</i>	18
4.1.2	<i>Problemas fitosanitarios del Café</i>	20
4.1.3	<i>Cochinillas de las raíces</i>	21
4.1.4	<i>Arañita roja y minador de las hojas</i>	21
4.1.5	<i>Chamusquina</i>	23
4.1.6	<i>La broca</i>	24
4.1.7	Ciclo Biológico de la broca, <i>Hypothenemus hampei</i>	26
4.1.8	<i>Hongo entomopatógeno</i>	28
4.1.9	<i>Beauveria bassiana</i>	29
4.2	Marco de referencia	31
5.	Bases legales	35
6.	Diseño Metodológico	35
6.1	Tipo de Investigación	35
6.2	Población de estudio	35

6.3	Muestra	36
6.4	Criterios de inclusión y exclusión	36
7.	Resultados y Discusión	36
7.1	<i>Contexto ambiental actual en el departamento del Tolima</i>	36
7.2	<i>Contexto social actual del cultivo del café en el departamento del Tolima</i>	38
7.3	<i>Métodos de control usados para el tratamiento de la broca en los cultivos de café en el Tolima</i>	45
7.4	<i>Ventajas y desventajas socio ambientales del uso de hongos entomopatógenos en el control de la broca en el departamento del Tolima</i>	51
8.	Conclusiones	58
9.	Referencias Bibliográficas	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estrategias biotecnológicas, científicas y de investigación	43
Tabla 2. Características de insecticidas químicos más usados para el control de la broca del café	47
Tabla 3. MIP para el control de la broca en el departamento del Tolima	50
Tabla 4. Síntesis ventajas y desventajas del uso de <i>Beauveria bassiana</i>	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Algunas de las principales características distintivas de <i>Coffea arabica</i> (caf Arabica) y <i>Coffea canephora</i> (caf Robusta)	18
Figura 2. Biología del café Arábica	19
Figura 3. Biología del café Robusta	20
Figura 4. Posiciones de penetración de la broca (<i>Hypothenemus hampei</i>) en frutos de café	25
Figura 5. Ciclo de vida <i>Hypothenemus hampei</i>	26
Figura 6. Características macroscópicas y microscópicas de <i>Beauveria bassiana</i>	29
Figura 7. Población desagregada por sexo departamento de Tolima	39
Figura 8. Pirámide poblacional Departamento del Tolima	39
Figura 9. Municipios Cafeteros en el departamento del Tolima, localización del Paisaje Cultural Cafetero y del Paisaje Cultural Cafetero del Tolima	40

Resumen

El cultivo de café en Colombia y particularmente en el departamento del Tolima, ha sido de gran importancia económica y social, convirtiéndose en una actividad que ha generado más de 730 empleos, en hectáreas extensas de suelo, así como cultivos en pequeñas parcelas producto del trabajo de comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes. Una de las principales afectaciones del cultivo es la broca, ocasionada por el insecto *Hypothenemus hampei*, un patógeno difícil de erradicar; en ese sentido esta revisión de tipo cualitativo planteó el análisis de los retos y perspectivas del uso de *Beauveria bassiana* como medida de control en las zonas cafeteras del departamento, encontrando que existen ventajas y desventajas del uso de este hongo entomopatógeno, en comparación con los métodos usados de forma tradicional, teniendo en cuenta que las características socioambientales tienen una relación directa con la apropiación y establecimiento de estrategias de control biológico.

Palabras clave: Broca, hongo entomopatógeno, *Beauveria bassiana*, biocontrolador, fitosanitario, Tolima.

Abstract

The cultivation of coffee in Colombia, and particularly in the department of Tolima, has been of great economic and social importance, becoming an activity that has generated more than 730 jobs, in extensive extensions of land, as well as crops in small plots as a result of labor peasant, indigenous and Afro-descendant communities. One of the main effects on the crop is the borer, caused by the insect *Hypothenemus hampei*, a pathogen that is difficult to eradicate; In this qualitative review, he proposed the analysis of the meanings and perspectives of the use of *Beauveria bassiana* as a control measure in the coffee growing areas of the department, finding that there are advantages and disadvantages of the use of this entomopathogenic fungus, compared to the methods used of traditional way, taking into account that the

socio-environmental characteristics have a direct relationship with the appropriation and establishment of biological control strategies.

Keywords: Borer, entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, biocontroller, phytosanitary, Tolima.

1. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos más importantes en el mundo, ha jugado un papel importante posicionándose en el segundo lugar después del petróleo crudo. A nivel mundial, se cultiva en más de 70 países y su expansión se ha dado desde 1850, a partir de los viajes realizados por los colonos europeos, fue de esta forma que llegó a Latinoamérica y Centroamérica, convirtiéndose en una actividad económica importante para el sector agropecuario; ya cuando llega a Colombia, se convierte en el único cultivo y producto que logró estabilizar la economía del país a través de exportaciones.¹ Vale la pena resaltar que durante el siglo XIX y XX luego de una crisis económica, consecuencia de las guerras, en Colombia los campesinos y caficultores empezaron a explotar el cultivo de café de tal forma que empezó a comercializarse internacionalmente, posicionando así a través del tiempo como uno de los mejores del mundo por diferentes características.¹⁴

Cuando el cultivo inició su desarrollo en Colombia, América Latina ya era la primera región en el mundo productora de café; en Colombia, se estableció principalmente en los departamentos de Santander, Cundinamarca, Tolima, Antioquia y Caldas, en los Santanderes con el apoyo del capital antioqueño y la oportunidad de explotar una nueva frontera agrícola, tanto así, que el café se convirtió en una nueva alternativa para los hacendados, quienes comenzaron a construir haciendas cafeteras donde trabajaban peones y jornaleros libres predominando la economía familiar como forma de tenencia de este tipo de haciendas, de este modo se caracterizó este trabajo como uno de los primeros procesos de modernización de las relaciones de producción en Colombia²

El café tuvo su auge en esta zona del país después de la crisis del tabaco que dejó excedentes en capital y la disolución de resguardos indígenas que dejó otro excedente de mano de obra, de esta manera se estableció un sistema semi servil de arrendamientos caracterizado por una disparidad cultural y étnica entre los propietarios (blancos) y jornaleros (indios), y un sistema de trabajo bastante opresivo. Los hacendados en su mayoría eran bogotanos que monopolizaron rápidamente las mejores tierras; de igual manera en Antioquia y

Caldas, en esta zona se dio un sistema de expansión alejado de la economía doméstica, además existía una tradición de trabajo independiente alejada del esclavismo que se vivía a finales del siglo XIX y no progresaron las relaciones semiserviles inspiradas en la tradición administrativa colonial, así mismo surgió el trabajo independiente y asalariado gracias a que el comercio y explotación de oro acaparaba la mano de obra.³

Por otra parte, en Colombia el cultivo de Café se ha catalogado como una oportunidad de sostenibilidad ya que según la federación nacional del café ha generado más de 730 mil empleos directos, adicional que se busca hacer del café a largo plazo de un negocio rentable que contribuya al desarrollo económico y social de las familias cafeteras.⁴

Actualmente, en Colombia se producen aproximadamente 7 millones de sacos anuales y dentro de los principales importadores se encuentran países como: Estados Unidos, Alemania, Japón, Países Bajos y Suecia. En Colombia el cultivo de café se siembra a partir de los 1500 mtsm hasta los 1800 mtsm con variedades que Cenicafe y la federación nacional de cafeteros han logrado desarrollar con avances tecnológicos los cuales permiten al caficultor ser más dinámico en el mercado; el cultivo del café o caficultura en el país está conformada por pequeños, medianos y grandes caficultores y las cosechas se hacen de manera artesanal por esta razón se reconoce mundialmente la calidad del producto.²

Particularmente en el departamento de Tolima, la producción de café se caracteriza por la implementación de los cultivos en pequeñas parcelas por comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes, en los 38 municipios que albergan más de 61.849 familias que cultivan 107.027 hectáreas de café arábico de diversas variedades (Castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Tabí)^{2, 3} En esta zona del país, como muchas otras, una de las principales problemáticas del cultivo es la broca ocasionada por el insecto *Hypothenemus hampei Ferrari*; que se ha convertido en uno de los patógenos más complejos que tienen los caficultores en las fincas ubicadas en las regiones de amortiguación y prácticamente en toda la zona cafetera del Tolima²⁹ Otras

afectaciones del cultivo de café están relacionadas con el mal manejo fitosanitario, ya que por ser una planta susceptible a plagas, como la araña roja *Olygonichus yothersi* y el minador de las hojas del café *Leucoptera coffeella*, que atacan en épocas secas dañando las hojas, las cuales tienden a tomar un aspecto bronceado a razón de la alimentación de estos ácaros sobre el haz de las hojas.

En ese sentido es importante mencionar que el impacto económico derivado de la pérdida del cultivo como consecuencia de la plaga se debe principalmente a factores tales como el daño ocasionado en los frutos del café, pérdida de cosechas, limitación en la producción del cultivo, efectos tóxicos, disminución en la calidad del grano producido y alza de los costos a causa del uso de métodos de control, lo cual se realiza mediante la fumigación con insecticidas químicos los cuales tienden a generar impactos negativos para el medio ambiente, además suelen tener altos costos. Por otra parte, el uso excesivo de estos productos químicos favorece la matanza de poblaciones de otras especies como los insectos que contribuyen a la polinización y otros animales que habitan dentro de la zona cafetera; Sumado a lo anterior, se han producido cantidades de intoxicaciones por el uso de estos productos, que muchas veces han llegado hasta producir enfermedades como cáncer, pérdida de la vista y también hasta la muerte, esto ha obligado a la búsqueda de nuevos mecanismos que sustituyan el control no químico, específicamente de origen biológico donde en este caso se ha evidenciado que los hongos entomopatógenos han sido una de las alternativas que se han venido investigando en los últimos años con resultados prometedores y de buen término.²⁹

Aunque la adaptación del cultivo de café a las condiciones climáticas en el país ha sido bueno, no deja de ser susceptible a diferentes problemas fitosanitarios, siendo la broca ocasionada por *Hypothenemus hampei*, una de las principales causas de pérdidas económicas en el cultivo para el país, pérdidas que no sólo están representadas por la afectación de las plantas, sino también por el uso de productos agroquímicos para el manejo y control de la plaga, ocasionando problemáticas socioambientales que contribuyen al

incremento de las pérdidas económicas, por tanto, frente a esta situación surge la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles que permitan prevenir y controlar los problemas fitosanitarios asociados al cultivo de café, alternativas como el control biológico, que a través del uso de microorganismos principalmente, contribuye a disminuir el uso de agroquímicos en los suelos en todo el mundo.

Particularmente en Colombia, en los últimos años se han usado estrategias de manejo integrado de plagas que incluyen el control biológico como práctica sostenible frente a la broca, específicamente el uso de un hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* que ha demostrado ser eficiente contra *Hypothenemus hampei*. De acuerdo con las autoridades cafeteras en el país el uso de *Beauveria bassiana* como biocontrolador no solo es eficaz si no que es recomendado dentro de las especificaciones técnicas para el manejo del cultivo en Colombia.

Es por ello que esta revisión plantea el análisis del uso de *Beauveria bassiana* para el control de *Hypothenemus hampei ferrari* en zonas cafeteras del Tolima, Colombia, con el fin de evidenciar los retos y perspectivas socioambientales de esta alternativa de manejo, que si bien es recomendada por entidades como CENICAFÉ y la federación Colombiana de Cafeteros, debe analizarse en contextos específicos ya que las particularidades de las zonas y de las comunidades podrían tener incidencia en el éxito del uso de este tipo de estrategias.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar retos y perspectivas del uso de *Beauveria bassiana* para el control de *Hypothenemus hampei ferrari* en zonas cafeteras del Tolima, Colombia.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el contexto socioambiental actual del cultivo de café en el departamento del Tolima
- Identificar los métodos de control usados para el tratamiento de la Broca en los cultivos de café en el departamento del Tolima.
- Considerar ventajas y desventajas socioambientales de *Beauveria bassiana* en el control de la broca en el departamento del Tolima.

3. ANTECEDENTES

En Colombia, existen diversos estudios de control biológico con especies del género *Beauveria* en larvas. En un estudio realizado en el Laboratorio de control biológico del Grupo Manejo Biológico de Cultivos del Programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja, se seleccionaron cinco de siete aislamientos nativos de *Beauveria* sp. y se probaron, mediante el método de inmersión, sobre larvas de *Tecia solanivora* a una concentración de 10^7 esporas/ml, donde dos de los cinco aislamientos probados, generaron las mayores mortalidades siendo estas entre 7,4 y 8,5% en un lapso de 7 a 9 días. Por lo tanto, se concluyó que estos aislamientos no fueron muy eficaces sobre larvas de *T. solanivora*, dichos resultados son atribuidos a la posible diferencia de especificidad entre aislamientos.⁵⁵

Otros estudios han evaluado la efectividad de *Beauveria bassiana* sobre algunos insectos, tal es el caso de la garrapata común del ganado bovino

Rhipicephalus microplus en el departamento de la Guajira; en un estudio realizado se expone que en Colombia los métodos para el control de garrapatas se fundamentan en la utilización organofosforados y piretroides sintéticos tóxicos, los cuales tienen impactos negativos tanto ambientales como a la población humana, además de afectar la calidad e inocuidad de subproductos. Por esto es necesario plantear y evaluar alternativas de control que reduzcan los impactos ambientales, garantizando también la eficacia contra plagas como las garrapatas en bovinos. Se concluye que para los animales tratados con el hongo se obtuvo una efectividad corregida del 96,8%, lo cual indica que *Beauveria bassiana* podría implementarse como una alternativa de control de garrapatas incluso con las características climatológicas de la alta temperatura que se registran en el caribe seco.⁵²

El uso de *B. bassiana* se ha promovido en el país en diversas zonas, incluso específicamente para tratar la roya en el cultivo del café, tal es el caso de un estudio realizado en el municipio de la Sierra, donde las familias caficultoras decidieron implementar prácticas agrícolas empíricas sin asistencia técnica, de forma preliminar realizaron un análisis de suelo, un plan de fertilización, la observaciones de enfermedades y monitoreo de plagas para evidenciar daños foliares; además evaluaron diferentes métodos de control (químicos y biológicos) para el chinche patifoliado (*Leptoglossus zonatus*) en badea, y para broca y roya (*Hemileia vastatrix*) en el café. De acuerdo con esto realizaron un control preventivo con Safermix® WP (mezcla de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* y *Bacillus thuringiensis*), en dosis de 1g /l de agua donde obtuvieron un umbral de 3%, e implementaron control químico Verdadero® (i.a Tiametoxam y Ciproconazol), en una dosis de 2,5g /litro de agua. Dentro de los resultados encontraron que la enfermedad más limitante del cultivo de café fue la roya, y en cuanto a eficacia de *B. bassiana* relatan que a pesar de factores como la viabilidad de las esporas, la velocidad de germinación, la temperatura y la humedad relativa, este hongo logró el 50 % de mortalidad a los 10 y 13 días después de la aplicación ⁵⁶De acuerdo con lo anterior, un estudio realizado en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales analizó el efecto de la humedad relativa sobre la germinación de las esporas de *Beauveria bassiana* y la patogenicidad en la

broca del café *Hypothenemus hampei*, encontrando que la humedad no afecta la patogenicidad pues para todas las evaluaciones causó una mortalidad superior al 85%.⁶⁸.

De igual manera en otros países se ha venido evaluado el uso de *B. bassiana* como controlador, IHCAFE (El Instituto Hondureño Del Café) realizó un estudio sobre la eficiencia del hongo en el control de *H. hampei*, mencionan que la eficiencia de estos agentes biológicos puede modificarse dependiendo de la cepa empleada, la concentración de esporas, la virulencia del patógeno, la eficiencia de la aplicación, el microclima del cafetal y el momento del ataque en que se encuentre la broca; además, se debe asegurar un buen cubrimiento y verificando que los frutos atacados queden bien rociados, esto y las prácticas culturales de control podrían incidir en el control eficiente del patógeno⁵⁸

Particularmente en Colombia, Cenicafe y el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros han realizado varios estudios,^{59,60} también realizaron la capacitación de 20.000 agricultores en la producción del hongo y en el control biológico de insectos a través de entomopatógenos. En estos estudios determinaron que las cepas de *B. bassiana* denominadas Bb9212 y Bb9205 generaron una mortalidad más rápida en un tiempo promedio de $2,6 \pm 0,8$ y $4,2 \pm 1,1$ días; también se logró estudiar la producción aproximada de conidios por broca muerta y se encontró que el aislamiento Bb9114 llegaba a producir hasta $8,8 \times 10^6$ conidios por adulto de broca, lo que equivaldría a una aplicación de $4,4 \times 10^{10}$ conidios/ha. Una de las conclusiones más relevante de estos estudios, que ya se había mencionado, es que los factores socioambientales como la topografía de las fincas, la dinámica de la plaga, el momento de las aspersiones, la humedad y la radiación solar, y las prácticas culturales, están relacionadas directamente con los resultados del uso de este biocontrolador.⁵⁹ Así mismo estos estudios probaron la eficacia de mezclas de siete cepas del hongo en el control de la broca, la mezcla contenía cepas de alta virulencia (Mezcla A) y de baja virulencia a (Mezcla B), sin embargo a pesar de los buenos resultados en laboratorio para las dos mezclas, se encontró que en el caso de las aplicaciones en campo las cepas de alta

virulencia podría tener implicaciones aún no determinadas en el medio ambiente.⁶⁰

4. BASES QUE FUNDAMENTAN EL TRABAJO

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Cultivo de Café

El café pertenece a la familia de las *Rubiáceas* y al género *Coffea*. Se conocen 500 géneros y 8.000 especies y dentro de las variedades más importantes comercialmente se encuentran el *Coffea arabica* (Linneo) conocida como variedad Arábica o Arábica (Figura 2), y *Coffea canephora* (Pierre Ex Froehner) conocida como Robusta.⁵³ (Figura 3), algunas de las características del cultivo son:

Las hojas salen en pares cada 15 ó 20 días aproximadamente y duran alrededor de un año, cambian de color según la etapa en la que se encuentren, las hojas pueden reducirse gracias a las temperaturas extremas (calor o frío) y con una mala nutrición, no tienen divisiones y los bordes son lisos.⁵³

Las flores son órganos hermafroditas, que pueden durar de 4 a 5 meses en proceso de formación, empieza con iniciación floral y diferenciación. El periodo de latencia se caracteriza por ser corto y hay renovación rápida del crecimiento del botón floral.⁵³

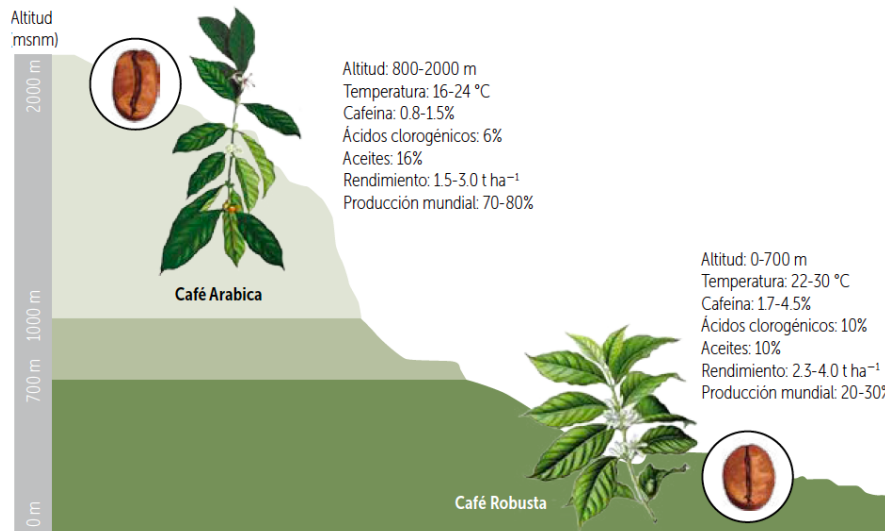


Figura 1. Algunas de las principales características distintivas de *Coffea arabica* (café Arabica) y *Coffea canephora* (café Robusta)⁷⁰

“Respecto al fruto se evidencia las etapas de crecimiento mediante cuatro momentos. 1: inicia desde la fecundación hasta la sexta semana, su peso y crecimiento es escaso. 2: En el que se involucra su crecimiento y peso en el cual están dados por la cantidad de agua almacenada. 3: Esta mediada por el crecimiento exterior del fruto, además de que hay una alta demanda de nutrientes 4: Esta es la etapa de maduración, donde además se genera un cambio de color en el fruto”⁵³

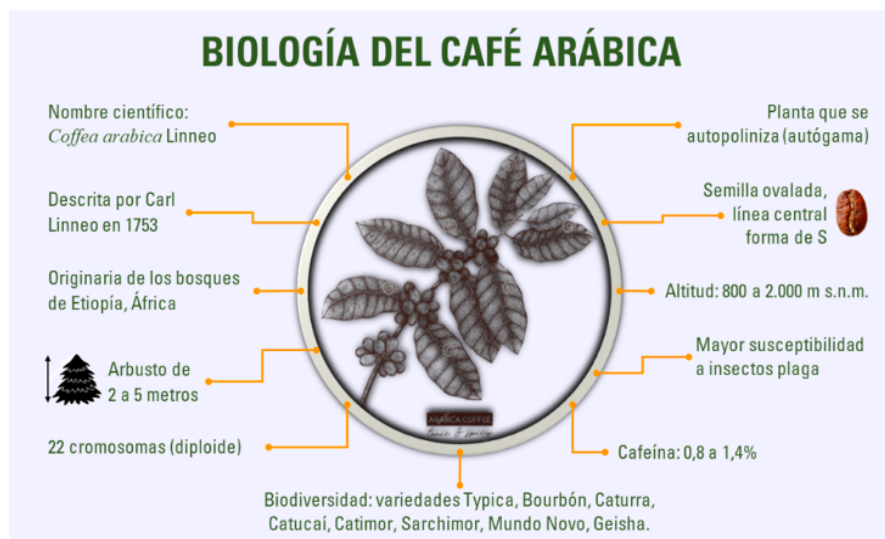


Figura 2. Biología del café Arábica.⁷¹

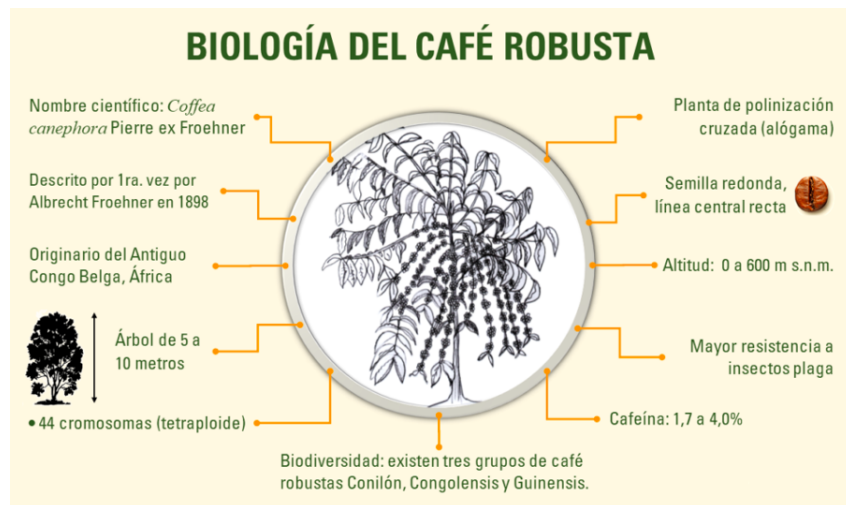


Figura 3. Biología del café Robusta. ⁷¹

La raíz: La raíz es el medio de anclaje, allí contiene sustancias que serán usadas por la planta para alimentar sus hojas y frutos, permitiendo desempeñar funciones como la absorción y el transporte de agua, además de que aporta compuestos orgánicos atribuibles para su ciclo, de la raíz salen pueden llegar a salir otras raíces gruesas llamadas también raicillas.⁵³

La semilla: Contiene entre un 10% y 13% de agua además se compone de Almendra recubierta por pergamino que hace que le genere un sabor dulce, por otra parte, la almendra se puede observar de color plateado cuando se encuentra seca, y del embrión que es una planta muy pequeña que está dentro de la almendra, se alimenta de ella en los primeros meses de desarrollo de la planta, el cual es el responsable de la germinación de la planta .⁵³

4.1.2. Problemas fitosanitarios del Café

El cultivo de café tiene plagas y enfermedades que atacan su raíz, tallo, hojas y frutos, de igual manera presenta enfermedades que también atacan su estructura genética, las mayores afectaciones dependen de muchas variables tales como el clima, su fertilización el tipo de variedad o la altura sobre el nivel

del mar. Dentro de las principales problemáticas fitosanitarias del cultivo de café algunas de las más relevantes en las zonas cafeteras del país son:

4.1.3. Cochinillas de las raíces

Las cochinillas son insectos polípagos que crecen generalmente sobre las raíces de las plantas son relativamente pequeñas, en su estado adulto miden de 3 a 5 milímetros y tienen un estilete de introducción en las raíces que les permite alimentarse de la savia de las larvas y adultos de las cochinillas; se conoce además que establecer una simbiosis benéfica con las hormigas, debido a que excretan una sustancia dulce que las atrae, en dicha simbiosis las hormigas cuidan y transportan las cochinillas de un lugar a otro, debido a su capacidad reproductiva (40 a 600 huevos) la implementación de un programa de control debe considerar principalmente medidas de prevención para evitar la dispersión.²²

En Colombia las especies de cochinillas que más se encuentran afectando los cafetales son *Puto barberi*, *Dysmicoccus*, *Neochavesia caldasiae*, *Pseudococcus* y *Toumeyella coffeae*, estas principalmente se dispersan en el suelo y plántulas, luego se trasladan a zonas libres del insecto. Las medidas para el manejo de la infestación se basan en el control oportuno revisando en varios momentos del ciclo del cultivo y antes de llevarlas al sitio definitivo.²¹

La presencia de esta plaga se controla con Silex o Engeo, insecticidas químicos, que se deben aplicar en una concentración de 3 g/L o 0,5 cm³/L respectivamente, asperjando luego de humedecer el suelo cuando se establece el cultivo de café (0-18 meses), es importante sembrar plantas indicadoras o de control, asimismo, revisar mensualmente un número de plantas por lote, para hacer el diagnóstico oportunamente y tomar decisiones frente al manejo.²⁰ Cuando hay presencia de alguna de las especies mencionadas, se debe actuar de inmediata y aplicar los insecticidas de manera localizada, con el fin de evitar aspersiones en mayor extensión. El control debe hacerse en la temporada de lluvias, evitando el cubrimiento de las raíces por completo, cuando el suelo está húmedo a capacidad de campo.^{2 1}

4.1.4. Arañita roja y minador de las hojas

En Colombia también es común que el cultivo de café sea atacado por artrópodos especialmente en las épocas de sequía, se conoce que la arañita roja *Olygonichus yothersi* y el minador de las hojas del café *Leucoptera coffeellum*, pueden ocasionar graves problemas fitosanitarios.²³

La arañita roja es un ácaro que aumenta sus poblaciones en función de la temperatura, que en ausencia de lluvia crea el ambiente propicio para el desarrollo de este artrópodo habitual en los cultivos de café presentándose de forma endémica en el país, con relación a la forma de dispersión, el viento favorece este propósito entre los cafetales y las fincas, ocasionando daños que pueden evidenciarse en el cambio de color de las hojas, que se tornan bronceadas. Teniendo en cuenta que el ataque de estas arañitas ocurre de forma agregada, el control debe hacerse cuando inicia la temporada seca, que es cuando aparecen los primeros focos en los cultivos.²³ En ese sentido el control se ha realizado aplicando acaricidas como spiromesifen exclusivamente en los árboles que presentan signos de daño, la concentración recomendada es de 1,5 cm³/L, medida que ha permitido proteger un alto número de otros insectos, que son enemigos naturales de la arañita roja, algunos como *Stethorus* sp., *Harmonia* sp. y *Cycloneda sanguinea*.²³ Es importante mencionar que las poblaciones de la arañita roja empiezan a disminuir cuando llega la temporada de lluvias.

Por otra parte, el minador de las hojas del café se encuentra bajo control natural en Colombia, sin embargo, dentro de las recomendaciones para el control de este artrópodo se promueve el aumento de poblaciones conocidas como enemigos naturales evitando el daño a los cultivos de café, entre estos enemigos naturales se conoce que especies de avispas del orden *Hymenoptera*, y depredadoras de la familia *Vespidae*, cumplen esta función. Estas avispas biocontroladoras pueden permanecer en el ecosistema gracias a que son atraídas hacia la maleza que florece en las calles y los alrededores de los cultivos de café en crecimiento, así se controlan las poblaciones de

minadores durante los tiempos secos, proporcionando alimento para las avispas con el fin de mantener sus poblaciones estables.^{23, 24}

Por tanto, el control de los minadores debe hacerse con base en estrategias de control biológico por conservación, promoviendo el cuidado de las avispas y evitando el uso de insecticidas químicos contra los minadores, que en algunos casos no es efectivo debido a que sobreviven las larvas y pupas del minador además ocasionan la muerte de los controladores biológicos, por esta razón la estrategia de conservación, es la medida más favorable y se debe plantear antes de la temporada seca, esto favorece el crecimiento de las arvenses y flores en las plantaciones lo cual tiene un impacto directa en la conservación de los enemigos naturales, manteniendo bajo control a los minadores en un equilibrio natural.²⁴

4.1.5. Chamusquina

Otro insecto que llega con la temporada de lluvias es el chinche de la chamusquina del café, *Monalonion velezangeli*, por lo cual se recomienda como principal medida de control la prevención, haciendo revisiones constantes en el cultivo, la revisión de los cafetales periódicamente dará la oportunidad de poder hallar los perjuicios en los brotes nuevos, flores, tallos en formación y frutos. En el caso de estos insectos, como se ha mencionado también se recomienda evitar el uso de insecticidas químicos como el piretroides, con el fin de prevenir la pérdida de poblaciones con funciones ecológicas importantes en los agroecosistemas cafeteros y de mantener el equilibrio biológico. Es importante considerar que el chinche de la chamusquina del café también es la plaga principal de cultivos nativos como guayaba, cacao y aguacate, por eso se aconseja mantener una población importante de estas especies en los cafetales, con el fin de evitar que ataquen solo al cultivo del café.²⁴

Si se debe aplicar control químico es importante que la aplicación se dirija únicamente a los árboles que presentan daños frescos ocasionados por las ninfas y adultos de la plaga, algunos de los insecticidas más usados son el malatión, fenitrotión o pirimifos-metil, en concentración de 6 cm³/L o los

neonicotinoides imidacloprid y tiametoxam, en dosis de 157,5 y 50,0 g/ha de ingrediente activo, ante el uso inevitable de estos agroquímicos se deben tener en cuenta algunas recomendaciones, en primer lugar evitar las aplicaciones en los momentos de floración, con el fin de proteger la fauna benéfica, especialmente los polinizadores, también rotar los insecticidas de acuerdo a los modos de acción.²⁴

4.1.6. La broca

La broca del café *Hypothenemus hampei*, Pertenece al Reino Animalia, Filo *Arthropoda*, Clase *Insecta*, Orden *Coleoptera*, Suborden *Polyphaga*, Superfamilia *Curculionoidea*, Familia *Curculionidae*, Subfamilia *Scolytinae*, Género *Hypothenemus*³³ Denominada comúnmente como “Broca del fruto del cafeto”, “*Hypothenemus hampei*” se considera como la plaga que causa mayor impacto económico negativo a los cafetos, dado que posee la capacidad de disminuir la cosecha junto con las propiedades físicas del grano ya que afectan la inocuidad de la bebida debido a la presencia de ochratoxinas. Se estima que la broca causa pérdidas globales por 500 millones de dólares anuales, lo anterior sustentado principalmente en la cantidad de granos dañados y/o frutos perforados.³³

Uno de los aspectos más relevantes es que el fruto del café es fundamental para las etapas de desarrollo del insecto, ya que es la fuente de alimento, se conoce que la larva y hembra adulta se alimentan del fruto del café, causando su destrucción, y los adultos cumplen su ciclo de vida dentro del fruto donde también se alimentan, proporcionando además un medio para su crecimiento y reproducción en el endospermo, causando posteriormente la pérdida total del grano, lo que se evidencia en la calidad del producto final.²⁴ En la actualidad se encuentra infestando cerca de 800.000 hectáreas y afecta el patrimonio de más de medio millón de familias cafeteras colombianas.³⁴

En la figura 4 se muestra el daño causado por la broca del café, lo cual impulsa a que se tomen medidas de control eficaces y oportunas, es decir, en el momento en que el insecto se encuentra en las dos primeras posiciones para

así evitar mayor mano de obra e insumos. Por tanto, un requisito importante en un programa de manejo integrado de estas plagas será el medir una población en el campo en determinado momento y correlacionar con el daño que se obtiene cuando el caficultor comercializa su cosecha.³⁵

Las cuatro situaciones en donde la broca está atacando el fruto, son: Primera situación (A): la broca inicia la perforación; Segunda situación (B): la broca se ubica en el canal de penetración; Tercera situación (C): la broca perfora la almendra; Cuarta situación (D): la broca con su descendencia (huevos, larvas y pupas) Cabe resaltar que esta representación gráfica es de suma importancia para el caficultor porque en base a ella se decide si se puede emplear o no algún producto ya sea de tipo biológico o químico. Varios estudios afirman que ningún producto químico o biológico tiene la capacidad de penetrar cuando está en posición C o D y por tanto no puede causarle la muerte (Figura 4).⁷⁶

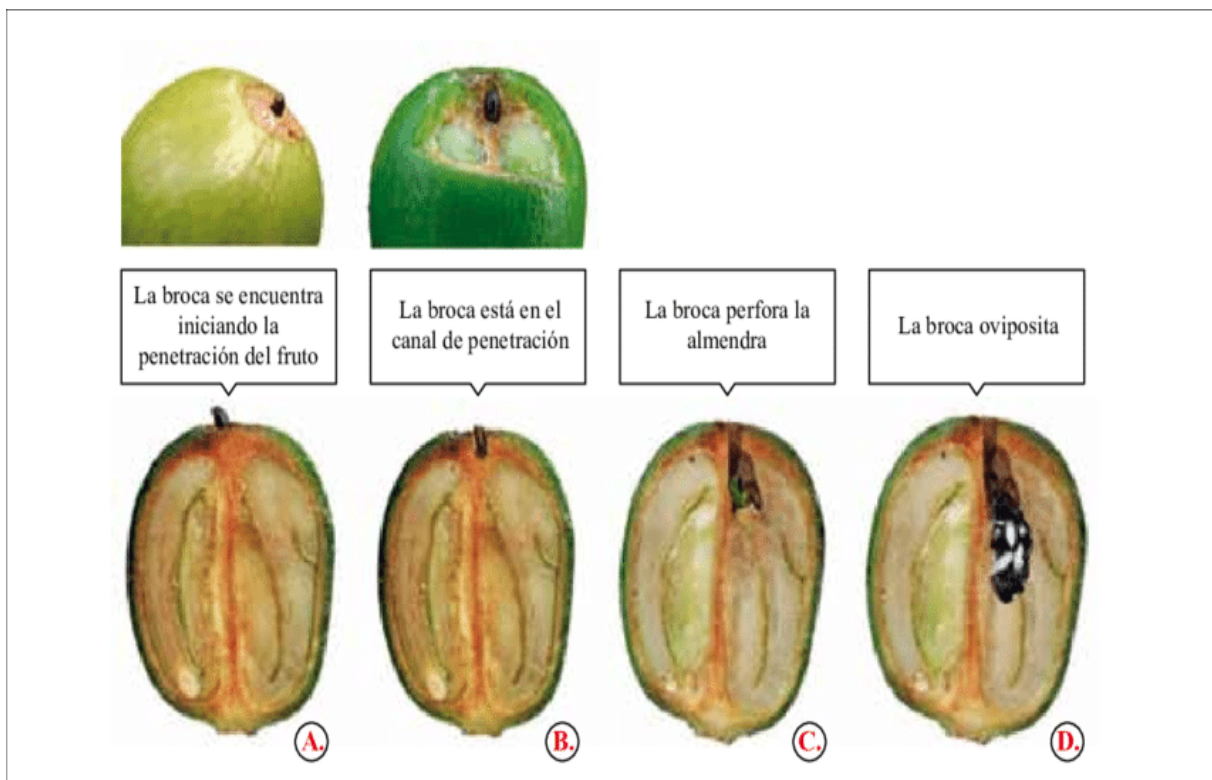


Figura 4. Posiciones de penetración de la broca (*Hypothenemus hampei*) en frutos de café.⁷²

Se conoce que el daño ocasionado por la broca en el cultivo de café ocurre desde que el endospermo empieza a tomar mayor consistencia y se da hasta

que la cereza está madura, en este estado, la broca es capaz de reproducirse en el interior de las semillas afectando al fruto en la etapa de llenado del grano hasta causar su destrucción parcial o total, una de las razones que más afecta la diseminación y el impacto de la plaga es el mal manejo, lo que puede ocasionar la caída y el deterioro en los granos que permanecen en la planta derivando en la disminución del peso y calidad del producto final, aunque la broca genera pérdidas en todas las variedades de café, son más susceptibles las que tienen floración continua, dado que pueden mantener frutos hospederos por más tiempo, así el insecto persiste dentro del fruto durante todo el tiempo y solo las hembras salen en busca de nuevos frutos para ovipositar.⁹

Por lo general, la hembra perfora el fruto por la corola o disco, aunque también lo puede perforar por un lado si este presenta más de un 20% de infestación afectando la calidad final del grano, luego de perforar ponen los huevos que eclosionan produciendo mayor infestación, por este motivo las pérdidas económicas aumentan para los caficultores, y deben recurrir a estrategias para erradicar la plaga, sin embargo comúnmente el uso de insecticidas sólo funciona cuando el insecto ha penetrado el fruto.¹⁷

4.1.7. Ciclo Biológico de la broca, *Hypothenemus hampei*

Hypothenemus hampei sufre una metamorfosis completa que dura entre 24 y 48 días dependiendo de las condiciones climáticas y donde debe pasar por las fases de huevo, larva, pupa y adulto, esto con el fin de completar su ciclo de vida. Las fases de este ciclo son:

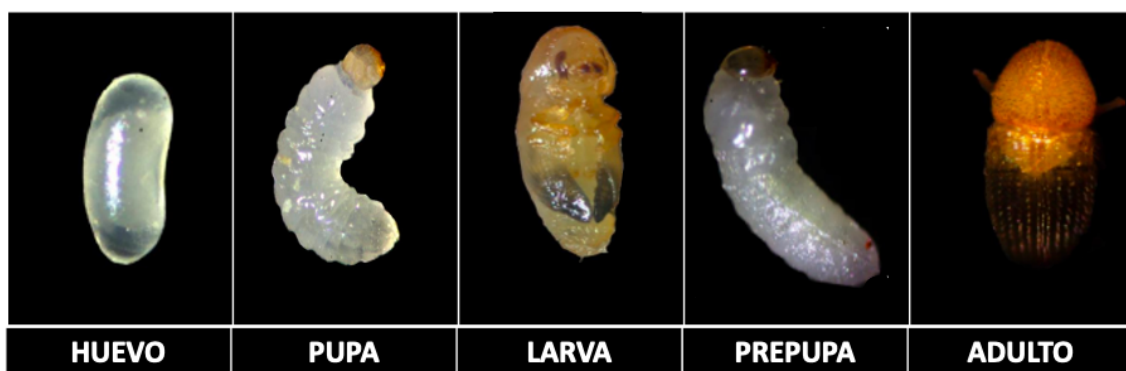


Figura 5. Ciclo de vida *Hypothenemus hampei*.⁷³

Huevo: Mide entre 0.4 a 0.8 mm, son brillantes, de color blanco, elipsoide. La hembra es la encargada de poner los huevos, la cual durante su vida pone alrededor de 80 huevos, es decir, aproximadamente dos huevos por día. En dicho proceso la hembra realiza la oviposición consecutiva a lo largo del cultivo, es decir, después que deposita su huevo en una misma semilla de café, ésta suspende la postura dejando la parte posterior del cuerpo afuera del fruto donde permanece hasta la evolución de sus huevos posteriormente abandona el fruto e inicia nuevamente las posturas que fueron suspendidas.³⁶

Larva: Aproximadamente 10 días después de la oviposición nacen las larvas. Su longitud varía entre 0,72 a 2,2 mm de largo y de 0,2 a 0,6 mm de diámetro, generalmente son ápodas, blancas y de cabeza marrón. Poseen un aparato bucal bien desarrollado y esclerotizado, donde tiene tres dientes incisivos con los cual logra cortar el endospermo duro del café y un molar que le permite la trituración del alimento.³⁷

Pupa: En el interior de la semilla infectada, la larva evoluciona a su etapa de pupa. Inicialmente presenta una coloración blanca y al cabo de 4 días aproximadamente va tomando un color amarillento, posee una cabeza completamente cubierta por antenas y piezas bucales libres. La longitud varía según el sexo, para las hembras su longitud es de 1,8 mm y para los machos de 1,3 mm.³⁷

Adulto: Los adultos de la broca son de color marrón claro recién salen de la pupa y pasados unos días se van oscureciendo para finalmente ser totalmente negros y duros. Depende de factores como la temperatura y la consistencia del endosperma de la semilla para llegar al estadio de adulto, lo cual le toma entre una semana y un mes. La vida media para los machos es de 40 días aproximadamente y para las hembras es más prolongada, pues estas viven entre 135 y 190 días. En cuanto a los machos, estos son incapaces de volar por lo cual nunca abandonan el fruto. Las nuevas hembras se aparean con los pequeños machos dentro de la semilla y pueden hacer la oviposición en la misma planta donde eclosionan o bien pueden migrar y hacerlo en otro fruto. Generalmente la hembra perfora el fruto por el disco y dos días después la hembra comienza a poner sus huevos. En ese orden de ideas, una misma

planta podría llegar a albergar cerca de tres generaciones en un periodo de un año.³⁹

4..1.8. Hongo entomopatógeno

Son organismos eucariotas, heterótrofos y quimioorganótrofos; poseen una pared celular compuesta de quitina además de contar con núcleos y organelos rodeados por una membrana. Su reproducción puede ser sexual o asexual teniendo como productos finales esporas o conidios, respectivamente. Además de que requieren de materia orgánica preformada y utilizan una fuente de energía para sintetizar estructuras celulares. En cuanto a la clasificación taxonómica de los géneros de entomopatógenos, pertenecen al Reino: Fungi, División: Eumycota, Subdivisión: Ascomycotina, Clase: Pyrenomycetes y Familia: Ascomycetes. Se conocen aproximadamente 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos. Entre los cuales destacan: *Akanthomyces*, *Aschersonia*, *Beauveria*, *Entomophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces*, *Verticillium* y *Zoophthora*.⁴⁰

Existen dos formas naturales de penetración en el hospedero, la acción física y la acción química. Para la acción física, se sabe que la conidia se adhiere a la cutícula del insecto, luego forma en la extremidad del tubo germinativo un disco adhesivo y un ápice de penetración que va a penetrar al insecto, mientras que en la acción química los hongos sintetizan ciertas enzimas como proteasas, amilasas, lipasas y quitinasas, las cuales van a degradar la cutícula facilitando la penetración en el interior del insecto.⁹⁶ Una vez que el hongo ingresa y logra alcanzar el hemocele, produce ciertos compuestos tóxicos como beauvericina, bassianólidos, beauverólidos, destruxinas y citocalasinas, los cuales tienen una toxicidad de baja a moderada dependiendo del insecto al que ataquen.⁴⁰

A nivel mundial se conoce que la virulencia de los hongos entomopatógenos está altamente asociado al grado de especificidad y capacidad que éstos tienen para destruir un insecto específico en condiciones controladas, teniendo en cuenta los factores que se encuentren asociados a sus hábitos, como la biología y el medio ambiente, ya que están implicados con el proceso de infección, durante la etapa de germinación, desarrollo y esporulación, así como,

con la capacidad para sintetizar enzimas o toxinas, de importancia consideración para selección y aplicación de insecticidas biológicos; de hecho se encuentran algunos metabolitos que manifiestan su modo de acción de modo directa, actuando específicamente sobre células especializadas para ocasionar la muerte.^{32,41}

En cuanto al uso de las esporas de hongos entomopatógenos, cuando se aplica una gran cantidad de las mismas en un cultivo, se incrementa el potencial microbiológico de bioregulación de plagas. Además, la utilización permanente de estas esporas latentes, disminuyen de esta manera la infestación y la incidencia de los insectos, plagas y nematodos llegando incluso a niveles donde no causen ningún tipo de daño económico. Se conocen ciertas esporas de los hongos entomopatógenos las cuales están formuladas con soportantes de estabilidad, dichas formas se aplican sobre las hojas del cultivo afectado, donde permanecen en un estado de latencia prestas a afectar alguna plaga⁴²

4.1.9. *Beauveria bassiana*

Es un hongo entomopatógeno que causa una enfermedad conocida como muscadin blanco en insectos. Pertenece al Reino Fungi, División Ascomycota, Clase Sordariomycetes, Orden Hypocreales, Familia Clavicipitaceae, Género *Beauveria*. Tiene apariencia polvosa, de color blanco algodonoso o amarillento cremoso. Posee hifas septadas, su reproducción es de tipo asexual por esporas llamadas conidiosporas miden 2.5 μ de diámetro, son esféricas y de color blanco crema, las cuales están formadas a partir de conidióforos de tipo fialide (Figura 6). Cuando estas conidias entran en contacto con las cutículas de los insectos, crecen hacia el interior del cuerpo del hospedero, allí es donde empieza a producir toxinas y a consumir los nutrientes propios del insecto generando así la destrucción de éste.⁴³

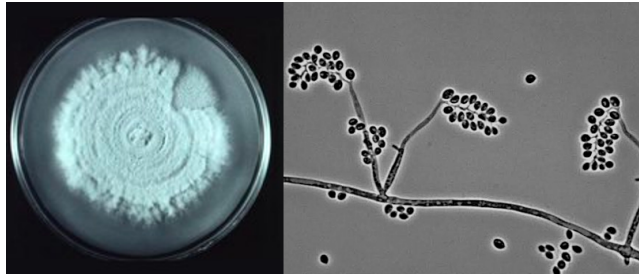


Figura 6. Características macroscópicas y microscópicas de *B. bassiana*.⁷⁴

El ciclo de vida de este hongo consta de dos fases: la patogénica y la saprofitica y para su desarrollo tiene que pasar etapas como adhesión, germinación, penetración, producción de toxinas, muerte del insecto, multiplicación y crecimiento y Penetración del interior hacia el exterior, las cuales se describen a continuación:

-Adhesión: Corresponde al primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto y sucede cuando la conidia es depositada en la superficie del insecto.

-Germinación y penetración: Para estas etapas se requiere de una temperatura óptima de 23-25°C y una humedad entre 90 y 92%, pues aquí la conidia inicia el desarrollo de su tubo germinativo y un órgano sujetador llamado apresorio, el cual le permite fijarse a la superficie del insecto. Después de la fijación fisicoquímica (acción mecánica y producción de enzimas), el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas.

-Producción de toxinas y muerte del insecto: Una vez dentro del insecto, el hongo procede a ramificar sus estructuras y colonizar las cavidades del hospedero. Paralelamente, produce altas cantidades de beauvericina la cual es una toxina que ayuda a entorpecer y terminar por romper el sistema inmunológico del organismo hospedero, lo cual facilita la invasión del hongo a todos los tejidos. Otras toxinas que secreta son beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, ácido oxálico y los pigmentos tenellina y bassiana las cuales poseen alta actividad insecticida, además de evitar un ataque a las estructuras invasivas del hongo. Posteriormente se da la muerte del patógeno lo cual marca el fin de la fase parasítica para dar inicio a la fase saprofitica.

-Multiplicación y crecimiento: Una vez muere el insecto, *Beauveria bassiana* multiplica sus hifas las cuales de manera simultánea crecen e invaden todos los tejidos del insecto. Después de la completa invasión, el desarrollo posterior del hongo sobre el insecto depende de la humedad relativa.

-Penetración del interior hacia el exterior: Si las condiciones ambientales fueron las adecuadas el insecto dejará de tener apariencia de momia y el hongo podrá penetrar las partes blandas del insecto para emerger hacia el exterior y al contar con las condiciones para su desarrollo inicia la producción de nuevas unidades reproductivas o conidias.⁴⁴

Beauveria bassiana, está distribuida mundialmente, pues se encuentra de forma natural en el suelo, por esto ha sido usado para control de insectos en el sector agrícola, sin embargo, se han documentado algunos insectos que pueden tener una tolerancia natural a este patógeno, lo cual no ocurre en muchas plagas foliares y es por esto que el desarrollo comercial de este hongo para el control biológico ha sido implementado principalmente para el tratamiento de plagas que se alimentan del follaje; teniendo en cuenta que el objetivo de este es ayudar a disminuir la utilización de plaguicidas químicos.⁴³

Además, como microorganismo endófito puede ayudar con el crecimiento vegetal, casi siempre de forma natural, aunque también se ha logrado de forma artificial, inoculando el hongo. Existen varios mecanismos con los cuales los hongos endófitos pueden ejercer su efecto sobre las plagas como la reducción de la velocidad o retardo de crecimiento del insecto, la oviposición, entre otros.⁶¹

4.2 MARCO DE REFERENCIA

Los primeros microorganismos que se identificaron como causantes de enfermedades de insectos fueron los hongos, estos, conocidos como hongos entomopatógenos actúan penetrando y propagándose dentro de los insectos ¹² Se han registrado enfermedades a causa de hongos entomopatógenos desde

hace varios años, *hacia* 1935 por ejemplo se descubrió que el agente causal de la enfermedad de la pebrina, que momificaba gusanos de seda con una característica capa de polvo blanco, dando origen a la “enfermedad de las muscardina blanca, que años después se describió como *Botrytis bassiana*, *posteriormente* el género *Beauveria* fue formal cuando Vuillemin describe que *Botrytis bassiana* era una especie perteneciente al género *Beauveria*.¹⁴

Beauveria bassiana se ha usado como biocontrolador de una amplia variedad de insectos plaga ; diversos estudios han destacado la importancia de este hongo como método de control de agentes patógenos en el área agrícola y pecuaria alrededor del mundo y se venido estudiando el efecto que puede tener en el cultivo de café como una alternativa muy efectiva para el control de la broca¹³ *B. bassiana* causa la muerte de la broca cuando las esporas hacen contacto con los insectos, se adhieren a sus cuerpos, empiezan a crecer y penetran la cutícula y este proceso ocasiona que se mueran o se debiliten, por lo que se mueve y vuela menos, finalmente no puede penetrar el grano y si alcanza a penetrar, pone menos huevos en éste.¹²

La broca *Hypothenemus hampei* es considerada como la plaga más común del cultivo de café; aproximadamente desde el año 1988 se ha descrito como uno de los problemas fitosanitarios más importantes, convirtiéndose hoy en día en la plaga de café más importante a nivel mundial; *Hypothenemus hampei Ferrari*, es una especie coleoptera curculiónido originaria de África que tiene la capacidad de reducir la cosecha y disminuir las cualidades físicas del grano⁶ esto también se relaciona con las grandes pérdidas económicas para los caficultores, teniendo que recurrir a varias estrategias para lograr erradicar esta plaga, como los controladores biológicos y el uso de insecticidas, aunque este no es muy recomendado, ya que se ha demostrado que estos solo funcionan cuando el insecto penetra el fruto¹⁷. Frente a esto, cabe resaltar que algunas prácticas que incumplen con las labores fitosanitarias como como el “rere” que es el almacenamiento de todos los granos maduros de los lotes para evitar la presencia o propagación del microorganismo, el no fomento de la fauna benéfica, y la ausencia de agentes apropiados como los biológicos hace que durante todo un año los frutos sean susceptibles a esta enfermedad.¹⁰

Estudios realizados por el ICA, mencionan que en Colombia “el cultivo del café se había mantenido libre de problemas de insectos a través de todo su desarrollo como explotación comercial. Solamente se habían registrado ataques esporádicos de insectos como: *Orthezia praelonga Douglas*, *Coccus viridis*, *Planococcus citri*, *Dysmicoccus brevipes*; *Leucoptera coffeellum*; *Oxydia* spp. y el ácaro *Oligonychus yothersi*³², sin embargo estos insectos nunca se convirtieron en un problema, este equilibrio se vió afectado por *Hypothenemus hampei Ferrari*, insecto que al llegar a la zona cafetera tenía todas las condiciones favorables para su desarrollo. La infestación de cultivos a causa de este insecto se empieza a conocer a mediados del año 1988, sobre todo en la zona cafetera del país, sin embargo ya se consideraba como la plaga más perjudicial para el café a nivel mundial; específicamente en el departamento del Tolima en la zona cafetera, el insecto ingresa por el norte donde hay un gran número de hectáreas cultivadas en café y con una productividad más eficiente respecto a las otras zonas o municipios cafeteros del país.⁸⁻²⁸ por lo cual, un gran porcentaje de toda la población que vive dentro de sus fincas o los contratan como agregados no son capacitados, por tanto no posee el suficiente conocimiento ni la experiencia para llevar a cabo aplicaciones sobre todo de productos químicos, además de que muchos de ellos no conocen o no tienen en cuenta poblaciones de otras plagas potenciales que no requieren control debido a que son enemigos naturales, que aunque parezca ilógico son ser insectos que colaboran al ecosistema mantienen el equilibrio biológico, de manera que es de suma importancia usar y tener muy en cuenta las medidas ambientalmente sostenibles para el control de la broca.^{12 19}

Frente a esta problemática se han implementado diferentes medidas de control ya que el ecosistema cafetero ha sido destacado en buena medida por la preservación de los recursos renovables, por el sostenimiento del equilibrio biológico y además la protección de la biodiversidad, debido a la manipulación que se ha implementado y claramente evitando el uso de insecticidas en forma irracional. Se sabe que en zonas cafeteras de América que han sido afectados por la plaga presentan incertidumbre en el momento que se evidencia en gran porcentaje los frutos afectados, debido a que no pueden tomar como

alternativa el uso de insecticidas para el control de *H. hampei* como única medida de control, además de que a nivel mundial, y en base a la gran cantidad de estudios realizados ninguna productora de insumos recomienda la aplicación en ese estadio ya que no tendría una buena efectividad, esto se agrava dado que el café Colombiano tiene múltiples floraciones por efecto de las condiciones climáticas tan variables, lo cual amplía las posibilidades de que el fruto sea susceptible a ataques como es el caso de la región del eje cafetero.

29

En Colombia se presenta una situación es compleja ya que el caficultor no tiene tradición en el uso de insecticidas y se hace más complejo debido a la diversidad de las condiciones climáticas del país, que hace que los cultivos presenten muchas floraciones y sean susceptibles a ser infectados sobre todo en los frutos: ahora bien, conociendo que la mayoría de familias conviven en las fincas y estarían expuestas a la toxicidad de estos compuestos químicos por el mismo uso indiscriminado de estos insecticidas el cual conlleva a graves problemas de salud, de contaminación ambiental, de riesgos para la vida animal, y de desequilibrios biológicos al eliminar la fauna benéfica ocasionando el incremento de poblaciones de insectos; son atributos que hacen reflexionar y actuar a la humanidad, dando a entender la importancia del manejo cultural y las prácticas agrícolas para prevenir, mitigar y controlar este insecto, con el propósito de que el cultivo de café no se vea afectado por esta problemática fitosanitaria, y asimismo contribuir con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente usando alternativas que disminuyan el uso de tratamientos con base en formulaciones químicas y/o productos que tenga un impacto ambiental negativo; como consecuencia de lo anterior, es necesario replicar y ampliar el conocimiento para hacer útil todas las herramientas posibles que ayuden a controlar la broca, además promoviendo las prácticas de control cultural, el estímulo de la fauna benéfica y enemigos naturales la cual juegan un papel importante, y por supuesto todo el manejo agronómico para disminuir en gran medida la plaga.³⁰

5. BASES LEGALES

En Colombia existe el decreto 775 del 16 de abril de 1990, el cual reglamenta el uso y manejo de los plaguicidas. El capítulo I, habla de que estos, deben evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro del ambiente. Adicional, el capítulo II dice “Toda persona o entidad que importe o comercialice productos plaguicidas elaborados para aplicación en el territorio nacional, independientemente de la cantidad que requieran importar o comercializar, debe obtener concepto previo favorable del Ministerio de Salud o su autoridad delegada, de clasificación toxicológica y permiso de uso en el país, cumpliendo con lo establecido en el Capítulo X del presente Decreto”¹²

Según la ley 1337 de 2009, se reglamenta que el Gobierno Nacional podrá destinar recursos presupuestales para garantizar la sostenibilidad del ingreso de las familias cafeteras, en cuanto se afecte por el precio interno costos de producción del grano, para ello, el caficultor debe cumplir con los objetivos previstos por las normas legales vigentes, realizar las ventas del café ante los compradores autorizados descritos en el “artículo 12 de la resolución 000376”³⁰

Así mismo, el Instituto Agropecuario Colombiano, ICA, destaca la resolución No. 00375 del 27 de febrero de 2004, aquí “se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia”¹⁷

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo cualitativo, documental, descriptiva y se realizó con base en una selección de información a partir de artículos, manuales técnicos y diferentes estudios de *B. bassiana* usada como biocontrolador de *Hypothenemus hampei Ferrari* que ocasiona la broca en cultivos de café en el

departamento del Tolima, tomando además en consideración aspectos socioambientales del departamento relevantes para analizar los retos y perspectivas del uso del entomopatógeno en esta zona.

6.2. Población de estudio

Se usaron fuentes bibliográficas primarias y secundarias buscadas principalmente en bases de datos como Scopus, pubindex, redalyc, Science direct, Scielo, CABI, Proquest, Ebsco-Host, Doaj y Google académico, para garantizaran la calidad y veracidad de la información.

6.3. Muestra

Literatura científica relacionada con estudios e investigaciones orientadas a evaluar el uso de *B. bassiana* como biocontrolador de *Hypothenemus hampei* Ferrari, agente causal de la broca en el cultivo de café.

6.4. Criterios de inclusión y exclusión

Durante el proyecto se seleccionaron 98 documentos asociados a bases de tendencia como CENICAFE, Y FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS, la cual se consideran como las más importantes en investigación respecto al tema en el país, así mismo se incluyeron otra bases y revistas de la web como SciELO, CENIPALMA, FINAGRO, ICA, NCBI, Revistas de ciencias Agrícolas, Agrosavia, Minkafe, Revista Colombiana de Entomología. Cabe aclarar que se seleccionaron los temas principales donde se eligieron palabras clave como, hongos entomopatógenos, *B. bassiana*, control de la biológico, *Hypothenemus hampei*, fitosanitario, Tolima, Colombia y se relaciona con la problemática sobre el control de entomopatógenos hacia la broca, Para ello tuvimos en cuenta Inicialmente una búsqueda en inglés pero evidenciamos muy poca información respecto al tema de interés en el Tolima, lo que nos lleva a tomar como guía y apoyo documentos del país a partir del año 2010.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 CONTEXTO AMBIENTAL ACTUAL EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

Dado a que el departamento del Tolima tiene una temperatura promedio de 24°C, también posee gran biodiversidad ocupando el puesto 14 a nivel nacional, pues cuenta con alrededor de 7421 especies entre fauna y flora en la cual las más representativas de ellas son 792 especies de aves, 126 mamíferos, 98 especies de anfibios y 102 especies de reptiles. Respecto a las características climáticas también tienen un cambio en la cual la temporada de lluvia ocurre entre los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, y por el contrario la temporada de sequía se da en los meses de diciembre, enero, febrero, junio, julio y agosto.

Ahora bien, para llegar a obtener una producción de café de alta calidad y de esta manera generar mayor rentabilidad, el caficultor debe conocer tópicos socioambientales básicos, que le ayudarán mucho durante el proceso como el tiempo en el que deben sembrar según el clima, la temperatura que requiere el cultivo, que será entre los 17 a 26°C ya que una temperatura mayor puede causar deshidratación a la planta y una menor a la indicada puede quedar los brotes de café, la altura debe ser entre 900 a 1600 metros sobre el nivel del mar. Además, se recomienda una humedad del suelo entre el 65% y 90%, y un rango establecido de lluvias entre 1.000 a 3000. Milímetros/año ya que entre menos lluvias puede disminuir la producción y entre más lluvia puede producir mucho hongo, finalmente tener en cuenta los vientos en la cual si superan los 30 km/h pueden producir rotura de flores y por ende caída de las hojas.⁴²

Se sabe que las altas dispersiones de la broca se dan siempre durante la renovación de los cafetales, en el cual hasta el 80% de estos pueden llegar a otros vecindarios durante 70 días después de dicha renovación, un dato importante es que los insectos tienen la capacidad de infectar más en el periodo del niño, es decir, entre menor sea la altitud y mayor sea la temperatura aumentara el promedio de infestación, en revisiones se ha demostrado que el

insecto puede volar hasta por 3 horas logrando distancias hasta de 500m, así mismo durante la cosecha y el proceso de beneficio se puede recoger entre el 66% y 74% de broca, dando mayor porcentaje en el momento que se pasan al beneficiadero.⁴⁶

Otras investigaciones de CENICAFE han logrado identificar que 1 solo fruto infectado puede involucrar hasta 590 frutos sanos, algo relevante para el caficultor es que debe conocer bien los periodos de cosecha de la región donde se encuentra, puesto que de eso depende identificar cuando llega y termina el periodo crítico, es decir para el norte del país la cosecha principal se da para el segundo semestre del año, en el sur del país la cosecha principal se recoge en el primer semestre del año, mientras que en el centro del país que es el de nuestro interés por tener al departamento del Tolima se recoge cosecha principal en el primer semestre del año, es decir entre abril y junio y la mitaca en el segundo semestre del año, es decir entre septiembre y diciembre. Por tanto, en zonas donde se producen 2 cosechas al año, el periodo crítico inicia a partir de los 120 días después de las floraciones principales, y los cafetales con solo una cosecha el periodo crítico se da después de los 90 días donde finalizan una vez se haga la dicha recolección, así mismo el caficultor puede determinar qué tan adecuada fue la calidad del grano cosechado, y tener en cuenta que cuando se recogen grano verdes y secos se verán de color vinagre, inmaduro o negro y por tanto se vera afectado su bolsillo y la calidad de la bebida^{42, 46}

7.2 CONTEXTO SOCIAL ACTUAL DEL CULTIVO DEL CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

El Departamento de Tolima, cuenta con una superficie de 23.562 km² y está ubicado en el centro del país en la región andina, limitando al norte con Caldas, al este con Cundinamarca, al sur con Huila y al oeste con Valle del Cauca, Quindío y Risaralda. Se caracteriza por tener cordilleras, relieves volcánicos y redes hidrográficas, donde el más representativo es el río Magdalena, el cual atraviesa el territorio Tolimense de sur a norte. ⁸⁹

Actualmente el departamento cuenta con 1.346.935 habitantes según proyecciones a 2020 del DANE, siendo el vigésimo séptimo departamento más poblado del país. El 49.4% (665.772) de sus habitantes corresponden a hombres y el 50,6% (681.163) a mujeres (Figura 7), donde el 21.39% tienen entre 0-14 años, el 30.03% entre 15-34 años, 30.55% entre 35-59 años, 15.16% entre 60-79 y el 2.87% corresponde a personas mayores de 80 años (Figura 8).⁹⁰

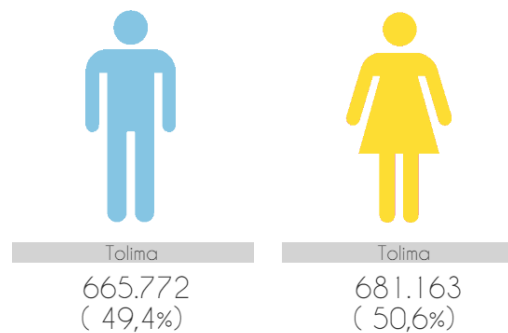


Figura 7. Población desagregada por sexo departamento de Tolima. ⁹⁰

Durante los últimos años, en el departamento del Tolima se han estado implementando algunas acciones que condujeron al crecimiento económico y social del departamento; consolidándose como un territorio con oportunidades de crecimiento para todos. Dicho crecimiento se ve evidenciado en el PIB departamental, el cual ha incrementado cerca del 5,94% anual en el periodo 2009-2018.⁸⁹

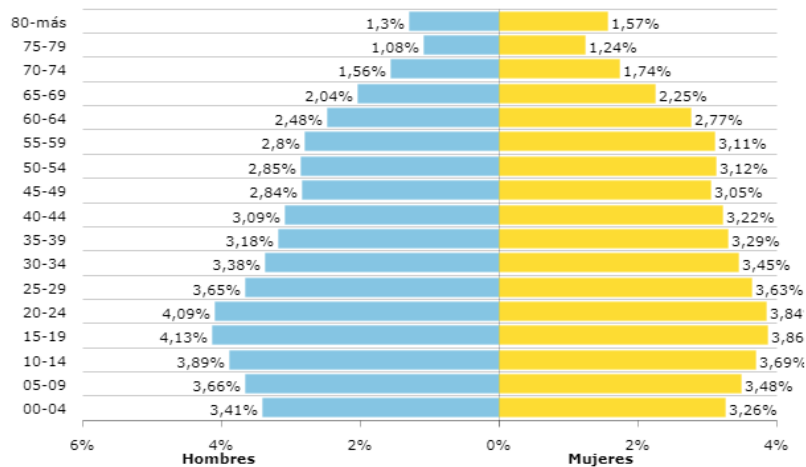


Figura 8. Pirámide poblacional Departamento del Tolima. ⁹⁰

Entre sus actividades económicas se destaca la agricultura la cual está altamente tecnificada e industrializada con la producción de arroz, ajonjolí, yuca, algodón, caña panelera, maíz y café. La empleabilidad del sector rural está dada principalmente por el sector cafetero, dado que el café representa el principal producto de exportación con 43 Millones de dólares, además, el cultivo del café presenta 37.893 unidades productivas y 45.917 productores, aportando así más de 80.000 empleos directos y 180.000 indirectos, y cobertura en 38 municipios del Departamento.⁸⁹

La minería es una de las actividades que ha prosperado mayormente en el municipio Mariquita, especialmente con el oro. Por otro lado, la pesca también hace parte importante de la economía del departamento dado la ubicación del mismo cerca a fuentes hídricas como los ríos Magdalena y Saldaña.⁸⁹

Según la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), actualmente el departamento se posiciona como el tercer productor a nivel nacional, integrando a más de 61 mil familias caficultoras, con un 99% de la caficultura tecnificada, 73% de los cafetales jóvenes y un área en café de 107.279 hectáreas, 83,98% de ellas sembrada en variedades resistentes.⁷⁷

En ese sentido y de acuerdo con el Plan Integral de desarrollo Agropecuario 2019, en el departamento del Tolima, la agricultura es la principal actividad económica, aportando un porcentaje representativo al PIB Nacional, destacándose el cultivo de café como uno de los más importantes en el departamento.⁷⁹ El Tolima es un departamento que cuenta con una amplia zona cafetera, la cual se ha dividido en dos franjas ubicadas sobre las vertientes de las cordilleras central y oriental que atraviesan su territorio de sur a norte; de las 2,9 millones de hectáreas que tiene el departamento, 407.000 corresponden a la zona cafetera y 105.000 hectáreas están sembradas con café. Esta área está distribuida en cerca de 60.000 fincas que son propiedad de 52.582 caficultores.

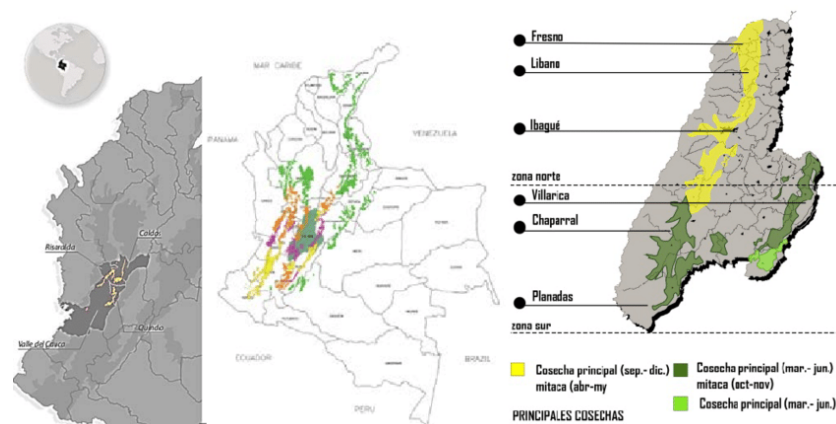


Figura 9. Municipios Cafeteros en el departamento del Tolima. Localización del Paisaje Cultural Cafetero (inscrito en la Lista de patrimonio mundial) y del Paisaje Cultural Cafetero del Tolima.^{75, 87}

De los 47 municipios del departamento, 37 son cafeteros (Figura 9) y cerca de 245 mil personas dependen directamente de este cultivo, cifra que corresponde al 55% de la población rural y al 18% del total de habitantes del departamento del Tolima.^{63,75} Esto evidencia la importancia del cultivo en el contexto socioambiental del departamento, entendiendo que el sustento económico de muchas familias depende de los ingresos asociados a esta actividad, y los procesos y prácticas agrícolas en torno al desarrollo del cultivo tienen un impacto directo en los suelos de la zona, por tanto, el café es el principal renglón agrícola del Tolima en términos de área sembrada, empleo generado y contribución a las exportaciones.

En consecuencia, a lo largo de varios años, el Comité Cafetero del Tolima ha centrado sus actividades en la ejecución de programas y proyectos orientados a lograr los propósitos del Plan Estratégico de la FNC, que busca principalmente hacer énfasis en el mejoramiento de la calidad de vida del caficultor y su familia; esto indica que las condiciones socioambientales han mejorado gracias a la preocupación por el bienestar de los agricultores en el

departamento. Es importante resaltar que, los recursos de cofinanciación no solamente se usan en la transferencia de conocimientos a la comunidad y el apoyo a su organización, sino también en el mejoramiento de la infraestructura física y productiva.⁶³ Además temas de relevo generacional, el fortalecimiento gremial, la modernización de sistemas de información y educación, la investigación participativa, el fomento a los proyectos regionales y locales de cafés de alta calidad, la implementación de mecanismos de transparencia administrativa y buen gobierno corporativo, las comunicaciones y medios de divulgación de política gremial e institucional, son aspectos que se vienen trabajando desde la FNC en el departamento ⁶³

Estrategias Sostenibles en el departamento: Desde la FNC se promueven estrategias que pretenden hacer del cultivo de café un negocio rentable, pero sobre todo que contribuya al desarrollo económico y social de las familias cafetaleras en el país y en particular en el departamento del Tolima, siempre velando por el cuidado de los recursos naturales; de acuerdo con esto, la propuesta de sostenibilidad de la FNC se desarrolla en cuatro ejes fundamentales, el eje económico, ambiental, social y de gobernanza, cada uno de estos con un objetivo estratégico específico.^{63,64,65}

En relación con lo anterior, una de las estrategias denominada Fábrica de Proyectos en la que convergen la innovación, la estructuración de proyectos y la gestión de alianzas con terceros en busca de financiar y materializar iniciativas que contribuyan a la estrategia de valor de la FNC que se ejecuta desde el año 2018 en el departamento. Dichas alianzas se gestionan en el ámbito nacional e internacional con actores públicos y privados, no solo para obtener financiamiento, sino para acceder a nuevos conocimientos y aumentar las capacidades de incidencia en asuntos claves para el sector cafetero ⁶⁴

Por otra parte, se resalta el llamado PLAN 100-100, un proyecto sostenible con el cual se busca que el 100% de las fincas cafeteras implementen un conjunto de prácticas que aseguren su sostenibilidad a futuro; este plan también está orientado a responder a varios de los desafíos socio ambientales que amenazan la producción de café en el Tolima y afectan la cadena de valor del

café en su totalidad. Al mismo tiempo, pretende dar al café de Colombia una ventaja competitiva frente a los demás cafés de otros países productores en el mercado, teniendo en cuenta que actualmente los consumidores nacionales e internacionales exigen saber el origen del producto, las condiciones en las que fue producido y el impacto de su producción, todo esto en concordancia con una conciencia ambiental colectiva, cada vez más extendida en el mundo. A su vez, la industria, ya sea por una preocupación genuina o por presión de algunos de sus grupos de interés, ha puesto la sostenibilidad entre sus prioridades. En este orden de ideas, el programa “100-100” va mucho más allá de mejorar las condiciones de los productores y la producción de café en Colombia, para convertirse en un referente y una respuesta global a varios de los retos de la cadena productiva del café.⁶⁵

De forma general las estrategias de sostenibilidad se han basado en garantizar la rentabilidad de los caficultores en la región pues los ingresos asociados a las ventas inciden en inversión, desarrollo social y mitigación de impactos ambientales en las regiones cafeteras. Frente a esto y según el Informe de Sostenibilidad 2020 de la FNC:⁶⁵

“Entre 2015 y 2018, y gracias a inmensos esfuerzos para llevar las mejores prácticas agronómicas a los caficultores, lo que incluye la renovación para mantener cafetales jóvenes, altamente tecnificados y productivos, la producción de café promedió un nivel histórico de cerca de 14 millones de sacos de 60 kg, lo que se tradujo en un valor total de la cosecha cafetera de 27,1 billones de pesos, cifra que irriga no sólo los 22 departamentos cafeteros, sino que confirma al sector como motor indiscutible de la economía en amplias zonas rurales y del país en su conjunto”

En este informe también se relacionan estrategias como la investigación científica y tecnológica (Ver tabla 1), la investigación participativa y la reactivación económica, todas inciden de forma directa en la sostenibilidad de los caficultores de la zona; a través de estas estrategias se desarrollan programas de transferencia de tecnología, socialización de resultados,

demostración de tecnologías nuevas, comunicación por diferentes medios, entre otras actividades orientadas a fortalecer aspectos técnicos en las fincas; de igual manera se implementan parcelas de alta productividad con el fin de promover la interacción de caficultores, extensionistas e investigadores como estrategia participativa para conocer las condiciones socioambientales de la zona y de los actores sociales clave cada uno de los grupos.⁶⁵

Tabla 1. Estrategias biotecnológicas, científicas y de investigación

Mejoramiento Genético	Desarrollo de variedades de café adaptadas a las condiciones socioambientales de la región y resistentes a la roya.
Fisiología Vegetal	Funcionamiento de la planta relacionado con: semillas, germinación, dinámica del dosel, floración y sus fenómenos, así como maduración.
Fitotecnia	Mejorar sistema de producción desarrollando, relacionando prácticas agronómicas relacionadas con el mejoramiento de la productividad, como fortalecer los sistemas de producción y hacer seguimiento a las edades de las plantaciones y evaluar las densidades de siembra y arreglos espaciales
Sanidad Vegetal	Hacer diagnóstico, seguimiento y tratamiento de las plagas y enfermedades del cultivo; promover estrategias como los Inductores de resistencia en la planta para manejo de enfermedades y la bioregulación de patógenos aéreos.

*Información tomada del informe de sostenibilidad 2020 FNC*⁶⁵

Reactivación económica: con respecto a la reactivación económica, la estabilidad de los precios ha sido fluctuante en los últimos años, sin embargo y a pesar de la pandemia, durante el 2020 el valor del grano de café estuvo estable, permitiendo alcanzar ventas por más de un billón de pesos, lo que ayudó a sustentar la economía del departamento. El 2020 fue un año complicado hablando en términos de economía, sin embargo en la literatura encontrada, respecto café terminó siendo un año positivo porque hubo una buena producción, gracias a las estrategias, protocolos de bioseguridad y la creación de empleos para recolectar el café, fundamental para suplir la mano

de obra que no llegó a causa de la pandemia.⁶⁶ Pese al confinamiento, se llevó a cabo junto con las familias productoras el programa “Más agronomía, más productividad, más calidad”. Entre marzo y julio de 2020 se hicieron cerca de un millón de contactos virtuales a caficultores, adoptando así, una nueva modalidad de atención, basada en el uso intensivo de la tecnología y las herramientas digitales.⁸²

El año 2020, fue un año de grandes retos debido al covid-19, implicó reinventarse, innovar y adaptarse rápidamente a las circunstancias, garantizando siempre la continuidad de la cadena de suministro para cumplir a los caficultores y los clientes. Durante este año, el valor anual del café fue de \$8,7 billones, el mayor en los últimos 20 años. Estos resultados se sustentan con una cosecha cafetera que alcanzó 14,1 millones de sacos de 60 kg, lo que se traduce en 1,7% más que en el año cafetero 2018-2019 y un precio promedio, entre enero y septiembre, de \$1.050.000 por carga de 125 kg de café pergamino seco. En el periodo 2019-2020, el consumo de café en Colombia fue de 2,1 millones de sacos, 12,9% más que el año anterior,⁸² de acuerdo con esto es posible indicar que parte de la reactivación económica en Colombia durante los últimos años se sostiene gracias a que el café ayuda a soportar las bases de la productividad.

7.3. MÉTODOS DE CONTROL USADOS PARA EL TRATAMIENTO DE LA BROCA EN LOS CULTIVOS DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

Con relación a los tratamientos que se han usado convencionalmente, debido a que hace algunos años, no había una diferencia clara entre plaga y enfermedad, y un alto número de agricultores desconocía el proceso de reproducción de la plaga, los controles eran confundidos con matar la broca y la solución propuesta era mediada por el ministerio de salud, que principalmente promovía la aplicación del agente químico Thiodan, que tiene como ingrediente activo endosulfán, esto tuvo una incidencia en la pérdida de peso del grano hasta de un 20% o más dependiendo de algunas características propias del ciclo del cultivo ⁷⁻²⁷ De manera que, frente a esta problemática

fitosanitaria se usan principalmente mecanismos de control, o medidas preventivas, evitando lugares que pueda servir como foco para el desarrollo de plagas, haciendo uso de métodos pasivos que son los elementos que se implementan para que la plaga tenga poco acceso al cultivo y por último los métodos activos que pueden ser físicos, químicos y biológicos.¹¹

El control químico en el cultivo de café: el uso de productos agroquímicos, ha evolucionado en los últimos 10 años, los avances de esta industria han dado origen a moléculas insecticidas pertenecientes a nuevos grupos químicos, los cuales son eficaces a bajas concentraciones y ofrecen un menor perfil toxicológico sobre mamíferos y el ecosistema⁶⁹; esto en respuesta a la necesidad de disminuir el uso de estos productos que han ocasionado problemáticas ambientales en el suelo y en el agua.⁶⁷ Aunque el uso del control químico ha sido predominante, se recomienda que además esté acompañado de otras medidas basadas en prácticas agronómicas, de control cultural y control biológico.⁸⁰

En el caso de la broca, a nivel local se han usado particularmente plaguicidas organoclorados, como el endosulfán que tiene una efectividad del 98%; insecticidas como clorpirifos, pirimifos-metil, malathion y fenitrotión y el Voliam Flexi, compuesto químico dentro del grupo de los organofosforados ha mostrado tener una efectividad del 75%. contra el patógeno, su mecanismo de acción se fundamenta en la acción sistémica, de ingestión y de contacto, estimula la liberación de calcio de las reservas internas de los músculos de los insectos (lisos y estriados) e induce contracción, afectando actividades como la alimentación y movilidad, produciendo parálisis y, finalmente, la muerte de los insectos⁶⁹ También se ha usado phostoxin, que es un fumigante sólido, a base de fosforo de aluminio, carbamato de amonio e ingredientes inertes, usado para el control de diferentes plagas, específicamente se usa en los granos almacenados y productos alimenticios.⁶² De acuerdo con esto y teniendo en cuenta el contexto local, una de las situaciones más críticas es la alta población de broca que en algunas ocasiones se presenta en el campo y ataca los frutos recién formados, esto sumado a que el café tiene muchas floraciones, lo cual se relaciona con la extensión del periodo crítico del ataque de la broca, esto dificulta el uso de una única estrategia de control, en el caso del control

químico, específicamente insecticidas, se necesitaría un mayor número de aspersiones y frecuencia en la aplicación, ocasionando riesgos a los operarios, a la fauna benéfica, generando contaminación ambiental, surgimiento de otras plagas y resistencia a los productos usados.⁸⁰ Frente a esta situación, estudios han demostrado que el control cultural de la broca y el manejo integrado han contribuido de manera importante a disminuir las poblaciones del insecto en campo, en comparación con el uso exclusivo de control químico.⁸¹

En la tabla 2 se observan los cinco insecticidas más usados a nivel nacional, los cuales deben estar avalados por el ICA y a su vez han investigados por CENICAFÉ, es importante resaltar que se deben tener en cuenta varios aspectos para la selección de cualquiera de estos productos; su uso debe hacerse en el momento oportuno, es decir, dentro del periodo crítico del ataque de la broca, se debe aplicar solo la cantidad indicada y hay que respetar el periodo mínimo de carencia del producto para volver a ingresar al lote.⁸⁶

Tabla 2. Características de insecticidas químicos más usados para el control de la broca del café

Ingrediente activo	Grupo químico	Sitio de acción en el insecto	Periodo de carencia (días)
Tiametoxam + chlorantraniliprole (voliam flexi)	Neonicotinoide-diamina antranílica	Sistema muscular y nervioso	14
Cyantraniliprole (preza)	Diamina antranílica	Sistema muscular y nervioso	7
Clorpirifos	Organofosforado	Sistema nervioso	7-30
Fentoato	Organofosforado	Sistema nervioso	14
Fenitrothion	Organofosforado	Sistema nervioso	14

Información tomada de la Brocarta 49 de CENICAFÉ.⁸⁶

El control biológico en el cultivo de café: son una serie de acciones restrictivas naturales, inducidas, directas o indirectas causadas por un

organismo y cuyo objetivo es vigilar los organismos que ocasionan algún tipo de daño en el cultivo, en este caso las plagas. Es decir, el control biológico busca la reducción de la población de la plaga a unos niveles que no causen daños económicos y que garanticen la supervivencia del agente controlador. Se usa como alternativa de los pesticidas, ya que a lo largo de los años se ha evidenciado que el uso de los pesticidas provoca un desequilibrio biológico de múltiples hábitats, riesgo que se disminuye al incorporar el control biológico pues este no emplea insecticidas, lo que da más seguridad al evitar estos productos tóxicos para la salud humana.⁴⁵

Cabe resaltar que además de su amplio beneficio a los cultivos, no produce daño a la fauna benéfica presente en el hábitat de trabajo y además de ser una alternativa para disminuir alguna plaga o su efecto, así como los niveles de contaminación del medio ambiente, evidencia incluso una amplia eficiencia en el control de plagas exóticas, no contamina los productos agrícolas, no genera riesgos para la salud humana y no es costoso para el productor agrícola.⁴⁵

El uso de productos de control biológico ya viene ajustado al tipo de parásito y llegan a ser efectivos contra una amplia gama de insectos, el único inconveniente en el control biológico es que este requiere mucha paciencia, de un personal calificado y entrenado además de requerir un mayor estudio biológico.⁴⁵ Sin embargo el uso exclusivo del control biológico puede tomar más tiempo del esperado en mostrar buenos resultados.

Plaguicidas Biológicos: Los bioplaguicidas son derivados de materiales naturales como animales, plantas, microorganismos y minerales, por lo que generalmente no representan ningún riesgo para la salud humana o el medio ambiente, pues son altamente específicos y en la mayoría de los casos atacan únicamente a su plaga objetivo. Contrario a los pesticidas tradicionales que generalmente son sintéticos y no solo afectan a la plaga objetivo, sino que también afectan a insectos benéficos, vegetación circundante, la vida silvestre e incluso llegan a afectar la vida humana. Sin embargo, se han evidenciado algunos inconvenientes con respecto al uso de bioinsecticidas, por ejemplo en algunos casos estos pueden llegar a ser dañinos para otros organismos que no son el objetivo o bien si se trata de un organismo biorregulador, puede que este

elimine a otro que es importante en la cadena trófica del ecosistema en el cual están inmersos, lo cual repercutirá en la población de individuos que se alimentan del insecto plaga que se está tratando de regular, por estas razones aunque no es muy frecuente que se presenten estas consecuencias, se deben tener precauciones en los casos en que se requiera utilizar un bioinsecticida.⁴⁶

Los bioplaguicidas generalmente se dividen en dos grandes grupos: agentes o plaguicidas microbianos, donde están incluidos las bacterias, los hongos, los virus y los protozoos; y agentes o plaguicidas bioquímicos, que comprenden desde los atrayentes, hormonas, reguladores del crecimiento de plantas e insectos, enzimas y hasta sustancias de señalización química las cuales tienen incidencia en la relación planta-insecto. La mayoría de los insecticidas microbianos son degradados rápidamente después de su aplicación, aunque algunos tienen la capacidad de reproducirse en condiciones de campo.⁴⁷

Para el caso de los plaguicidas microbianos, el grupo de microorganismos entomopatógenos como bacterias, hongos, virus y nematodos es variado y diverso, cada uno de estos microorganismos se compone de un número de organismos que es específico en su manera de infectar en relación con el sitio en que se replican, y el mecanismo patogénico; Además es importante resaltar que, mientras que algunos patógenos presentan rangos de hospederos muy amplios, la mayoría prefieren ciertas especies de insectos, lo cual también influye de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo del insecto huésped.⁴⁸

Para la formulación de un plaguicida microbiano, se utilizan patógenos efectivos y altamente específicos, además debe contar con un alto grado de patogenicidad contra una o más plagas de un cultivo de importancia económica o social, lo cual permite asegurar un buen mercado. De acuerdo con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, (Agrosavia) el uso de los plaguicidas biológicos se ve reflejado en la economía y productividad para el cultivador, y se lleva a cabo mediante sistemas de rotación donde se trata la aparición de larvas o insectos en la planta^{49,50}

Manejo Integrado: es un enfoque de control de plagas que busca armonizar la eficiencia en el control, la responsabilidad socioambiental y la productividad;

en el contexto específico del cultivo de café se conoce el MIP como “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” las medidas de control que se utilicen deben ser compatibles y no causar efectos negativos en la comunidad local de la zona, a la fauna, ni contaminar el ecosistema cafetero”.³¹ Particularmente en el cultivo de café, y en control de la broca, las prácticas que se usan en el manejo integrado de *H. hampei* incluyen en primer lugar examinar las cerezas flotantes y las cerezas que quedan en el árbol ya que es en los frutos donde se concentran las poblaciones de la broca, una vez se encuentre la plaga se debe matar y colocar en un recipiente sellado para su examinación para su correcta identificación, de esta manera, se evita su propagación a nuevas áreas.⁶²

Los **métodos manuales** son preventivos si se aplican después de la cosecha, pero también se puede aplicar después de la fructificación, la técnica se llama “pepena y repela” y se basa en la eliminación de las hembras de la intercosecha presentes en los frutos, estos se pueden usar o desechar; si se van a usar se debe descartar si tiene broca, hirviendolos por cinco minutos.⁶² El **control químico**, se ha reconocido como la mejor y a la vez la peor solución al problema, por un lado se considera la mejor estrategia porque actúa con mayor rapidez y tiene mayor confiabilidad sin embargo la principal desventaja radica en el impacto ambiental que puede ocasionar.⁶² En ese sentido el **control biológico** se ha venido implementando con mayor frecuencia en respuesta a los daños ambientales derivados del uso de agroquímicos; este tipo de control principalmente se ha venido realizando con *B. bassiana*, que se ha convertido en parte de la estrategia de manejo integrado de la plaga de la broca, y su uso ha sido recomendado por diferentes autoridades de asistencia técnica como Cenicafé y la FNC en Colombia.¹² Las **prácticas culturales** consisten en la modificación del ambiente para que la broca reduzca el daño, por ejemplo el control de la maleza, una fertilización adecuada, y la limpieza inmediata después de la cosecha. ⁶²

Tabla 3. MIP para el control de la broca en el departamento del Tolima

<p>Control mecánico o manual</p>	<p>Con este método se puede vigilar y mitigar los ataques de la broca especialmente a futuras cosechas. Dentro de las principales ventajas está el aumento de la producción, el rendimiento y la calidad del café.</p> <p>Se considera la práctica más importante para controlar el insecto a niveles bajos económicamente. Se recolectan todos los frutos que quedaron en los arbustos una vez terminada la cosecha (recolección sanitaria) y se recogen todos los frutos que cayeron al suelo.</p>
<p>Control biológico</p>	<p>Consiste en optimizar la utilización de los microorganismos que sirven para atacar la broca. Entre ellos pueden mencionarse otros insectos, hongos, nematodos y plantas para controlar la broca, estos no alteran el medio ambiente, los recursos naturales ni la salud humana.</p>
<p>Prácticas agronómicas</p>	<p>Fertilización clave para obtener plantas fuertes, vigorosas y saludables, mayor fructificación, mejores rendimientos, mejorar la calidad del grano y estabilizar la floración.</p> <p>Encalado del suelo se aplica carbonato calizo al suelo, para reducir problemas de acidez del mismo.</p> <p>Regulación de la sombra logra crear un ambiente desfavorable para el insecto y uno más favorable para el café. La sombra inadecuada e ineficiente favorece la sobrevivencia de la broca.</p> <p>Poda de cafetos se refiere al manejo de los arbustos de café para mejorar su reproducción a la vez que provocamos un ambiente no favorable a la broca.</p> <p>Control de malezas esto ayuda a que pueda entrar mejorar la entrada de luz, y a que los frutos que se encuentran en el piso se sequen, esto complica la supervivencia de la broca.</p>

Información tomada de Ecos del Café ²⁶

Todas estas estrategias, son fundamentales para prevenir, mitigar y controlar el insecto, con el propósito de que el cultivo de café no se vea afectado por esta problemática fitosanitaria, y asimismo contribuir con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente usando alternativas que disminuyan el uso de

tratamientos con base en formulaciones químicas y/o productos que tenga un impacto ambiental negativo, es por esto que los bioinsecticidas están tomando cada vez una importancia mayor.¹² Los estudios sobre la broca del café durante los últimos años, han permitido conocer en detalle su sistema de vida, sus debilidades, diversos métodos de control y esencialmente analizar holísticamente el ecosistema para proponer a los cafeteros soluciones prácticas y viables de manejo de la finca, con el fin de seguir produciendo café de calidad.³¹

7.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS SOCIOAMBIENTALES DEL USO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE LA BROCA EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

El departamento del Tolima presenta particularidades que lo convierten en un territorio con diferentes niveles de desarrollo, diferentes potencialidades y necesidades; particularidades que se evidencian en indicadores como valor agregado municipal e ingreso per cápita municipal, en ese sentido es importante analizar cuáles son las ventajas y/o desventajas de consolidar una estrategia de manejo integrado con base en el uso de hongos entomopatógenos contra el insecto causante de la broca en el cultivo de café. Uno de los principales aspectos a considerar es que el 60% de las más de dos millones de hectáreas que conforman el departamento son aptas para la producción agropecuaria, lo cual es un alto porcentaje del departamento, una razón importante para buscar estrategias de manejo que permitan el uso sostenible de los recursos, con el fin de garantizar la producción y la seguridad alimentaria.⁷⁹

Se conoce que el uso de plaguicidas biológicos tiene ventajas que podrían contribuir con el manejo sostenible de los cultivos, por otra parte también hay suficiente evidencia sobre las consecuencias del uso de productos químicos en el suelo y el medio ambiente en general y la salud humana.⁷⁸ En el medio ambiente este daño está dado por la aplicación directa sobre el cultivo, por ejemplo los derrames accidentales que se esparcen por el suelo convirtiéndose en un contaminante para animales, plantas y muchas veces también para el

agua de consumo humano, representando a su vez un riesgo para la salud pública.⁵¹

Las problemáticas ambientales asociadas al uso de productos agroquímicos, específicamente para el control de la broca, y relacionadas con el agua, han evidenciado que estas sustancias químicas pueden ser resistentes a la degradación, y en consecuencia, persistir por largos períodos de tiempo en las aguas subterráneas, superficiales y en el suelo, en el caso del aldrín por ejemplo, se ha encontrado incluso hasta después de 4 años, el toxafeno permanece hasta 10 años después de su aplicación y el hexaclorobenceno se conserva durante 11 años.⁵¹ Una vez en el agua y/o en el suelo, dichas sustancias y sus metabolitos se vuelven biodisponibles para los organismos acuáticos expuestos, y dependiendo de su solubilidad, se bioacumulan en sus tejidos. Estos organismos son consumidos por animales y personas. Por lo tanto, el uso de plaguicidas cerca de fuentes hídricas somete a un elevado riesgo al ecosistema, a sus especies y a los organismos que dependen de él.⁸⁸

Sin embargo el uso de los agroquímicos, se ha relacionado no solo con los problemas ambientales, descritos anteriormente, sino también con afectaciones en la salud humana, tal como lo evidencian algunos estudios que han encontrado en el uso de plaguicidas organoclorados como el heptacloro y en endosulfán, un factor de riesgo asociados con el hipotiroidismo.^{83,84} De acuerdo con esto, varias investigaciones se han realizado con el fin de determinar los efectos en la salud que podrían tener estos agroquímicos, específicamente plaguicidas o insecticidas y se ha encontrado que para el caso del endosulfán, a largo plazo se podría evidenciar nefrotoxicidad, hepatotoxicidad, toxicidad paratiroidea, pérdida de la memoria y daño cerebral difuso, en animales incluso se ha reportado ceguera que se revierte cuando cesa la exposición.⁸⁵ También es importante resaltar que todas las vías de exposición a agroquímicos son perjudiciales, en varios estudios agricultores relataban síntomas frecuentes agudos como intoxicaciones, dolores de cabeza, náuseas, vómitos, dolores de estómago y diarreas. La intensidad de estos efectos sobre la salud depende del tipo de plaguicida y su grado de toxicidad, cantidad o dosis de exposición hasta

llegar a un efecto crónico cuando el contacto se extiende por un periodo de tiempo prolongado.²⁵

Por otra parte, es importante conocer las ventajas y desventajas (Tabla 4) del uso de controladores biológicos; uno de los principales aspectos positivos se relaciona con la importancia que tiene el uso de biocontroladores en el desarrollo de programas de manejo integrado, lo cual representa beneficios importantes para el medio ambiente, la salud, la seguridad alimentaria y la calidad de vida. Con relación a las ventajas ambientales, el uso de biocontroladores evita la disminución de poblaciones de insectos con funciones ecológicas importantes en los agroecosistemas, lo que no ocurre con el uso de agroquímicos, que implica el ataque no solo a los insectos plaga sino también a los que no tienen ninguna afectación en el cultivo. Es importante resaltar que en particular sobre este tema hay desconocimiento, tanto de los insectos como la broca que atacan el cultivo de café, como de los insectos benéficos asociados a los agroecosistemas cafeteros, debido a esto ocurren situaciones como el uso desmedido de productos químicos, como la aplicación de caldo bórdales y sulfato de cobre, en respuesta a la presencia de supuestas “plagas”.⁵⁷

Sin embargo con relación a lo descrito anteriormente el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* también puede tener impactos negativos, se ha encontrado a *B. bassiana* capaz de causar infección muscardina en insectos, afecta también al gusano de seda; existe literatura que afirma que las larvas del gusano de seda infectadas con la inoculación de éste hongo mueren en su totalidad, lo cual lleva a tener precaución durante la aplicación del bio insecticida sobre todo en lugares cercanos al donde se registren actividades de sericultura.³⁸ En ese sentido el uso de entomopatógenos podría considerarse como una desventaja sustancial en el uso de biocontroladores en la zona del Tolima.

Tabla 4. Síntesis de ventajas y desventajas del uso de *Beauveria bassiana*.

AUTOR (ES), AÑO Y ARTÍCULO	VENTAJAS BEAUVERIA	DESVENTAJAS BEAUVERIA
Cuervo Mulet RA, López Villalobos ID, Trujillo Perdomo JF, Fernández Daza FF, Vélez-Correa SL. (2018) Riesgos en salud laboral asociados al uso de un bioinsecticida con esporas de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Trichoderma lignorum</i> .	No genera altos riesgos para la salud humana.	Infección muscardina en gusanos de seda atribuidos al uso de <i>B. bassiana</i> .
Tofiño A, Ortega M, Pedraza B, Perdomo S, Moya D. (2018) Efectividad de <i>Beauveria bassiana</i> (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino <i>Rhipicephalus microplus</i> en el Departamento de la Guajira, Colombia.	Una alta concentración de conidias de <i>B. bassiana</i> , garantiza la mortalidad del 100 % de las garrapatas, tras una semana de tratamiento.	Condiciones climatológicas con humedades bajas, disminuyen la actividad infectiva de <i>B. bassiana</i> .
Malpartida J, Narrea M, Dale W. (2013) patogenicidad de <i>beauveria bassiana</i> (bals) vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá dione juno (cramer) (lepidoptera: nymphalidae) en laboratorio.	El uso de <i>B. bassiana</i> disminuye considerablemente el apetito foliar del gusano Dione juno.	Al ser estudios realizados en el laboratorio, no se garantiza la misma efectividad de <i>B. bassiana</i> sobre Dione juno bajo condiciones de campo, por lo cual es necesario determinar la concentración de conidias para cada caso particular.
Villamil JE, Martínez JW. (2014) Evaluación de aislamientos nativos de <i>Beauveria spp.</i> sobre <i>Tecia solanivora</i> (lepidóptera: Gelechiidae) in vitro.	Las esporas de <i>Beauveria</i> , tienen la capacidad de adherirse al cuerpo de las larvas.	El estadio larval influye en la efectividad del tratamiento con <i>Beauveria</i> .
Arrubla P, Cárdenas M, Posada F. (2010) Efecto de la humedad relativa sobre la germinación de las esporas de <i>Beauveria bassiana</i> y la patogenicidad a la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i> .	La humedad relativa no afecta la patogenicidad de las esporas de <i>Beauveria bassiana</i> , por lo cual pueden ser empleadas como métodos de control en zonas cafeteras.	

Información tomada de las referencias de la presente monografía titulada: retos y perspectivas del uso de beauveria bassiana para el control de Hypothenemus hampei en zonas cafeteras del Tolima, Colombia.

VENTAJAS BEAUVERIA		
Manejo Integrado de la Broca del Café	Enemigos naturales son usados para atacar la broca	Bustillo p, a.e. Cárdenas m, r.Villalba g. Benavides m, p. Orozco h.j. Posada f, f.j. 1998
Bioformulado de <i>Beauveria bassiana</i> (ATCC MYA-4886) y <i>Trichoderma lignorum</i> (ATCC-8751) como biocontrolador de <i>Atta cephalotes</i>	La estrategia se dirige a una especie de plaga en particular Y tiene mejor efecto a largo plazo	Rodríguez, Suarez Y palacio (2014)
	No son perjudiciales para la salud humana ni para el ecosistema	María Belén Acosta
De la humedad relativa sobre la germinación de las esporas de <i>beauveria bassiana</i> y la patogenicidad a la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i>	Una vez la broca entra en contacto con el hongo, se vuelve muy susceptible	Posada et al. 2002
DESVENTAJAS		
Eficiencia de <i>Beauveria bassiana</i> en el control de la broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari), según producto Comercial y dosis de aplicación.	Es sensible a altas temperaturas y el tiempo de acción dura más respecto a los agroquímicos	Ángel Y, Rafael J, Ing L, Ebis M,
Diagnóstico del manejo integrado de la broca, <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae), con caficultores Caldenses.	Solo se puede aplicar en una etapa específica de infestación de la broca	Aristizábal A LF, Vélez S JC, León B CA.
Riesgos en salud laboral asociados al uso de un bioinsecticida con esporas	Su alta efectividad solo se logra con la dosis y aplicación adecuada	Raúl Alberto Cuervo-Mulet. Iván Darío

de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Trichoderma lignorum</i>		López-Villalobos. James Frank Trujillo-Perdomo. Fabián Felipe Fernández-Daza
Protocolos para formulación y aplicación del bioinsumos: <i>beauveria bassiana</i> , hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras (ysaú)	Debe tener un buen almacenamiento La formulación comercial debe tener una germinación superior al 85% en 24 horas	Hernán Chiriboga P. Graciela Gómez B. Karla Garcés E.

Según estudios llevados a cabo por CENICAFÉ, este hongo también puede llegar a causar infección sobre *Monalonion velezungeli* o más conocido como chinche de la chamusquina del café. Se ha conocido también, que el uso de *Beauveria bassiana* como biocontrolador, puede llegar a ocasionar daños en otros insectos que están plagando diferentes cultivos, como es el caso del picudo del algodón *Anthonomus grandis*, picudo del plátano *Cosmopolites sp* y *Stenoma sp.*, *Opsiphanes sp.*, *Leptotharsa sp*, que afectan a la palma de aceite.³⁹

De acuerdo con lo anterior, el desconocimiento sobre los efectos en otros insectos que podría tener el uso de *B. bassiana*, hace que el control o medida más eficiente que se puede implementar mientras se instruyan e integran métodos más efectivos se basa sobre todo en el cuidado y buen manejo del cultivo, y en el uso de prácticas agrícolas culturales como la técnica denominada RR (reparar y recoger).⁵⁷ Sin embargo, teniendo en cuenta que la intensificación del café impacta la biodiversidad ya que degrada la cobertura vegetal, reduce el número de animales, plantas, vegetación en la zona de plantación, y disponibilidad de alimentos, es importante evaluar los sistemas de producción de café en el departamento.

Es por esto que podrían promoverse en la comunidad local estrategias basadas en la agricultura ecológica, con el fin de hacer frente a las desventajas que

podrían existir con el uso exclusivo de *B. bassiana* como controlador biológico. Estrategias como la implementación de policultivos, la rotación de cultivos, el uso de abonos verdes y sistemas agroforestales, parches y cercas podrían ser una alternativa, pues permiten el manejo de la biodiversidad de forma estratégica, aumentando las poblaciones en los ecosistemas, esta diversificación podría asegurar una mejor polinización y una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas.⁹³

Con relación al café, el policultivo se ha realizado sembrando esta especie en el bosque o ecosistema original, en compañía de otro tipo de cultivos, como frutales y maderables, este sistema de cultivo se caracteriza por ser más complejo,⁹² sin embargo ofrece ventajas a nivel socioambiental que podrían beneficiar a la comunidad local, se ha encontrado por ejemplo, que mejoran la nutrición de los suelos y permite la conservación de los mismos, además ofrece alternativas económicas diversas para las familias, lo cual es importante en caso de sufrir afectaciones fitosanitarias en el cultivo de café, pues el sustento monetario de la familia no dependerá exclusivamente de un solo cultivo.^{16,18} También podría evaluarse el uso del policultivo comercial donde los árboles originales del bosque son reemplazados por otras especies útiles para el sombrío por ejemplo,⁹¹ sin embargo ante la crisis ambiental que existe en la actualidad es mejor velar por el cuidado de los ecosistemas nativos.

8. CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta el contexto socioambiental en el departamento del Tolima el cultivo del café es una de principales actividades económicas, y el sustento de muchas familias, por tal motivo es importante el control de la plaga *Hypothenemus hampei*, ya que este puede dañar por completo el grano de café, muchas prácticas de cultivo pueden incidir positivamente o negativamente, además, los avances investigativos permiten al caficultor recomendaciones a implementar.
- Con relación a los métodos de control usados en el cultivo de café en el departamento del Tolima el manejo integrado de plagas contiene prácticas culturales, biológicas, agronómicas y químicas, enfocadas a la

reducción de poblaciones de insectos (plaga) a niveles que no causen daño económico, permitiendo la producción y comercialización, en equilibrio con el medio ambiente.

- La principal ventaja del uso de entomopatógenos en el departamento del Tolima en cuanto a los biológicos producidos comercialmente es que no afectan en la salud tanto humana como animal, es decir, no destruye los insectos benéficos, no contaminan el medio ambiente y tiene la capacidad de biodegradarse. Por otro lado, posibilita la germinación en un menor tiempo, se reproduce y renueva en forma continua, se pueden aplicar mezclas de hongos entomopatógenos con dosis subletales para poder lograr los efectos sinérgicos.
- Al hacer uso de *Beauveria bassiana* no se requiere periodo de carencia después de la aplicación como en los productos químicos, debido a que el hongo es un organismo vivo que interactúa con la broca mas no con el fruto, lo cual resulta ser una de las principales ventajas del mismo. Además, éste hongo en especial tiene beneficio frente a su mecanismo de acción, puesto que no necesita ser ingerido por el insecto para controlarlo.
- Es importante mencionar que una desventaja relevante en el uso de entomopatógenos es la sensibilidad a la variación de las condiciones climáticas como temperaturas extremas, la luz ultravioleta y desecación, además requiere exigentes condiciones de almacenamiento, se sabe que los insecticidas de tipo biológico no matan instantáneamente. En cuanto a la aplicación en campo depende mucho de la elección de los equipos de aspersión, el momento oportuno, la concentración y la calidad del producto.
- Los principales retos están asociados al desconocimiento por parte de los caficultores, lo cual se relaciona con ciertas desventajas económicas, puesto que hacer ésta transición de agroquímicos a entomopatógenos, implica gastos económicos para capacitar al personal encargado de los cafetales, pues introducir éste método sin la correcta educación puede conducir al fracaso en el control de la plaga.
- Después de evidenciar perspectivas de los diferentes artículos leídos, se puede determinar que son muchos los retos que influyen en el

conocimiento de los caficultores y por ende en los resultados de sus cosechas al no tener miras hacia el futuro de lo mucho que pueden lograr y obtener con producciones de alta calidad llevado a cabo por el buen manejo integrado. Además de que los caficultores del tolima son dados a tomar en cuenta las recomendaciones por parte de los extensionistas del sector pero no ponerlas en práctica, muchas veces porque persistir en la utilización de los agroquímicos, no tienen los recursos para la mano de obra u otras porque no ven la producción como una empresa sino como sustento para sus familias.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Legrand, Catherine. Colonización y protesta campesina en Colombia (1850-1950). Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes; 2016. [citado 12 junio 2021]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xy2RDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=+A+nivel+mundial,+el+cafe+se+cultiva+en+m%C3%A1s+de+70+pa%C3%ADses+y+su+expansi%C3%B3n+se+ha+dado+desde+1850&ots=BIVcWTqwMM&sig=5rIAPtq2SeLyD528F7IJGJ9Y51c#v=onepage&q&f=false>
2. Cenicafe.org.2018. [internet] [citado 23 julio Sep 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/901/1/arc039%2802%2943-60.pdf>
3. Delgadillo Núñez JE. La esclavitud, la abolición y los afrodescendientes: memoria histórica y construcción de identidades en la prensa mexicana, 1840-1860. Historia Mexicana [Internet]. 2019 [citado el 24 de julio de 2022];69(2):743–88. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-65312019000400743
4. Federación Nacional de Cafeteros. Sostenibilidad. Cundinamarca [Internet]. Federaciondecafeteros.org. 2019 [citado 24 julio 2021 Sep 18]. Disponible en <https://cundinamarca.federaciondecafeteros.org/sostenibilidad/>

5. Campos GE. Diagnóstico del problema denominado “chamusquina” en cafetales de altura del departamento del huila [Internet]. Edu.co:8080. [citado el 8 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/728/DIAGN%C3%93STICO%20DEL%20PROBLEMA%20DENOMINADO%20E2%80%9CCHAMUSQUINA%E2%80%9D%20EN%20CAFETALES%20DE%20ALTURA%20DEL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20HUI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. barrera JF. La broca del café en América tropical: hallazgos y enfoques. 2018. [internet] Cabi.org [citado 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Perez-2006-Coffee-berry-borer.pdf>
7. Duarte CX FVF. Evaluación de un sistema de oxidación por fotocátalisis para la degradación del plaguicida "Thiodan 35 EC" (i.a. Endosulfán) a nivel de laboratorio [Internet]. Edu.co. [citado agosto 18 2021]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1288&context=ing_ambiental_sanitaria
8. Rojas PA. El papel de la educación no formal en el desarrollo rural: análisis de la incidencia del programa de multiplicadoras de salud y bienestar rural, en la comunidad beneficiaria del municipio de Líbano, Tolima. 2007 [citado el 18 de agosto de 2021]; Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/213>
9. Triana MC. Estudio sobre la repelencia y atracción en la broca del café como herramienta para el manejo agroecológico en los cafetales colombianos. [Internet]. Edu.co. 2018. [citado el 18 de agosto de 2021]. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/9724/1/CastroAna_2018_CafeHerramientaAgroecologicoCafetalesColombianos.pdf
10. Alianza SIDALC [Internet]. Sidalc.net. [citado el 23 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=014212>

11. Marenas, P. Aspectos a considerar en el control de plagas urbanas. 2012 [citado el 1 de septiembre de 2021]; Disponible en: https://www.euskadi.eus/web01-a2ingsan/es/contenidos/informacion/control_plagas/es_plaga/medidas.html
12. Góngora Botero CE, Marín PM, Machado PB. Claves para el éxito del hongo *beauveria bassiana* como controlador biológico de la broca del café [Internet]. Cenicafe.org. [citado el 2 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0384.pdf>
13. Carrillo M,T. Blanco A. Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos plaga [Internet]. Redalyc.org. [citado el 2 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41611810005.pdf>
14. Dannon HF, Dannon AE, Douro-Kpindou OK, Zinsou AV, Houndete AT, Toffa-Mehinto J, et al. Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. J Cott Res [Internet]. 2020;3(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s42397-020-00061-5>
15. Cadena de café. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales 1° Trimestre 2020 [Internet]. Gov.co. [citado el 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cafe/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
16. Sarandón F&., Flores CC, Sarandón SJ. CAPÍTULO 13 MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD EN AGROECOSISTEMAS [Internet]. Edu.ar. [citado el 30 de marzo de 2022]. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/50837/mod_resource/content/1/Cap%C3%ADtulo_13_manejo_de_la_biodiversidad.pdf
17. El Ganadero. Las ventajas de los 'plaguicidas biológicos' en el campo. [Internet]. 03 enero de 2013. [citado 23 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/agricultura/las-ventajas-de-los-plaguicidas-biologicos-en-el-campo#:~:text=Los%20plaguicidas%20biol%C3%B3gicos'%20,%20caf%C3%A9%20ma%C3%ADz%20y%20forestales.>
18. Esteban Escamilla-Prado, Juan Á. Tinoco-Rueda, Hugo Alberto Pérez-Villatoro, Ángel de Jesús Aguilar-Calvo, Rufo Sánchez-Hernández

- y Diana Ayala-Montejo. Transformación socioecológica en el agroecosistema café afectado por roya en Chiapas, México. Rev. Fitotec. Mex. [Internet]. 2021. Vol. 44 (4): 643 - 653, 2021 [citado el 1 de abril de 2022] Disponible en: <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/899/855>
19. Alvarado V,R. Manejo agronómico del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero, variedad Parainema, San Juan del Rio Coco, Madriz, Nicaragua, 2019. Universidad Nacional Agraria; 2020.[Citado 21 septiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4231/>
20. Researchgate.net. [citado el 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Luis-Constantino/publication/341980734_Plagas_del_cafe_broca_minador_cochinillas_harinosas_aranita_roja_y_monalonion/links/5edc103a299bf1c67d4ac77a/Plagas-del-cafe-broca-minador-cochinillas-harinosas-aranita-roja-y-monalonion.pdf
21. Zabala -Cenipalma A. Marzo 2021 Edición 75 [Internet]. [citado 24 septiembre]. Disponible en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/boletin_agroclimatico_nacional_-_marzo.pdf
22. Guillermina Hernández-Vigoa, Grisel de la Caridad Cabrera-Dávila, Irma Izquierdo-Brito, Ana América Socarrás-Rivero, Luis Hernández-Martínez y Jorge Alberto Sánchez-Rendón. Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos. Revista Pastos y Forrajes [Internet]. 2018. vol.41 no.1 Matanzas ene.-mar. 2018.[citado el 1 de abril de 2022] Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S086403942018000100001&script=sci_arttext&tlng=pt
23. Constantino LM. Control natural factores bióticos. En: El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano. Cenicafé; 2020. p. 36–67. [citado 25 sep 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4235/1/CAP3.pdf>
24. Finagro. boletín agroclimático nacional. Com.co. [citado el 29 de sep de 2021]. Disponible en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/boletin_agroclimatico_nacional_-_marzo.pdf

25. Jiménez Quintero CA, Pantoja Estrada AH, Leonel HF. Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca “La Pila.” Universidad y Salud. 2016.[citado el 29 de sep de 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v18n3/v18n3a03.pdf>
26. Manejo Integrado de la Broca del Café [Internet]. Uprn.edu. [citado el 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://academic.uprn.edu/mmonroig/id68.htm>
27. Sanabria-Gómez SA, Caro-Moreno JC. Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: el rol de la Federación Nacional de Cafeteros. Rev Esc Adm Neg. 2020;(88):223–41.[citado 10 octubre 2021]. Disponible en <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/2624>
28. Lagos TC. Criollo H. Garcia J. Muñoz J. Lopez J. Benavides V. Delgado J. El cultivo del café (coffea arabica L.) en Nariño [Internet]. Edu.co. [citado el 23 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://sired.udenar.edu.co/6518/1/CARTILLA%20DIVULGATIVA%202020%20OK.pdf>
29. Bustillo P A. Desarrollo de un programa de manejo integrado de la broca del café: Hypothenemus hampei (Ferrari) en Colombia. Chinchina Caldas Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia ;Cenicafé; 1998.[citado el 17 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/848>
30. Noscue E,A. Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café [Internet]. Edu.co. [citado el 17 de noviembre de 2021]. Disponible en:<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2654/52860556.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. Nuestras Publicaciones, Revista Cenicafe [Internet]. Cenicafe.org. [citado el 19 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/revista_cenicafe/publicaciones_cenicafes_journal_vol_72_no._1_of_2021
32. Ceceña C, González D, Grimaldo O, Sandoval PR, Camacho OT, Durán D. Eficacia de entomopatógenos en el control de mosca blanca en algodónero en el DDR 014 [Internet]. Google Books. OmniaScience;

- 2017 [citado el 2 de abril de 2022]. Available from: <https://books.google.com.co/books?id=y5Q6DwAAQBAJ&pg=PA19&lpg=PA19&dq=la+conidia+se+adhiera+a+l>
33. González JP. control etológico de la broca (*hypotheremus hampei*; scolytinae) del café, colomba costa cuca, Quetzaltenango 2010-2011. Edu.gt. [citado el 21 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/04/Queme-Juan.pdf>
34. Lora-Freyre RJ, Pellicer-Durán RG. Influencia de la broca (*Hypothenemus hampei*) y de las atenciones culturales en el rendimiento del café. Anu. 2014;5:213–24. [Citado 4 diciembre 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/q06kol3q-influencia-broca-hypothenemus-hampe-atenciones-culturales-rendimiento-cafe.html>
35. Nava E, García C, Camacho JR, Vázquez. El bioplaguicida: una opción para el control biológico de plagas. Revista Ra Ximhai [Internet]. Diciembre 2012. 8, 3b, pp. 17-29 [Citado 4 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
36. Fernández S, Cordero J. Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en condiciones de laboratorio. Bioagro-. 2007;19(1):35–40.[Citado 6 diciembre 2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612007000100005
37. Arias, E.P. CICLO BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867)), EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN TINGO MARÍA Edu.pe. [citado el 6 diciembre de 2021]. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1396/EPAT_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
38. Cuervo Mulet RA, López Villalobos ID, Trujillo Perdomo JF, Fernández Daza FF, Vélez-Correa SL. Riesgos en salud laboral asociados al uso de un bioinsecticida con esporas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma lignorum*. entramado [Internet]. 30 de junio de 2018 [citado 9 diciembre

- 2021];14(2):244-55. Disponible en:
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/4762>
39. Agroactivo. Adral insecticida biológico Beauveria bassiana hongo entomopatígeno [Internet]. 2017 [citado el 7 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal-alimentos-saludables/insecticidas-biologicos/insecticidas-microbiologicos/beauveria-bassiana-adral/>
40. Rojas, J,E. Aplicación de hongos entomopatógenos (beauveria bassiana y metarhizium) en el control de insectos comedores de hoja en el cultivo de ají charapita (capsicum chinense) en aguaytía. [citado el 7 de enero de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2117>
41. Gov.co. Tolima tierra de encanto [citado el 7 de enero de 2022]. Disponible en:
https://www.tolima.gov.co/images/pdf/REVISTA_TOLIMA_TIERRA_DE_ENCANTO_2021.pdf
42. cenicafe. recolección de café. org. [citado el 7 de enero de 2022]. Disponible en:
https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_19_recoleccion_de_cafe.pdf
43. Moreu MA. Ocurrencia natural de hongos entomopatógenos como alternativa para el manejo de plagas en el agroecosistema cafetero del municipio Manaure Cesar. [Internet]. Edu.co. 2019. [citado 7 de enero 2022]. Disponible en:
<http://unividafulp.edu.co/repositorio/files/original/aa1482126985fde58e9c1577b075ee9a.pdf>
44. Infante D. Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). J Agric Food Chem. 2018. [Cited 15 January 2022] 66(21):5275–80. Available in: [https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.7b04875#:~:text=Coffee%20berry%20borer%20control%20has,bassiana\)%2C%20and%20insect%20traps](https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.7b04875#:~:text=Coffee%20berry%20borer%20control%20has,bassiana)%2C%20and%20insect%20traps).

45. Ica.gov.co. Instituto colombiano agropecuario. Resolución No. 00375. 2021 [internet] [Citado 13 de enero 2022]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resolucion-375-de-2004.aspx>
46. Facundo EP. Determinar la eficacia de dos extractos vegetales y dos tipos de hongos entomopatógenos para el control de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleóptera: Curculionidae) en el cultivo de café orgánico, distrito de San Miguel de Faique Huancabamba-Piura, 2017 [Internet]. Edu.pe. [citado 14 de enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1259/AGR-FAC-PUE-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. Fernández-Cortés Y, Sotto-Rodríguez KD, Vargas-Marín LA. Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Prod limpia* [Internet]. 2020 [citado el 28 de enero 2022];15(1):93–110. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-0452020000100093
48. Liu JF, Zhang ZQ, Beggs JR, Wei XY. Influence of pathogenic fungi on the life history and predation rate of mites attacking a psyllid pest. *Ecotoxicol Environ Saf.* [online] 2019. [Cited 5 february 2022] 183(109585):109585. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651319309169>
49. Ximhai R. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* [Internet]. Edu.mx. [citado el 13 de enero 2022]. Disponible en: <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-25barticulosPDF/3%20NAVA-PEREZ.pdf>
50. Lezaun J. Broca del café, el enemigo principal de los cafetales. *CropLife Latin America*. [Internet]. abril 2016. [Citado 13 de enero 2022]. Disponible en: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>

51. Delgado M. Hongos entomopatógenos para la bioregulación de poblaciones de insectos plaga y nematodos. ORBIOTEC SAS. [Internet] 2019. [Citado 1 febrero 2022] Disponible en: https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Hongos_entomopatogenos_para_la_bioregulacion_de_poblaciones_de_insectos_plaga_y_nematodos
52. Puerto Rodríguez A, Suarez S, Palacio D. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud; diciembre de 2014. [Citado 1 febrero 2022]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010
53. Tofiño A, Ortega M, Pedraza B, Perdomo S, Moya D. Efectividad de *Beauveria bassiana* (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en el Departamento de la Guajira, Colombia. *Revista Argentina de Microbiología*. 2018 [citado 1 febrero 2022]; 50 (4): 426-430. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.10.005>
54. Taxonomía del café. Yo Amo el Café de Colombia [Internet]. Bogotá D.C.: Vanegas F; 2016 [actualizado 30 ago 2017; citado 4 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.yoamoelcafede colombia.com/2016/08/31/taxonomia-del-cafe/>
55. Malpartida J, Narrea M, Dale w. PATOGENICIDAD DE *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., SOBRE EL GUSANO DEFOLIADOR DEL MARACUYÁ *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) EN LABORATORIO. *Ecología Aplicada*, 2013 [citado 4 febrero 2022]; 12(2): 75-81. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v12n2/a02v12n2.pdf>
56. Villamil JE, Martínez JW. Evaluación de aislamientos nativos de *Beauveria* spp. sobre *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in vitro. *Revista de ciencias Agrícolas*, 2014 [citado 5 febrero 2022]; 31(1): 92-105. Disponible en: <file:///C:/Users/cla/Downloads/Dialnet-Evaluacion Aislamientos Nativos BeauveriaSppSobre-5104168.pdf>

57. Cauca S, Alegría P. Implementación de prácticas agronómicas para el manejo técnico del cultivo de café Coffea arábica en el municipio de La Sierra Cauca [Internet] Edu.co. [citado el 5 febrero 2022]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1230&context=ingenieria_agronomica.
58. Romero C,J. Aproximación al reconocimiento de los depredadores y parasitoides benéficos asociados al cultivo de café (Coffea arabica) en Sylvania (Cundinamarca-Colombia): una estrategia para que los caficultores valoren la biodiversidad. 2015. [citado el 5 febrero 2022] Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1884/TE-18743.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
59. Ángel I, Rafael J, Ing L, Ebis M, Lic D. Eficiencia de Beauveria bassiana en el control de la broca del café (Hypothenemus hampei Ferrari), según producto comercial y dosis de aplicación. IICA.int. [citado el 8 febrero 2022]. Disponible en: <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Martes%2030%20abril/7-Eficiencia%20de%20Beauveria%20Bassiana.pdf>
60. Correal CE, Aracelly L, Torres T, Fernanda L, Rivero V, Enrique A, et al. Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga Chapter 6 Entomopathogenic fungi in insect pests biological control [Internet]. Agrosavia.co. [citado el el 8 febrero 2022]. Disponible en: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/21/13/166-1?inline=1>
61. Cárdenas-Ramírez ÁB, Villalba-Guott DA, Bustillo-Pardey ÁE, Montoya-Restrepo EC, Góngora-Botero CE. EFICACIA DE MEZCLAS DE CEPAS DEL HONGO Beauveria bassiana EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ [Internet]. Cenicafe.org. [citado el 4 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2804%29293-303.pdf>
62. Pavone D. Beauveria bassiana [Internet]. TECNOVITA. 2021 [citado el 16 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://tecnovitaca.com/beauveria-bassiana/?fbclid=IwAR1PYskEpUVyn0DuSQSAe4XcOWaHST9BvlwLHP8nUSY6RfDjGEkBuJUvmnY>

63. Decazy B, Castro MT. El manejo integrado de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*, Ferrari: manual técnico. ica.int [Internet]. 2019 [cited 2022 Mar 16]; Available from: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11873>
64. Comité Departamental de Cafeteros del Tolima [Internet]. Federaciondecafeteros.org. [citado el 16 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://federaciondecafeteros.org/static/files/Tolima4.pdf>
65. Sostenibilidad - Federación Nacional de Cafeteros Tolima [Internet]. Federación Nacional de Cafeteros Tolima. 2019 [citado el 16 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://tolima.federaciondecafeteros.org/sostenibilidad/>
66. Federaciondecafeteros.org. 2015 [citado el 16 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2019/11/Informe-de-Sostenibilidad-2015-2018.pdf>
67. Tolima: cosecha cafetera superó el billón de pesos en 2020 [Internet]. El Nuevo Día. [citado el 16 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/actualidad/economica/462861-tolima-cosecha-cafetera-supero-el-billon-de-pesos-en-2020>
68. Ramírez Hernández O. Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Rev Int Contam Ambient* [Internet]. 2015 [citado el 1 de marzo de 2022];31(3):293–310. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000300009
69. Arrubla P, Cárdenas M, Posada F. Efecto de la humedad relativa sobre la germinación de las esporas de *Beauveria bassiana* y la patogenicidad a la broca del café *Hypothenemus hampei*. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 2010 Jun 30;13(1). [citado el 1 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.31910/rudca.v13.n1.2010.710><https://doi.org/10.31910/rudca.v13.n1.2010.710>

70. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café [Internet]. accounts.google.com. [citado el 1 de marzo de 2022] Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGmtrPmJDFTJkDfVLIsXwCNvwpq?projector=1&messagePartId=0.6>
71. Gómez, F.C., et al. "Valoración nutricional de granos de café robusta (*Coffea canephora*) de diferentes orígenes procesados en México." *AGROProductividad*, vol. 11, no. 4, Apr. 2018, pp. 25+. *Gale OneFile: Informe Académico*, [citado el 4 de marzo de 2022] Disponible en: link.gale.com/apps/doc/A619548663/IFME?u=anon~c8076b9c&sid=googleScholar&xid=2b425b8e. Accessed 10 Mar. 2022.
72. Minkafé [Internet]. Minkafe.com. [citado el 10 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.minkafe.com/inicio/>
73. Tapias, C. Martínez P. Machado B. Método de laboratorio para evaluar el efecto de insecticidas sobre la broca del café. *Cenicafé* [Internet]. 2017 [citado el 10 de marzo de 2022]; 68(2):76–89. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1085/1/arc068%2802%2976-89.pdf>
74. Torres A. Universidad Nacional agraria de la Selva Ingeniero Agrónomo [Internet]. 2018 [citado el 11 de marzo de 2022]. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1396/EPAT_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
75. Cenipalma.org. [citado el 11 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/10/1.-Caracterizacio%CC%81n-morfolo%CC%81gica-de-cepas-de-hongos-entomopato%CC%81genos-de-Beauveria-bassiana_compressed.pdf
76. Torres G,E. Aroma, cuerpo y acidez, café enorme que produce el Tolima Grande [Internet]. *Diariolaeconomia.com*. [citado el 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://diariolaeconomia.com/tomemos-cafe/item/4632-aroma-cuerpo-y-acidez-cafe-enorme-que-produce-el-tolima-grande.html>
77. Aristizábal A LF, Vélez S JC, León B CA. Diagnóstico del manejo integrado de la broca, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae), con caficultores Caldenses. *Rev Colomb Entomol*

- [Internet]. 2006 [citado el 15 de marzo de 2022];32(2):117–24. Disponible en:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882006000200002
78. Federación Nacional de Cafeteros Tolima [Internet]. Federación Nacional de Cafeteros Tolima. [citado el 15 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://tolima.federaciondecafeteros.org/>
79. Rodríguez AM, Suárez Tamayo S, Palacio Estrada DE. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Rev cuba hig epidemiol [Internet]. 2014 [citado el 16 de marzo de 2022];52(3):372–87. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010
80. Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial tomo II 2 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -Agencia de Desarrollo Rural. TOMO II Tolima [Internet]. [citado el 10 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/TOLIMA-TOMO-II.pdf>
81. Villalba D. Bustillo A. Chaves B. Evaluación de insecticidas para el control de la broca. Researchgate.net.[citado el 16 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Alex-Bustillo/publication/276919396_Evaluacion_de_insecticidas_para_el_control_de_la_broca_del_cafe_en_Colombia/links/555b7c0a08ae8f66f3ad7917/Evaluacion-de-insecticidas-para-el-control-de-la-broca-del-cafe-en-Colombia.pdf
82. Benavides-M P, Bustillo-P AE, Montoya-R EC, Cárdenas-M R, Mejía-M CG. Participación del control cultural, químico y biológico en el manejo de la broca del café. Revista Colombiana de Entomología [Internet]. Diciembre 2002 [citado el 26 de marzo de 2022]; 28(2):161–5. Disponible en: <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOL EN/article/view/9642/12177>

83. Informe del Gerente al 88 Congreso Nacional de Cafeteros. Federación Nacional del Café [Internet]. Diciembre 2020. [citado el 26 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.flipsnack.com/federaciondecafeteros/informe-de-gesti-n-federaci-n-nacional-de-cafeteros-2020.html>
84. Londoño AL, Restrepo B, Sánchez JF, García A, Bayona AL, Landazuri P. Plaguicidas e hipotiroidismo en agricultores en zonas de cultivo de plátano y café, en Quindío, Colombia. Revista de Salud Pública. [Internet]. 2018;20(2):215–20. [citado el 28 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.V20n2.57694>
85. Bedoya P S, García R A, Londoño ÁL, Restrepo C B. Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo de trabajadores de cultivo de Café y plátano en el departamento del quindío por gc- μ ecd. Revista Colombiana de Química [Internet]. 2014 Sep 1 [citado el 28 de marzo de 2022];43(3):11–6. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042014000300002
86. Arlen B, Cruz E, Bra Q, Eaglesh X, Flores M, et al. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA UNAN -LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS [Internet]. [cited 2022 Mar 26]. Available from: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6867/1/2402>
87. Moreno AA, Arcila A, Entomología -Cenicafé M, Milena S, Diseño Luz ML, Álvarez A, et al. Insecticidas químicos recomendados para el control de la broca del café [Internet]. Cenicafe.org. [citado el 29 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.cenicafe.org/es/publications/Brocarta49_baja.pdf
88. Velandia Silva, César Augusto. La valoración patrimonial del paisaje cultural cafetero del Tolima, Colombia. retos y estrategias para su conservación y apropiación. Rev Territorio Proyecto y Patrimonio [Internet]. 2018 Núm 9 ISSN: 1886-6840 (versión electrónica), DL: B.38203-2006 [citado el 29 de marzo de 2022]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/331993975_La_valoracion_patrimonial_del_paisaje_cultural_cafetero_del_Tolima_Colombia_Retos_y_estrategias_para_su_conservacion_y_apropiacion

89. Sal & Roca [Internet]. "Así Afectan Los Plaguicidas al Medio Ambiente Y Sus Consecuencias Sobre El Agua". 22 marzo 2018 [citado 30 de marzo 2022]. Disponible en: www.salyroca.es/articulo/lyfestyle/asi-afectan-plaguicidas-medio-ambiente-consecuencias-agua/20180322140257004599.html.
90. Gov.co. Gobernación del Tolima. [Internet]. 24 de mayo de 2020. [citado el 31 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.tolima.gov.co/gobernacion/nosotros/organigrama/1271-gobernacion/nuestros-planes/planes-de-desarrollo>
91. TerriData DNP, Departamento del Tolima. [Internet]. [citado el 31 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/73000>
92. Sanchez AR, Ulloa KH, Marques RA. El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. Ambiente desarrollado [Internet]. 2012 [citado el 30 de marzo de 2022];16(30):93–104. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3198>
93. González Acevedo A. Valoración de la sustentabilidad de los policultivos cafeteros del Centro Occidente y Sur Occidente colombiano. 2015 [citado el 30 de marzo de 2022]; Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/6f2e35d2-3f68-4ce6-b9bc-0d12735bdfc3>
94. Téllez A, Cruz MG, Mercado Y, Asaff A, Arana A. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Rev Mex Micol [Internet]. 2009 [citado el 3 de mayo de 2022];30:73–80. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007
95. Bustillo-Pardey AE. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Rev Colomb Entomol [Internet]. 2006 [citado el 4 de mayo de 2022];32(2):101–16. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882

006000200001