



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TITULO

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSECTOS CONTROLADORES
DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferrari EN
LA PARROQUIA VILCABAMBA Y LOS CANTONES
OLMEDO, CHAGUARPAMBA, PUYANGO Y QUILANGA,
DE LA PROVINCIA DE LOJA

*Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Agrónomo*

Autor:

Junior Alejandro Jaramillo Cabrera

Director:

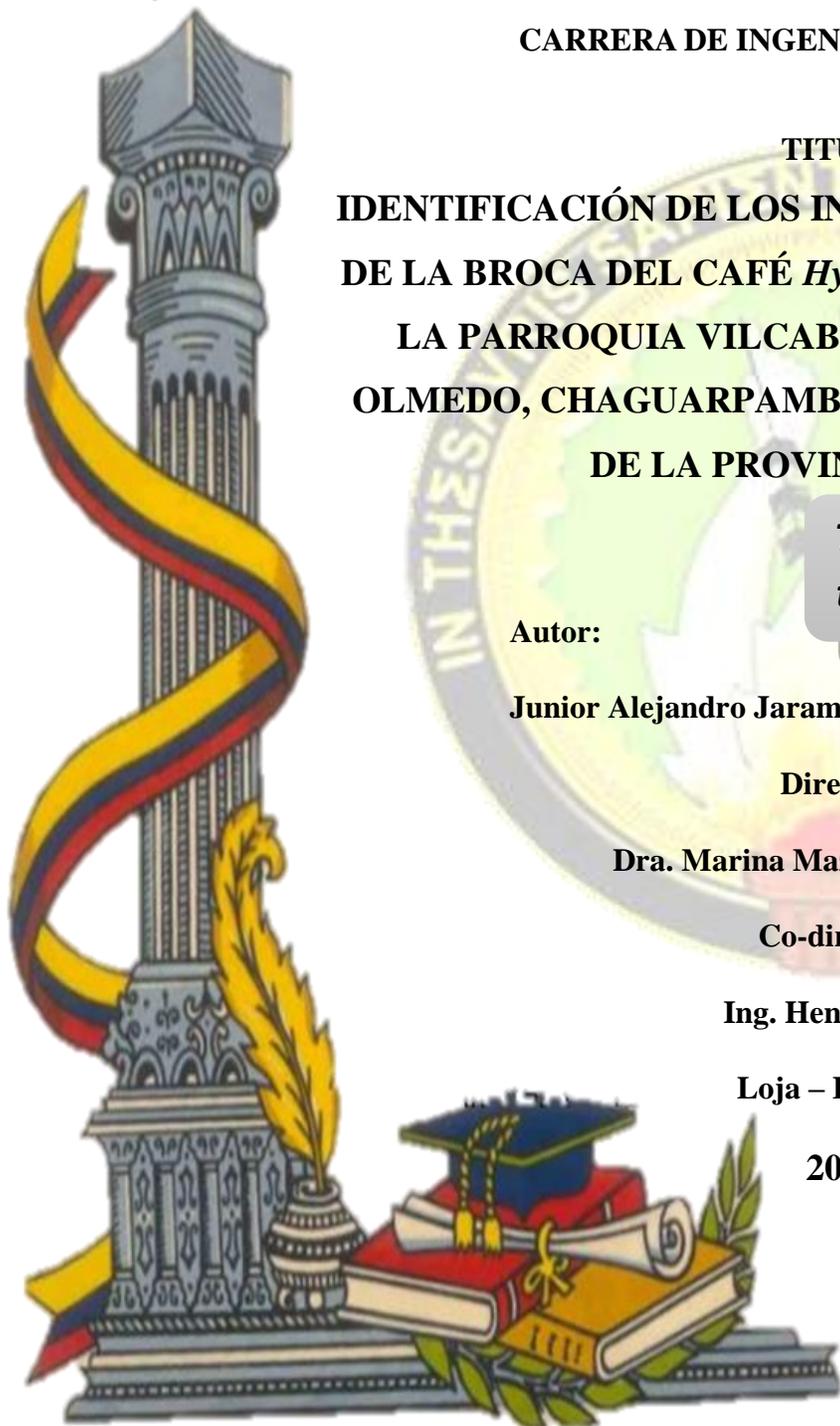
Dra. Marina Mazón Morales, PhD

Co-director:

Ing. Henry Troya

Loja – Ecuador

2019



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**

Carrera de Ingeniería Agronómica

Loja, 13 de agosto 2019

Por medio de la presente **CERTIFICO** que el Sr **Junior Alejandro Jaramillo Cabrera** con número de identidad 1105887341, egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica, ha culminado el proyecto de tesis titulado **IDENTIFICACIÓN DE LOS INSECTOS CONTROLADORES DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* FERRARI EN LA PARROQUIA VILCABAMBA Y LOS CANTONES OLMEDO, CHAGUARPAMABA, PUYANGO Y QUILANGA, DE LA PROVINCIA DE LOJA** dentro del cronograma aprobado. Además, cumpla en informar que he revisado y aprobado el documento final de tesis, por lo que autorizo la continuación de los trámites de graduación.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente:

Marina Mazón Morales, PhD.

Directora de tesis

Ci: 0151669991

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“IDENTIFICACIÓN DE LOS INSECTOS CONTROLADORES DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferrari EN LA PARROQUIA VILCABAMBA Y LOS CANTONES OLMEDO, CHAGUARPAMBA, PUYANGO Y QUILANGA, DE LA PROVINCIA DE LOJA”**, de autoría del Sr. Junior Alejandro Jaramillo Cabrera egresado de la carrera de Ingeniería Agronómica, se le propuso realizar algunas correcciones, las mismas que han sido incluidas en el documento final.

En tal virtud, nos permitimos certificar que el trabajo final consolidado de investigación está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto, se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 06 de septiembre de 2019

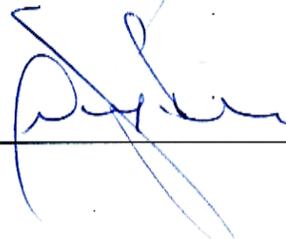
Mg.Sc. Simón Bolívar Peña Merino
PRESIDENTE



PhD. Tulio Fernando Solano Castillo
VOCAL



PhD. Klever Iván Granda Mora
VOCAL



AUTORÍA

Yo, **JUNIOR ALEJANDRO JARAMILO CABRERA**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

Autora: Junior Alejandro Jaramillo Cabrera

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Junior J.', is written over a horizontal line.

Cédula: 1105887341

Fecha: 09 de septiembre del 2019

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, **JUNIOR ALEJANDRO JARAMILLO CABRERA**, declaro ser autor de la tesis titulada “**IDENTIFICACIÓN DE LOS INSECTOS CONTROLADORES DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferrari EN LA PARROQUIA VILCABAMBA Y LOS CANTONES OLMEDO, CHAGUARPAMBA, PUYANGO Y QUILANGA, DE LA PROVINCIA DE LOJA**”, como requisito para optar al grado de **INGENIERO AGRÓNOMO**, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visualización de su contenido de la siguiente manera en el repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte siete días del mes de agosto de dos mil diecinueve, firma la autora.

Firma:



Autora: Junior Alejandro Jaramillo Cabrera

Número de cédula: 1105887341

Dirección: Catamayo

Kml Vía a la costa.

Correo electrónico: junior.jaramillo@hotmail.com

Celular: 0962627981-0967459537

DATOS COMPLEMENTARIOS.

Director de Tesis: Marina Mazón Morales, PhD

Tribunal de Grado: Presidente: Mg.Sc. Simón Bolívar Peña Merino

Vocal: PhD. Tulio Fernando Solano Castillo

Vocal: PhD. Klever Iván Granda Mora

AGRADECIMIENTOS

La vida es hermosa, y una de las principales características es que la podemos compartir y disfrutar con quienes amamos, podemos ayudar y guiar a muchas personas si ellos nos lo permiten, pero también podemos ser ayudados y guiados durante nuestra vida.

Por esto mismo, mediante estos agradezco, a mis formadores personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro, además todos aquellos familiares y amigos que estuvieron presentes durante toda o mayor parte de la realización y el desarrollo de esta tesis, y gracias a aquellos que con respeto y decencia realizaron aportes a la misma.

Deseo expresar mi agradecimiento a la directora de esta tesis Marina Mazón Morales, PhD, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas.

De la misma manera a la institución de AGROCALIDAD y al Ing. Henry Troya quien colaboró con el desarrollo del presente trabajo.

El Autor.

DEDICATORIA

A las personas especiales en mi vida, que no son nada más y nada menos que un solo conjunto de seres queridos que suponen benefactores de importancia inimaginable en mis circunstancias de humano. No podría sentirme más ameno con la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable. Quisiera dedicar mi tesis a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar, y los finos deleites de la vida.

Muchas gracias a aquellos seres queridos que siempre aguardo en mi alma

A MIS PADRES.

Víctor Alejandro Jaramillo Muños

Gloria Esperanza Cabrera Loján

A MIS HERMANOS

Jhoana Carolina Jaramillo Cabrera

Irvin Rafael Jaramillo Cabrera

Aitana Lizeth Jaramillo Cabrera

A MI SOBRINO

Iker Jhoan Calva Jaramillo

ÍNDICE GENERAL

Contenido.	Pág.
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
AUTORÍA	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	1
ABSTRAC	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Origen y distribución de la broca	5
2.2. Biología de la broca	5
2.2.1. Huevo	5
2.2.2. Larva y Prepupa	6
2.2.3. Pupa	6

2.2.4. Adulto.....	6
2.3. Daño e infestación de la broca.....	7
2.4. Control de la broca.....	7
2.4.1. Control cultural	7
2.4.2. Control químico.....	8
2.4.3. Control con trampeo.....	8
2.4.4. Control biológico.....	8
2.5. Microclima y presencia de enemigos naturales	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Localización del estudio	12
3.2 Selección de fincas.....	14
3.3. Muestreo de frutos	14
3.4. Metodología para el primer objetivo.....	16
“Identificar las especies de insectos que atacan a <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari en la provincia de Loja”.....	16
3.5. Metodología para el segundo objetivo.....	16
“Evaluar la incidencia de ataque de los parasitoides o insectos depredadores de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari en la provincia de Loja”	16
3.6. Metodología para el tercer objetivo	17
“Determinar la relación entre presencia e incidencia de parasitoides e insectos depredadores con variables de manejo de la finca en la provincia de Loja”	17
4. RESULTADOS	18
4.1. Índice de infestación	18
4.3. Resultado para el primer objetivo	19
“Identificar las especies de insectos que atacan a <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari en la provincia de Loja”	19

4.3.1 Número de individuos de broca	19
4.3.2. Parasitoides.....	19
4.3.3. Depredadores.....	20
4.4. Resultado para el segundo objetivo	21
“Evaluar la incidencia de ataque de los parasitoides o insectos depredadores de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari en la provincia de Loja”	21
4.5. Resultado para el tercer objetivo.....	22
“Determinar la relación entre presencia e incidencia de parasitoides e insectos depredadores con variables de manejo de la finca en la provincia de Loja”	22
5. DISCUSION.....	24
6. CONCLUSIONES	28
7. RECOMENDACIONES	29
8. BIBLIOGRAFÍA.....	30
9. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido.	Pág.
Cuadro 1. Ubicación de las fincas de estudio en cada uno de los cantones.	12
Cuadro 2. Datos de los muestreos realizados en cada una de las fincas de estudio, así como la forma de manejo (sol/sombra) y el tipo de control de plagas y enfermedades que se realiza.....	15
Cuadro 3. Porcentaje de infestación por broca en las fincas evaluadas.	18
Cuadro 4. Número de individuos de broca obtenidos en las fincas estudiadas (Media \pm DE) y números estimados en cada finca y en el total del muestreo.	19
Cuadro 5. Índices de parasitismo sobre broca obtenidos en el total del muestreo realizado.	19
Cuadro 6. Porcentaje de depredación estimado de <i>Crematogaster curvispinosa</i> sobre los distintos estadios de broca en el total de las fincas. La estimación está basada en Way (1963); Varón et al., (2004); Vera, Gil, y Benavides, (2013), según los cuales <i>C. curvispinosa</i> , en condiciones de laboratorio, se alimenta de 3 huevos, 6 larvas y 5 pupas..	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Ubicación de los cantones de estudio	12
Figura 2. Enemigos naturales de <i>Hypothenemus hampei</i> obtenidos en fincas de café de la provincia de Loja. <i>P. nasuta</i> : a) Cabeza, b) Alas; c) <i>Prorops nasuta</i> Waterston; d) <i>Ttrichogramma</i> sp; e) <i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr (Foto de Jack Longino).....	22
Figura 3. Gráfico de cajas, donde se representa la relación entre presencia de <i>C. curvispinosa</i> en función del manejo de las fincas sombra/sol	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Pág.
Anexo 1. a) Visita a las fincas en Vilcabamba; a) En presencia del Ingeniero de AGROCALIDAD; b) En presencia de la Directora de tesis	39
Anexo 2. Plantas de café; a) Pleno Sol; b) Bajo Sombra	39
Anexo 3. Recolección de muestras; a) Selección de plantas; b) Selección de granos brocados; c) enfundado de granos	40
Anexo 4. Granos brocados: a) Almacenamiento en tarrinas; b) disección de granos para conteo de individuos.....	40
Anexo 5. Identificación de los insectos parasitoides y depredadores.	41
Anexo 6. Socialización de resultados con los estudiantes del Cuarto Ciclo de la Carrera de Ingeniería Agronómica.	41
Anexo 7. Tríptico de exposición de resultados	42
Anexo 8. Porcentaje de infestación por finca	43
Anexo 9. Porcentaje de parasitismo de <i>P. nasuta</i>	43
Anexo 10. Porcentaje de parasitismo de <i>Trichogramma sp</i>	44
Anexo 11. Resumen de datos obtenidos de las fincas e insectos que atacan a broca.....	44

**IDENTIFICACIÓN DE LOS INSECTOS CONTROLADORES DE LA BROCA DEL
CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferrari EN LA PARROQUIA VILCABAMBA Y LOS
CANTONES OLMEDO, CHAGUARPAMBA, PUYANGO Y QUILANGA, DE LA
PROVINCIA DE LOJA**

RESUMEN

El café es el principal cultivo comercial en aproximadamente 80 países tropicales siendo uno de los productos agrícolas más consumidos a nivel mundial, el cual con frecuencia se ve afectado en rendimiento y calidad debido al ataque de plagas como *Hypothenemus hampei* (Ferrari). El control de esta plaga se ha basado principalmente en el uso de insecticidas sintéticos, control biológico y cultural. Para la provincia de Loja actualmente se dan los tres tipos de control, para un manejo efectivo biológico con insectos enemigos naturales no se tiene reportes, solo algunas liberaciones de parasitoides africanos realizada hace algunos años. Por lo tanto, se pretende conocer qué tipo de parasitoides o insectos depredadores y en qué nivel de incidencia atacan a la broca (*H. hampei* Ferrari), y qué relación existe con el tipo de manejo de las fincas en la parroquia Vilcabamba y los cantones Olmedo, Chaguarpamba, Puyango y Quilanga, de la provincia de Loja. Para efecto se llevó a cabo un muestro por finca y se seleccionó 3 fincas/zona de las cuales primeramente se evaluó el nivel de incidencia para posterior coleccionar 20 granos/planta de 15 plantas/finca tales granos se colocaron en tarrinas para su seguimiento e identificación de los depredadores o parasitoides emergentes, además se registró el tipo de manejo y control que lleva cada finca para relacionarlo con la presencia de los insectos que atacan a broca. De esta manera se identificaron dos parasitoides: *Prorops nasuta* con un parasitismo del 0,015% siendo este un específico de larvas de broca, y *Trichogramma sp.* con un parasitismo de 0,14% que es relativamente específico de huevos de Lepidópteros, pero también ataca alternativamente huevos de coleópteros; y un depredador *Crematogaster curvispinosa* el cual estuvo presente en el 80% de las fincas con una depredación de 25% para huevos, 21% para larvas y 66% para pupas, además de constatar que la presencia de esta se ve influenciada directamente por el manejo de la finca demostrando significativamente ($H = 10,1942$, $p = 0,0014$) que tiene mayor presencia en fincas con manejo de sombra que las de sol, a diferencia del tipo de control el cual no influye significativamente ($H = 0,2623$, $p = 0,8771$) en la presencia o ausencia del mismo. Siendo así que los cafetales manejados con sombra presentan las condiciones óptimas para la presencia de depredadores naturales como *C. curvispinosa*.

Palabras clave: *Prorops nasuta*, *Trichogramma sp.*, *Crematogaster curvispinosa*.

ABSTRAC

Coffee is the main commercial crop in approximately 80 tropical countries, being one of the most consumed agricultural products worldwide, which is often affected in performance and quality due to the attack of pests such as *Hypothenemus hampei* (Ferrari). The control of this pest has been based mainly on the use of synthetic insecticides, biological and cultural control. For the province of Loja there are currently three types of control, for effective biological management with enemy insects there are no reports, only some releases of African parasitoids made some years ago. Therefore, it is intended to know what type of parasitoids or predatory insects and at what level of incidence they attack the drill (*H. hampei* Ferrari), and what relationship exists with the type of farm management in Vilcabamba parish and the cantons Olmedo, Chaguarpamba, Puyango and Quilanga, from the province of Loja. For this purpose, one room per farm was carried out and 3 farms / area were selected, of which the incidence level was first evaluated for subsequent collection of 20 grains / plant of 15 plants / farm such grains will be placed in tubs for monitoring and identification of the predators or emerging parasitoids, also saw the type of management and control that each farm takes to relate it to the presence of insects that attack by drill. In this way, two parasitoids are identified: *Prorops nasuta* with a parasitism of 0.015% being this specific to brook larvae, and *Trichogramma* sp. with a parasitism of 0.14% that is relatively specific to Lepidoptera eggs, but also alternately attacks beetle eggs; and a *Crevisgaster curvispinosa* predator which was present in 80% of the farms with a predation of 25% for eggs, 21% for larvae and 66% for pupae, in addition to confirming that its presence is directly influenced by management of the farm showing significantly ($H = 10,1942$, $p = 0,0014$) that it has a greater presence in farms with shade management than sun, a difference in the type of control which does not significantly influence ($H = 0.2623$, $p = 0.8771$) in the presence or absence thereof. Thus, the shade-managed coffee plantations have the optimal conditions for the presence of natural predators such as *C. curvispinosa*.

Keywords: *Prorops nasuta*, *Trichogramma* sp. *Curvispinous crematogaster*.

1. INTRODUCCIÓN

El café es el principal cultivo comercial en aproximadamente 80 países tropicales (Infante, 2018), siendo uno de los productos agrícolas más consumidos a nivel mundial (SIAP, 2014). En Ecuador es un producto primordial para el sector agropecuario, sobre todo económicamente por la generación de divisas e ingresos que implica su exportación (5 283 t en grano al 2017) (ESPAC, 2017). En Loja el 96% de los caficultores producen café arábigo a diferencia del 3% que producen la especie robusta, quedando tan solo un 1% de caficultores que producen las dos variedades de café (Guerrero, 2017), existiendo más de 22 agrupaciones en Loja con el objetivo de la exportación masiva (Beatriz, 2016).

El café tiene sus orígenes en Absinial (actual Etiopía) (Hernández, Soto y Montoya, 2015). Se introdujo en Ecuador en 1830, empezándose a cultivar en la provincia de Manabí (Consuelo, 2010). Actualmente es cultivada en 20 de las 24 provincias del Ecuador, ubicándose dentro de los 20 principales países productores de café (ICO, 2015).

Con frecuencia el café se ve afectado en rendimiento y calidad del grano (Muñoz, 2014), siendo uno de los principales factores a nivel global el incremento de plagas y enfermedades (Montes, Armando y Almicar, 2013), donde la broca y la roya son las que causan las mayores pérdidas (Canet *et al.*, 2016), en especial la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari), quien causa pérdidas de más de US \$ 500 millones anuales (Castrillon, Sanz y Ramoa, 2017).

Según Campos (2015), la broca tiene el mismo origen que el café, es decir, la actual Etiopía (Bustillo, 2006). La distribución de esta plaga empezó entre 1902 y 1904 para las zonas de África (Vicmar, 2016). En Ecuador se reporta la broca en la provincia de Zamora en 1981, y en 1983 se detectó en la provincia de Loja, distribuyéndose en poco tiempo a las distintas regiones cafetaleras de toda la provincia (Párraga, 2017).

El control de esta plaga se ha visto obstaculizado por dos factores principales: la naturaleza del insecto y las bayas de café que no se recogen y se dejan en el campo permitiendo así su supervivencia, afectando en más del 50% de la producción dependiendo de las condiciones naturales (Mesa, Molina y Pulgarín, 2017). Dicho control se ha basado principalmente en el

uso de insecticidas sintéticos y en menor proporción insectos depredadores, parasitoides africanos, entomopatógenos fúngicos y trampas (Pérez, Castellanos y Jiménez 2013).

En Ecuador, una de las estrategias utilizadas fue la introducción de tres tipos de avispas parasitoides, procedentes de Costa de Marfil (*Cephalonomia stephanoderis*), Uganda (*Prorops nasuta*) y Tongo (*Phymastichu coffea*) (Enríquez y Duicela, 2014; Campos, 2015). Para la provincia de Loja no se tienen reportes de parasitoides o insectos depredadores de broca de forma natural. Lo que se ha hecho hasta ahora es la liberación de parasitoides en zonas específicas para evaluar su incidencia, tales como *C. thepanoderis* y *P. nasuta* (Tandazo *et al.* 1997).

Por todo lo expuesto se pretende conocer qué tipo de parasitoides o insectos depredadores y en qué nivel de incidencia atacan a la broca (*H. hampei* Ferrari), y qué relación existe con el tipo de manejo de las fincas en la parroquia Vilcabamba y los cantones Olmedo, Chaguarpamba, Puyango y Quilanga, de la provincia de Loja.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Identificar los parasitoides o insectos depredadores, evaluar el nivel de incidencia en el que atacan a broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari), y valorar cómo se relaciona con el tipo de manejo de las fincas en la parroquia Vilcabamba y los cantones Olmedo, Chaguarpamba, Puyango y Quilanga, de la provincia de Loja.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar las especies de insectos que atacan a *Hypothenemus hampei* Ferrari en la provincia de Loja.
- Evaluar la incidencia de ataque de los parasitoides o insectos depredadores de *Hypothenemus hampei* Ferrari en la provincia de Loja.
- Determinar la relación entre presencia e incidencia de parasitoides e insectos depredadores con variables de manejo de la finca en la provincia de Loja.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución de la broca

Según un reciente análisis molecular, el origen y distribución de la broca del café a nivel mundial, está confirmado en Etiopía, y documentaron su dispersión mundial y la invasión en América y Asia a partir de insectos del Oeste de África (Bustillo, 2006). Fue reportada en la provincia de Zamora Chinchipe en 1981, en 1982 se había dispersado a todas las zonas cafetaleras de Zamora. En 1983 se detectó en la provincia de Loja y en poco tiempo se distribuyó a las regiones cafetaleras de las provincias de El Oro, Pichincha, Manabí y Napo, transformándose en la principal plaga del café (Párraga, 2017).

2.2. Biología de la broca

La biología de este insecto ha sido estudiada por varios autores (Corbett, 1933; Bergamin, 1943; Ticheler, 1963; Baker, 1984; Muñoz, 1989; Decazy, 1990; Baker *et al.*, 1992). El ciclo de vida del insecto tiene una duración entre 24 y 45 días (Camilo, 2003). La hembra perfora el fruto por la corona y dos días después coloca entre 35 y 50 huevos, que al eclosionar lo hacen en una proporción de aproximadamente 13 hembras por cada macho, por lo que existe una alta endogamia, porque el macho no puede volar y por tanto no sale del fruto donde nació, así que generalmente las hembras copulan con sus hermanos antes de salir a ovopositor en otro fruto (Brun *et al.*, 1995).

2.2.1. Huevo

Son de color blanco, elípticos, brillosos y pequeños (0,5 a 0,8 mm de longitud), el periodo de incubación es aproximadamente entre 2 y 4 huevos/días, la hembra coloca hasta 75 huevos en su vida (APIA, 2017). Puede permanecer alrededor de 15 días ovipositando, con una incubación que dura en promedio 7,6 días (Ruiz, 1996). De esta manera una hembra produce varias descendencias consecutivas a lo largo de un cultivo de café (Fernández y Cordero, 2007).

2.2.2. Larva y Prepupa

El estado de larva dura 15 días para los machos y 19 días para las hembras y la prepupa dos días, por consiguiente, después de cuatro a diez días de colocación, las larvas nacen y tienen una longitud entre 0,72 y 0,84 mm (Ruiz 1996; APIA, 2017). Además (Fernández y Cordero, 2007) definen claramente dos instares larvales: en el primero se observan las larvas ápodas de color blanco cremoso con la cabeza más oscura, con tamaño promedio de 0,83 mm (esta es la fase fisiológica en la cual la broca causa mayor daño al fruto de café), y el segundo corresponde a la pre-pupa, fase en la cual la larva detiene su alimentación y madura fisiológicamente para convertirse en pupa con un tamaño promedio de 2 mm.

2.2.3. Pupa

La larva se transforma en pupa en el interior de la semilla destruida y en este momento del ciclo no se alimenta (APIA, 2017). Esta fase tiene una duración promedio de 6,4 días (Ruiz 1996), además son de color blanco y se tornan marrones a medida que se forman los apéndices externos (antena, patas y alas). El tamaño de las pupas varía de acuerdo al sexo, con un promedio de 1,89 mm las hembras y 1,22 mm los machos (Fernández y Cordero, 2007).

2.2.4. Adulto

El tiempo que le toma a la broca llegar al periodo de adultez puede variar entre una semana y un mes, dependiendo de la temperatura y la consistencia del endospermo de la semilla, con un promedio de vida para las hembras entre 35- 45 días y los machos aproximadamente 30 días (APIA, 2017). Los adultos recién emergidos son de color marrón, pero a medida que maduran se tornan de color negro, con un tamaño promedio de 1,08 mm para las hembra y 1,64 mm para los machos (Fernández y Cordero, 2007). Cabe mencionar que el adulto macho de la broca solo tiene función reproductora, son de menor tamaño, y se encuentra siempre en el interior de los frutos, además es incapaz de perforar un fruto (Bustillo *et al.* 1998).

2.3. Daño e infestación de la broca

Los frutos del café empiezan a ser susceptibles entre 100 y 150 días de desarrollo después de la floración (Bustillo *et al.*, 1998), es entonces cuando las hembras adultas perforan el fruto, tanto con fines de alimentación como de ovoposición (Miguel y Paulini, 1975), existiendo una tendencia de la broca a penetrar con mayor rapidez en los frutos maduros (Bustillo, 2006). El daño característico consiste en un orificio circular que hace la hembra en la punta de la fruta, justo en la cicatriz de la corona (APIA, 2017). Las cerezas, cuando son perforadas en edad muy tierna, normalmente se caen o se pudren. Cuando la broca ataca frutos maduros y pintones, ocasionan una reducción en el peso del grano (Moreno *et al.*, 2005).

2.4. Control de la broca

Tradicionalmente, el control de la broca se ha basado principalmente en el uso de insecticidas sintéticos; sin embargo, Pérez, Castellanos y Jiménez (2013) proponen otras estrategias de manejo centradas en el uso de parasitoides africanos (*C. stephanoderis*, *P. nasuta* y *P. coffea*), entomopatógenos fúngicos (*Beauveria bassiana*), trampas y control cultural de una forma integrada. Para el éxito del control en cualquiera de los enfoques, debe existir una acción conjunta entre una buena asesoría técnica, el desarrollo de las medidas de control preventivas por parte del productor y de la investigación de alternativas viables en la producción (Díaz *et al.* 2014).

2.4.1. Control cultural

El control cultural consiste en el monitoreo al cultivo y en la atención a la cosecha (Giraldo, 2017). La cosecha debe realizarse meticulosamente, iniciándola por los lotes de mayor infestación (JICA, 2013). Se recomienda la recolección manual de los frutos caídos, al igual que mantener los cafetales sin frutos maduros, sobremaduros y secos, mediante recolecciones oportunas y repases permanentes, eliminación de malezas, fertilizaciones

adecuadas, eliminación de cafetales decadentes o abandonados y regular la sombra del café de tal manera que haya siempre entrada de luz (APIA, 2017).

2.4.2. Control químico

El control químico de las plagas es la represión de sus poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas (Cisneros, 2014). De esta manera, para el control de broca que ha alcanzado los niveles críticos recomiendan hacer aplicaciones dirigidas de insecticidas sistémicos al follaje o el uso de productos a base de abamectina (Olortegui, 2013). También se podrían hacer aplicaciones de insecticidas sistémicos dirigidos al suelo. Actualmente se usan productos a base de Endosulfan, que es el insecticida más eficiente (APIA, 2017).

2.4.3. Control con trampeo

El control con trampeo o etológico tiene por objeto reducir la población de insectos sobreviviente entre cosechas y así reducir la infestación inicial y la tasa de incremento de la población en la siguiente cosecha (APIA, 2017). Para el caso del control de broca, el control etológico consiste en la instalación de unas trampas tipo botella con ventanas que se cuelgan en los cafetos. El cebo para estas trampas se prepara a base de cerezas maduras de café que se muelen finamente, se envuelven con alcohol y se cuelan (Olortegui, 2013).

2.4.4. Control biológico

El control biológico inundativo o aumentativo se refiere a la producción masiva de agentes benéficos en condiciones de laboratorio para su posterior liberación periódica, especialmente parasitoides, hongos entomopatógenos, nematodos y depredadores (Quemé, 2013).

2.4.4.1. Hongos patógenos. Entre los hongos identificados que atacan a la broca encontramos: *Beauveria bassiana* , *Fusarium oxysporum* Schlechtend, *F. avenaceum* (Fr.)

Sacc., *Hirsutella eleutheratorum* (Nex ex Gray) Petch., *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson, *Paecilomyces amoenoroseus* (Hennings) Samson, *P. farinosus* (Holm. ex S.F. Gray), *P. fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith, *P. javanicus* (Friederichs & Bally) Brown & Smith, *P. lilacinus* (Thom.) Samson, y *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) Zare & Gams. Algunos hongos como *M. anisopliae*, *P. lilacinus* y *Metaparasitylenchus hypothenemi* Poinar han sido aislados de frutos de café colectados del suelo (Olortegui, 2013).

2.4.4.2. Nematodos. Un nematodo entomopatógeno que parasita a adultos de *H. hampei* y causa esterilidad en las hembras de la broca ha sido reportado en México y parece que está ampliamente distribuido en plantaciones de México y Centroamérica. El parasitismo natural de especies no descritas de *Panagrolaimus* (Rhabditida: Panagrolaimidae) ha sido reportado en India y México. *Metaparasitylenchus hypothenemi* y *Panagrolaimus* sp. fueron encontrados atacando los mismos individuos de la broca (APIA, 2017).

2.4.4.3. Depredadores. Algunos depredadores que han sido reportados son *Dindymus rubiginosus* (F.) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) (Indonesia), *Xylocoris* sp., *Calliodes* sp., *Scoloposcelis* sp (Hemiptera: Anthocoridae), *Calliodes* sp., *Scoloposcelis* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) (Colombia), *Leptophloeus* sp. (Coleoptera: Laemophloeidae) (Togo, Costa de Marfil), *Cathartus quadricollis* Guérin-Méneville (Coleoptera: Silvanidae) y *Karnyothrips flavipes* Jones (Thysanoptera: Phlaeothripidae) (Kenia), *Monanus* sp. y *Prometopia* sp. (Lepidoptera: Nitidulidae), y los géneros *Wasmannia*, *Solenopsis*, *Brachymyrmex* y *Crematogaster* (Hymenoptera) (Bustillo, Cárdenas y Posada, 2002; Vera, Gil y Benavides, 2013; Gutiérrez, 2014; APIA, 2017).

Sin embargo, la mayoría de los depredadores de *H. hampei* reportados alrededor del mundo son hormigas (Hymenoptera: Formicidae) (APIA, 2017; Gutiérrez, 2014). Entre las principales hormigas están: *Azteca instabilis* (F. Smith), *Crematogaster curvispinosa* Mayr, *C. torosa* Mayr, *Dolichoderus bituberculatus* Mayr, *Pheidole radoszkowskii* Mayr, *P. megacephala* (F.), *Wasmannia auropunctata* (Roger), *Tetramorium bicarinatum* (Nylander), *Monomorium floricola* (Jerdon) y *Solenopsis geminata* (F.). También han sido reportadas especies desconocidas de los géneros: *Azteca*, *Brachymyrmex*, *Paratrechina*,

Pheidole, *Prenolepis* y *Wasmannia* (Goitia y Cerda, 1998; Fernández, 2003; Vázquez et al., 2009; Vera, Gil y Benavides, 2013; APIA, 2017).

2.4.4.3. Parasitoides. Dentro de los parasitoides de la broca, los más conocidos son cuatro especies de Hymenoptera originarias de África: *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, ambos de la familia Bethyilidae, que son ectoparasitoides solitarios de larvas, pre-pupas y pupas; *Heterospillus coffeicola* Schimideknecht, una avispa de la familia Braconidae que deposita un huevo cerca de un grupo de huevos de la broca en un fruto de café recién atacado; y *P. coffea*, un parasitoide de la familia Eulophidae que parasita al adulto durante el inicio de la perforación del fruto de café (Vera, Gil y Benavides, 2013). Otros himenópteros parasitoides encontrados atacando a la broca son *Aphanogmus dictina* (Waterston) (Ceraphronidae) (Uganda), *Clerodermus cadavericus* Benoit (Bethyilidae) (Uganda, Zaire, Kenia), *Cephalonomia hyalinipennis* Ashmead (Bethyilidae) (México) y *Cryptoxilos* sp. (Braconidae) (Colombia) (APIA, 2017). En Brasil y Colombia, se han reportado especies no descritas del género *Cephalonomia* parasitando a *H. hampei* durante el inicio de la perforación del fruto de café (Maldonado y Benavides, 2006).

2.5. Microclima y presencia de enemigos naturales

El microclima creado por la sombra en el cafetal parece ser favorable para una gran mayoría de los agentes de biocontrol, como entomopatógenos (*Beauveria bassiana*), parasitoides (Hymenoptera) y depredadores (Coleoptera, Hymenoptera) para el control de la broca. Estos agentes de control biológico natural pueden encontrarse en los sistemas agroforestales ya que presentan condiciones microclimáticas más favorables, como una mayor humedad y rayos ultravioletas parcialmente interceptados por la sombra (Staver et al. 2001). Al respecto, Sánchez et al. (2013) encontraron que en sistemas con aplicaciones de hongos y parasitoides bajo sombra densa, se redujo el número de granos brocados, en comparación con sombra moderada, a pesar de que la sombra densa tiende a favorecer la broca por el aumento de la humedad, esta reducción en número de granos brocados fue atribuida a la actividad del hongo entomopatógeno y a los parasitoides.

El uso selectivo de arvenses en cafetales con sombra es una herramienta de mucha utilidad para el cafetero ya que con esta práctica se proporciona protección al suelo y evita la erosión (Rivera, 1997, 2000). Además, esta herramienta facilita la supervivencia de la fauna benéfica que ataca la broca, ya que parasitoides como *C. stephanoderis* y *P. nasuta* han mostrado que se alimentan del néctar de las arvenses nobles, favorecidas por el selector (Salazar y Baker, 2002). Además, Armbrrecht y Gallego (2007) mencionan, que las hormigas depredadoras de la broca presentan una mayor depredación en los cafetales con sombrío de árboles, especialmente en épocas lluviosas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

La fase de campo se realizó en 15 fincas ubicadas en la Parroquia Vilcabamba y los cantones Olmedo, Chaguarpamba, Puyango y Quilanga (Figura 1) de la provincia de Loja. Cada una de las fincas seleccionadas se referenciaron geográficamente mediante la utilización de un GPS (Cuadro 1). La fase de laboratorio se ejecutó en los laboratorios de Entomología de AGROCALIDAD y de la Universidad Nacional de Loja.



Figura 1. Ubicación de los cantones de estudio

Cuadro 1. Ubicación de las fincas de estudio en cada uno de los cantones.

Zona	# Finca	Sector	Propietario	Coordenadas		Altura msnm
				X	Y	
Vilcabamba	1A	Surapo- Fulanapamba	Sra. Gladis Erazo	6999879	9531664	1737
	2A	Surapo- Fulanapamba	Sra. Gladis Erazo	699885	9531634	1731
	3A	Landangui.	Sr. Gonzalo Eguiguren	699765	9531367	1543

Olmedo	1B	Olmedo- Olmedo	Sr. Angelino Abad	650414	9565246	1208
	2B	La Delicia	Sr. Angelino Abad	652154	9565799	1506
	3B	El Balcón	Sr. Angelino Abad	651167	9563444	1800
Puyango	1C	Palma- Mercadillo	Sra. Estela Gonzales	616924	9556153	1428
	2C	Surapo	Sr. Telmo Lima	655171	9570617	1363
	3C	Cuatro Caminos	Sr. Juan Sanchez	648871	9573580	1108
Quilanga	1D	Barrio Luana	Sr. Carlos Olmedo	678653	9525447	1906
	2D	Quilanga- Quilanga	Sra. Carmen Jimenez	677288	9518955	1384
	3D	La Libertad	Sr. Servili Abad	677309	9519427	1598
Chaguarpamba	1E	Santa Rufina	Sr. Holguer Corerea	637160	9574222	813
	2E	Pindal de Vicentino	Sr. Victor Valdez	616645	9563950	897
	3E	Montehuayco	Sr. Ivan Yaguachi	606553	9558999	1100

Loja es una provincia mayoritariamente tropical y subtropical, con aproximadamente la cuarta parte del territorio con clima temperado y un 10% con clima frío; tiene una humedad relativa de aproximadamente el 75%, la temperatura media anual se extiende desde 6 a 26°C (Guerrero, 2017). El promedio anual mínimo de lluvia es de 400 mm, mismo que se asienta en cotas inferiores a los 1200 metros; y el máximo es de 1500 mm/año, generalmente distribuido hacia el norte y hacia el SE y Este. Los suelos se caracterizan por

predominio de la fracción de arcilla (30%-50%), el pH oscila entre neutro y alcalino (7-8), la disponibilidad de materia orgánica y nitrógeno es media, el contenido de fósforo es bajo generalmente y la provisión de potasio es alta, especialmente en áreas secas y tropicales (Torres y Azuero, 2012).

Según el MAGAP (2017), los cantones de la provincia de Loja que registran producción de café son: Chaguarpamba, Olmedo, Paltas, Calvas, Espíndola, Sozoranga, Gonzanamá, Quilanga, Loja, Catamayo, Macará, Puyango, Saraguro, Celica y Pindal. Estos cafetales son manejados en dos diferentes sistemas: en condiciones bajo sombra asociados a una gran variedad de especies arbóreas y en condiciones de plena luz.

3.2 Selección de fincas

Se tomaron tres fincas por zona de estudio donde se registró el manejo de cada una (cuadro 2), en cada una de ellas se seleccionaron aleatoriamente 30 árboles y se determinó si había o no frutos perforados por broca. Al finalizar el recorrido por el lote, se hizo la división del número de árboles con broca y el total de árboles muestreados, con lo cual se logró la estimación de la proporción de árboles con broca (índice de infestación), y con lo cual se procedió con la recolección de los granos brocados.

3.3. Muestreo de frutos

Se aplicó un muestreo aleatorio simple donde cada miembro de la población tenía la misma probabilidad de ser seleccionado, tomando en cuenta solo los árboles de cafeto con presencia de broca. Los muestreos se realizaron una sola vez por finca en las fechas correspondientes (cuadro 2). Se tomaron 15 árboles por finca y en cada uno se colectaron 20 granos de café, para posteriormente colocarlos en fundas plásticas y trasladarlos a los laboratorios de Agrocalidad y de la Universidad Nacional de Loja.

Cuadro 2. Muestreos realizados en cada zona de estudio, forma de manejo (sol/sombra) y tipo de control de plagas y enfermedades.

Zona	# Finca	Fecha de muestreo	Tipo de manejo	Tipo de control
Vilcabamba	1A	16-11-2018	Sombra	Control cultural
	2A		Sol	Control cultural
	3A		Sombra	Control cultural
Quilanga	1D	06-12-2018	Sombra	Control cultural
	2D		Sombra	Control biológico
	3D		Sol	Control biológico
Olmedo	1B	18-01-2019	Sombra	Control cultural
	2B		Sol	Control químico
	3B		Sombra	Control químico
Puyango	1C	01-02-2019	Sombra	Control químico
	2C		Sombra	Control químico
	3C		Sol	Control cultural
Chaguarpamba	1E	13-03-2019	Sombra	Control químico
	2E		Sombra	Control cultural
	3E		Sol	Control cultural

El manejo de los cafetales es mayormente sombreado a diferencias de algunos que se presentan con manejo de sol, los cuales tienen un reciente establecimiento. Los tipos de control que se dan en las diferentes fincas seleccionadas son: control cultural, el cual consiste en recoger todos los granos maduros y aquellos que han caído al suelo para de esta manera evitar la supervivencia de la broca; control químico, donde se lleva a cabo la aplicación de fumigaciones cada cierto tiempo para reducir los niveles de incidencia de la broca, solo cuando esta se encuentra en altos índices; y control biológico, el cual lo hacen con aplicaciones de hongo *Beauveria bassiana*.

3.4. Metodología para el primer objetivo

“Identificar las especies de insectos que atacan a *Hypothenemus hampei* Ferrari en la provincia de Loja”

En laboratorio se colocaron los granos brocados en tarrinas de plástico con papel absorbente en la base y con orificios en las tapas para evitar la falta de oxígeno para los insectos, a razón de 10 granos por tarrina. Posteriormente se colocaron en incubadora (de madera) con un foco que se encendía en las mañanas por un máximo de 4 hr para mantener el ambiente propicio. Se procedió con la observación de las muestras de granos cada dos días, verificando la presencia de parasitoides o depredadores de broca. A los depredadores y parasitoides se procedió a su colocación en alcohol etílico al 70% y posteriormente a la determinación de órdenes, familias, géneros y especies, lo cual se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas de Fernández y Sharkey (2006) y mediante la utilización de un estereoscopio.

3.5. Metodología para el segundo objetivo

“Evaluar la incidencia de ataque de los parasitoides o insectos depredadores de *Hypothenemus hampei* Ferrari en la provincia de Loja”

Para la determinación de los índices de parasitismo se realizó el conteo de los individuos de broca que se encontraban dentro de granos seleccionados al azar, el resultado se multiplicó por el total de granos obtenidos por finca, teniendo en cuenta el estado del ciclo de la broca en el que se encontraban: huevos, larvas, pupas y adultos. La determinación del nivel de incidencia de los parasitoides o insectos depredadores se realizó con el total de individuos estimado por finca (según el estado del ciclo) y de ellos se contabilizó cuántos estaban afectados, para posteriormente aplicar la siguiente fórmula que se planteó:

$$Ii = \frac{m}{n} 100$$

Donde:

Ii: Índice de incidencia

n: total de individuos

m: total de individuos afectados

Para la determinar los porcentajes de depredación se estimó el número de presas y el estado de desarrollo de las mismas que el depredador come a partir de datos encontrados en bibliografía, y se evaluó en relación al total del número de individuos en las 15 fincas (según el estado del ciclo).

3.6. Metodología para el tercer objetivo

“Determinar la relación entre presencia e incidencia de parasitoides e insectos depredadores con variables de manejo de la finca en la provincia de Loja”

Se realizó una prueba estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis, 1952), en el programa Statistica versión 7, para determinar la relación entre la presencia (abundancia) de los enemigos naturales de la broca y las características de manejo de la finca (sombra/sol) y tipo de control (control químico, control cultural y control biológico).

4. RESULTADOS

4.1. Índice de infestación

Los porcentajes de incidencia de la broca encontrados en las diferentes fincas se detallan a continuación (Anexo 8).

Cuadro 3. Porcentaje de infestación por broca en las fincas evaluadas.

	# Finca	# Árboles dañados	% de infestación/ finca
Vilcabamba	1A	15	50,0
	2A	10	33,3
	3A	25	83,3
Olmedo	1B	18	60,0
	2B	11	36,7
	3B	10	33,3
Puyango	1C	22	73,3
	2C	18	60,0
	3C	8	26,7
Quilanga	1D	22	73,3
	2D	25	83,3
	3D	10	33,3
Chaguarpamba	1E	17	56,7
	2E	19	63,3
	3E	9	30,0

Los mayores porcentajes de infestación se encontraron en las fincas 3A y 2D, en Vilcabamba y Quilanga, respectivamente, con un 83,3% y el más bajo porcentaje se presentó en la finca 3C (Puyango) con un 26,7%.

4.3. Resultado para el primer objetivo

“Identificar las especies de insectos que atacan a *Hypothenemus hampei* Ferrari en la provincia de Loja”

4.3.1 Número de individuos de broca

Se obtuvo la media y el total de individuos por finca correspondiente a cada estado del ciclo de la broca, obteniendo en promedio una mayor cantidad de larvas que del resto de estados, lo cual hace un estimado de un total de 76500 larvas de broca en todo el muestreo.

Cuadro 4. Número de individuos de broca obtenidos en las fincas estudiadas (Media \pm DE) y números estimados en cada finca y en el total del muestreo.

	Huevos	Larvas	Pupas	Adultos
Promedio por grano	7,23 \pm 1,56	17,00 \pm 1,92	4,58 \pm 1,11	7,55 \pm 1,27
Total, estimado por finca	2 170	5 100	1 375	2 265
Total, estimado para todo el muestreo	32 535	76 500	20 610	33 975

4.3.2. Parasitoides.

En los muestreos realizados en las 15 fincas sólo se registraron dos parasitoides (Cuadro 5), uno específico de larvas de broca del café y otro generalista de huevos de distintos grupos de insectos. Las dos especies se registraron en dos fincas diferentes, una especie en cada finca.

Cuadro 5. Índices de parasitismo sobre broca obtenidos en el total del muestreo realizado.

Finca	Parasitoide	# individuos del parasitoide	# larvas y pupas estimadas en la finca	# huevos estimados en la finca	% parasitismo
1A	<i>Trichogramma</i> sp.	3		2170	0,14
3A	<i>Prorops nasuta</i>	1	6 475		0,015

El cálculo de los porcentajes de parasitismo en *Trichogramma* sp. se realizó sobre huevos ya que es un parasitoide específico de este estado (Zumbado y Azofeifa, 2018). Así mismo, para *Prorops nasuta* se calculó sobre larvas y pupas ya que afecta estos estados específicamente (Enríquez y Duicela, 2014; Campos, 2015).

Prorops nasuta Waterston (Figura 2a, b, c) de la familia Bethyridae, se registró en la finca 3A con un porcentaje de parasitismo del 0,015%. La Avispa presento un color oscuro, pequeña que no excedía los 2,5 mm, cuerpo alargado y aplanado dorsoventralmente, una longitud de 10 mm; cabeza con frente fuertemente prolongada (Figura 2a), el cual yace sobre los receptáculos antenales, palpos maxilares con 3 segmentos, labiales con 12 segmentos, disco propodeal no marginado atrás, ojos bien desarrollados; antenas con 12 segmentos; patas cortas y sin espinas; ala con vena radial bien desarrollada (Figura 2b) y abdomen con 8 segmentos visibles.

Trichogramma sp. (Figura 2d) de la familia Trichogrammatidae se encontró en la finca 1A con un porcentaje de parasitismo de 0,14%. Es una pequeña avispa que parasita huevos de aproximadamente 250 especies de lepidópteros, pero también ataca huevos de coleópteros, hemípteros, himenópteros y algunas otras especies. Presento las siguientes características: metafémur no conspicuamente agrandado con 1 diente ventrales o lóbulos; propodeo sin área triangular mediana definida por surcos; escutelo largo como ancho; tarsos con 3 segmentos; vena posmarginal ausente, sedas de la membrana frecuentemente alineadas en filas longitudinales o radiales; espolón protibial corto, recto e inconspicuo; antena corta con 4 segmentos entre pedicelo y clava. Debido al pequeño tamaño de este grupo se dificulto su identificación a más detalle, por lo que no se pudo llegar a especie.

4.3.3. Depredadores

En los frutos evaluados se encontró un solo depredador: la hormiga *Crematogaster curvispinosa* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) (Figura 2e). Se obtuvieron 27 individuos, registrados en el 80% de las fincas (Cuadro 10). Teniendo en cuenta las estimaciones de depredación, con porcentajes de ataque de 0,25% para huevos, 0,21% para larvas y 0,66% para pupas (Cuadro 6).

4.4. Resultado para el segundo objetivo

“Evaluar la incidencia de ataque de los parasitoides o insectos depredadores de *Hypothenemus hampei* Ferrari en la provincia de Loja”

Cuadro 6. Porcentaje de depredación estimado de *Crematogaster curvispinosa* sobre los distintos estadios de broca en el total de las fincas. La estimación está basada en Way (1963); Varón *et al.*, (2004); Vera, Gil, y Benavides, (2013), según los cuales *C. curvispinosa*, en condiciones de laboratorio, se alimenta de 3 huevos, 6 larvas y 5 pupas.

Estado	# de <i>C. curvispinosa</i>	Abundancia	Depredación total estimada	% Depredación/ Estado
Huevo		32 535	81	0,25
Larva	27	76 500	162	0,21
Pupa		20 610	135	0,66

La determinación del nivel de depredación *C. curvispinosa* se realizó sobre huevos, larvas y pupas, no se realizó sobre adultos ya que esta especie no presenta actividad depredadora sobre ese estado (Redolfi *et al.*, 2002). De esta manera se estimó una mayor depredación en pupas (0,66%) y una menor depredación sobre larvas (0,21%).

Esta especie presentó el pospeciolo unido al gaster en su parte dorsal, de modo que el gaster parecía colgar del pospeciolo, gastero en vista dorsal en forma de corazón y las antenas tienen 10 artejos, espina propodeales de forma única, con amplias bases divergentes y una transición abrupta a pequeñas puntas dirigidas posteriormente. Incluye abundantes setas rígidas y cortas en la cara, esculturas en forma de celosía en el pronoto, y una pilosidad tibial adreçada, y su gáster es puntiagudo, fácil de reconocer.

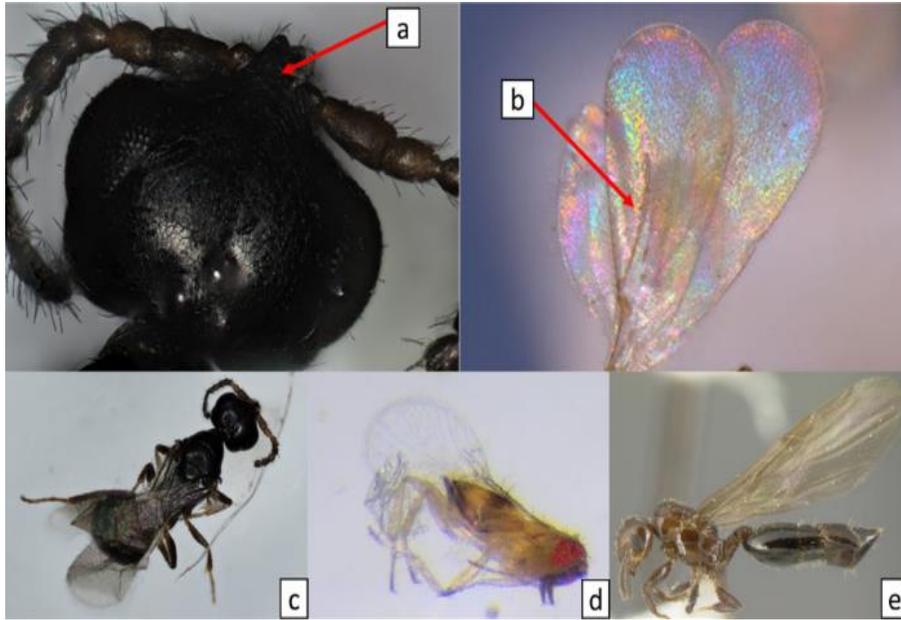


Figura 2. Enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* obtenidos en fincas de café de la provincia de Loja. *P. nasuta*: a) Cabeza, b) Alas; c) *Prorops nasuta* Waterston; d) *Trichogramma* sp; e) *Crematogaster curvispinosa* Mayr (Foto de Jack Longino).

4.5. Resultado para el tercer objetivo

“Determinar la relación entre presencia e incidencia de parasitoides e insectos depredadores con variables de manejo de la finca en la provincia de Loja”

Ya que solo los parasitoides aparecieron en una única finca cada uno, se han relacionado las variables de manejo únicamente con la abundancia de *C. curvispinosa*. De acuerdo a los análisis (Figura 3), la presencia de esta hormiga es significativamente mayor ($H = 10,1942$, $p = 0,0014$) en fincas con manejo de sombra que, en aquellas fincas de manejo con sol, lo cual nos dice que el manejo del cafetal influye directamente en la presencia del depredador. En el caso del tipo de control que se le da a la finca en cuanto a broca, no se presenta una diferencia significativa ($H = 0,2623$, $p = 0,8771$), por lo que el tipo de control no influye en la presencia del depredador.

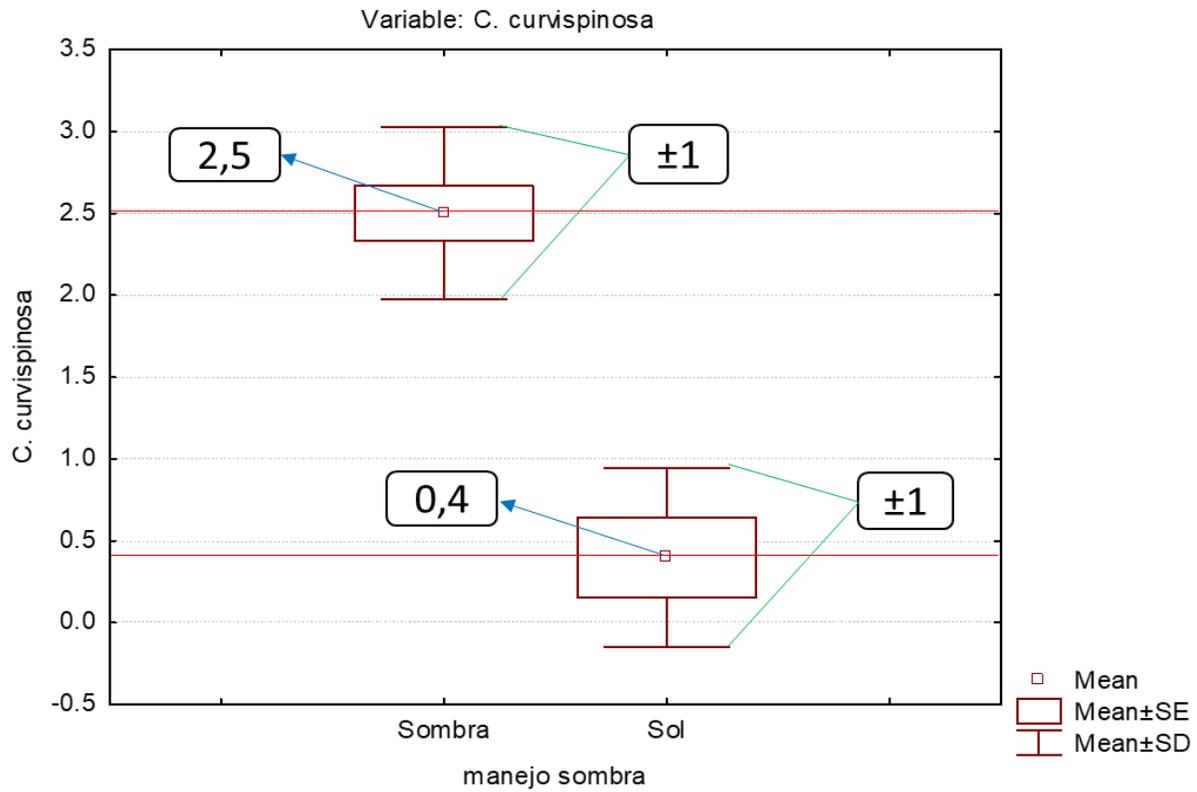


Figura 3. Gráfico de cajas, donde se representa la relación entre presencia de *C. curvispinosa* en función del manejo de las fincas sombra/sol

De acuerdo con la Figura 3, Nos muestra un gráfico de cajas de (Kruskal-Wallis, 1952), donde se presenta: la media y desviación estándar de los individuos estimados por finca, con un $2,5 \pm 1$ individuos para fincas con sombra y un $0,4 \pm 1$ individuos para aquellas bajo sol.

5. DISCUSION

La broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari), es una de las plagas más importantes a nivel mundial, causante de grandes en pérdidas de rendimiento y calidad del grano, por ende, los porcentajes de infestación pueden llegar a afectar en su totalidad la producción. En el presente trabajo se registraron diversos porcentajes: la mayor infestación se presentó en las fincas 3A y 2D (Vilcabamba y Quilanga) con un 83,3% y la más baja se presentó en la finca 3C (Puyango) con un 26,7%. Según Bustillo (2006) esas diferencias se presentan a las diferentes condiciones microambientales de cada zona ya que se ha observado que afectan a la emergencia de la broca. Además, se ha comprobado que está relacionado con la forma de evaluación de las fincas, los tipos de control, el manejo de estas y las forma de cosecha (Bustillo *et al.*, 1998). En cuanto a los enemigos naturales encontrados se puede decir que la diversidad fue muy baja, puesto que solo se registraron dos especies de parasitoides y un depredador, siendo este último quien se encontró mayormente, concretamente en el 80% de las fincas

P. nasuta es un ectoparasitoide solitario de larvas y pupas (Enríquez y Duicela, 2014; Campos, 2015). Se encuentra dentro de los cuatro parasitoides específicos de broca, siendo uno de los parasitoides nativos de África que fueron introducidos en 1988, y de hecho fue utilizado como uno de los primeros parasitoides para el control biológico de broca en Ecuador (Vera, Gil y Benavides, 2013). El porcentaje de parasitismo registrado en el presente trabajo por parte de *P. nasuta* fue bajo con un 0,015% lo cual diverge de lo mencionado por Rivera, Montoya y Machado (2010) quienes registraron en condiciones similares de altitud (1160 a 1500 msnm) en Colombia porcentajes de parasitismo de 44,8% \pm 2,9 a 19,4°C y 69,9% \pm 5,2 a 21,6°C. Por otra parte, Maldondo y Benavides (2007) reportan porcentajes de parasitismo oscilando entre 0,25 y 50% en similares condiciones de manejo del cafetal. Así mismo, Morales, Bacca y Soto (2011) presentaron porcentajes con promedio de parasitismo de 0,2 al 11,6% en condiciones de manejo del cafetal similar. Estos porcentajes bajos de parasitismo se deben a que no es un parasitoide nativo de Ecuador. Se han hecho por parte de Orellana y Jadan (2000) liberaciones de varios parasitoides, entre ellos *P. nasuta* en el sector de Malacatos para evaluar diversos controles sobre broca, encontrando una actividad hasta un radio de 25 m del árbol de liberación y un

4,43% de parasitismo. Por otro parte, Tandazo *et al.* (1997) realizaron liberaciones de *Cephalonomia stephanoderis* en 1996 en fincas próximas a las revisadas, y sin embargo en el presente estudio no ha sido encontrado. Los parasitoides introducidos no siempre consiguen establecer poblaciones en el nuevo ecosistema, lo cual reduce su eficiencia como controladores al quedar su acción supeditada a que se realicen liberaciones continuadas, lo cual encarece los costos de este tipo de control.

Trichogramma sp. es una pequeña avispa que parasita huevos de aproximadamente 250 especies de lepidópteros, pero también ataca huevos de coleópteros, hemípteros, himenópteros y algunas otras especies (Zumbado y Azofeifa, 2018). La especie obtenida registró un parasitismo del 0,14%, lo cual es un porcentaje bajo en comparación con los obtenidos por Meza, Barrera, Pérez y Willians (2004) en condiciones controladas de laboratorio que evaluaron la preferencia de *T. pretiosum* sobre huevos de diferentes edades de *H. hampei*, donde se registró una preferencia en huevos de 1, 2 y 3 días con un porcentaje de parasitismo del 12-14%, mientras que no hubo una actividad sobre huevos más viejos. Además, observaron que la preferencia sobre los huevos de *H. hampei* decrecía en cada generación al comparar con la preferencia por huevos de lepidópteros. En otras investigaciones se han registrado elevados niveles de parasitismo de *Trichogramma* sobre huevos de lepidópteros, desde el 50% hasta el 92% (Velásquez y Gerding, 2013; Abrahante, Castellanos y Jimenes, 2014). De esta manera la baja presencia en las fincas y los porcentajes de parasitismo registrados en la investigación difieren drásticamente de estos, debido precisamente a que esta especie no es un parasitoide específico de coleópteros, sino que lo hace de una forma alternativa (Löhr, *et al.*, 2018).

En la presente investigación solo se encontró un depredador, *C. curvispinosa*, una hormiga de colonias pequeñas que es depredadora de huevos, larvas y pupas de algunos insectos (Redolfi *et al.*, 2002). Los bajos porcentajes de depredación obtenidos divergen drásticamente de los encontrados por Vera, Gil y Benavides (2013), quienes reportaron porcentajes de depredación del 27,5% de los estados de huevo, el 57,5% de las larvas y el 52,5% de las pupas de la broca. En una investigación llevada a cabo por Vélez, Bustillo y Posada (2006) se reportó un porcentaje de depredación del 97% sobre adultos por parte de otras especies de hormigas: *S. geminata*, *Dorymyrmex* sp., *Pheidole* sp. y *M. smithii*. De

esta manera, aunque las hormigas son reportadas como depredadores efectivos de broca (CENICAFE, 1990; Bustillo A., Cárdenas. M, y Posadaf F., 2002; Varón et al., 2004; Gallego y Armbrrecht, 2005), en el presente trabajo se obtuvieron porcentajes de depredación bajos principalmente porque se registró un número bajo de individuos por finca, además el tipo de muestreo no fue el adecuado para evaluar la presencia del depredador y posiblemente hay una subestimación de la capacidad depredadora de la hormiga, ya que la estimación está basada en los datos observados en laboratorio a partir del ataque sobre presas durante un tiempo determinado (Way, 1963; Varón et al., 2004; Vera, Gil, y Benavides, 2013).

Referente a la relación de la presencia de los enemigos naturales de la broca con las condiciones de manejo (Sombra/Sol) de la finca, se obtuvo una relación significativa de la abundancia de *C. curvispinosa* con el tipo de manejo sol/sombra, de manera que los cafetales con sombra favorecen la presencia de esta hormiga. Esto concuerda con lo mencionado por Varón *et al.* (2007) quienes evaluaron la presencia de diferentes tipos de hormigas en sol y sombra y encontraron que *C. curvispinosa* apareció casi exclusivamente en las fincas con sombra en la parte aérea de los arbustos de café. De igual manera, Armbrrecht y Gallego (2007) denotan el papel que juegan las hormigas depredadoras de la broca en los cafetales con sombrero de árboles y en épocas lluviosas, ya que en estos sistemas tienen una mayor depredación. Además, cabe acotar que la selección de las plantas utilizadas para sombra tiene que ser un buen criterio ya que esta herramienta facilita la supervivencia de la fauna benéfica que ataca la broca: parasitoides como *C. stephanoderis* y *Prorops nasuta* han mostrado que se alimentan del néctar de las arvenses, las cuales se desarrollan en cafetales bajo sombra (Salazar y Baker, 2002). La sombra en sistemas agroforestales puede favorecer la variabilidad de la entomofauna benéfica, como el caso de los depredadores y parasitoides, e incluso pueden estar asociados a las especies que se usen para sombra o el porcentaje de sombra empleada (Mazón, *et al.*, 2018). Por tanto, sería interesante investigar qué porcentaje de sombra o qué especies son más propicias para la presencia tanto de los parasitoides como de los depredadores.

En cuanto a la presencia de *C. curvispinosa* y el tipo de control no se observó una relación demostrativa, por lo que el tipo de control que se le da a las fincas no parece influir en la

presencia o no del depredador. En otros trabajos (Vásquez *et al.*, 2008) se ha observado que poblaciones de enemigos naturales se reducen notablemente por los agrotóxicos usados en controles químicos y por los diferentes controles culturales que se dan, aunque al parecer dicho efecto es más notorio sobre parasitoides que sobre hormigas (Matlock & de la Cruz, 2003). Al parecer, distintos tipos de plaguicidas no alteran la abundancia o la riqueza de hormigas, aunque sí pueden alterar la composición (Kwon, 2010; Wang *et al.*, 2000). Además, el efecto que los plaguicidas puedan tener sobre las poblaciones de broca tampoco estaría incidiendo sobre la población de hormiga porque esta tiene otras fuentes de alimento disponibles, como sustancias líquidas azucaradas que pueden encontrar en nectarios extraflorales de plantas como *Cassia reticulata* y *Urena trilobata*, o como la miel expulsada por varios grupos de hemípteros que se alimentan de savia (Soria, Villagrán y Ocete, 1994; Aldana, *et al.*, 1998), todos ellos recursos que han sido evidenciados visualmente en la mayoría de las fincas.

La presente investigación muestra cómo se encuentra la presencia de los insectos controladores de broca en las fincas de la provincia de Loja, y cómo se relacionan estos con el manejo de los cultivos. La metodología de recolección para obtención de los diferentes insectos y las limitaciones que se presentaron para poder muestrear las fincas en donde se realizaron investigaciones de liberación de algunos parasitoides pueden mostrar un sesgo, por lo que se debería continuar el estudio abarcando un mayor número de fincas y ampliando el periodo de muestreo, para de esta manera poder manejar a largo plazo de manera sustentable la producción de café en la provincia.

6. CONCLUSIONES

- Se identificaron dos parasitoides (*Prorops nasuta* y *Trichogramma spp.*) y un depredador (*Crematogaster curvispinosa* Mary) de broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari, Siendo este último el de mayor presencia.
- El mayor ataque lo presentó la hormiga *Crematogaster curvispinosa* Mary con una depredación de 0,25% para huevos, 0,21% para larvas y 0,66% para pupas, *Trichogramma sp.* registro un parasitismo del 0,14% y el menor ataque lo presentó *Prorops nasuta* con un parasitismo del 0,015%
- *Crematogaster curvispinosa* es un depredador natural recomendable para empleo de controles biológicos, *Prorops nasuta*, aunque es un parasitoide específico de esta plaga se debe evaluar su adaptabilidad después de las liberaciones para el empleo en controles.
- *Trichogramma sp.* no es recomendable para el control de broca ya que, este tiene preferencia de parasitismo sobre huevos de Lepidópteros que por huevos de otras especies en este caso del coleóptero de Broca
- La presencia de *Crematogaster curvispinosa* Mary está estadísticamente ($H=10,1942$, $p = 0,0014$; un valor de p menor al 0,05% indica que hay diferencia), influenciada por el manejo (sol/sombra) siendo así que se presenta con mayor frecuencia en los cafetales manejados con sombra que en aquellos que se maneja con sol.
- El tipo de control que se le da a la finca no influye significativamente ($H = 0,2623$, $p = 0,8771$; un valor de p mayor al 0,05% indica que no hay diferencia) en la presencia o ausencia de *Crematogaster curvispinosa* Mary

7. RECOMENDACIONES

- Tomar muestras durante un mayor periodo de tiempo por fincas específicamente todo el periodo de maduración de los frutos, para identificar cual es el punto en que hay la presencia de los enemigos naturales de la broca.
- Realizar toma de datos de Temperatura y Humedad para poder determinar las condiciones óptimas para la presencia de los insectos que atacan a broca del café.
- Evaluar la presencia de *P. nasuta* y hacer crías para posteriores liberaciones ya que es un parasitoide que se reporta como altamente efectivo en el control de la broca del café, además de evaluar su adaptabilidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abrahante. E., Castellanos, L. y Jiménez. R. (2014). Calidad de la producción de *Trichogramma* spp. En el laboratorio de la empresa pecuaria “El Tablon”. Vol. 2 No: 2:285-294
- Aldana, R., Aldana, J., Calvache, H., y Arias, D. (1998). The role of the *Crematogaster* spp. ant in the natural control of *Leptopharsa gibbicularina* in an oil palm plantation in the Central Zone. PALMAS, Volumen 19, No. 4, 1998
- APIA. (2017). Infografía broca del café. (En línea). Consultado el 18 de Junio del 2018. Formato PDF. Disponible en: <http://www.apia-bolivia.org/>
- ARMBRECHT, I.; GALLEGO, M. C. 2007. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124 (3): 261–267.
- Baker, P. S. (1984). Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 62: 9-24.
- Baker, P. S.; Barrera, J. F.; Rivas, A. (1992). Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *Journal of Applied Ecology* 29: 656-662.
- BAKER, P. S.; RIVAS, A.; BALBUENA, R.; LEY, C.; BARRERA, J. F. (1994). Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 71: 201-209.
- Beatriz, S. (2016). El café del Sur Ecuatoriano. Consultado en línea el 29 de Julio del 2018. Disponible en <https://www.cronica.com.ec>
- Bergamin, J. 1943. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). *Arquivos do Instituto Biologico, São Paulo*. 14: 31-72.
- Brun, L.; Stuart, J.; Gaudichon, V.; Aronstein, K.; Ffrench-Constant, R. (1995). Functional haplodiploidy: a mechanism for the spread of insecticide resistance in an important international insect pest. *Proceedings National Academy of Sciences, U. S. A.* 92: 9861-9865.

- Bustillo, A. E; Cárdenas R.; Villalba, D.; Benavides, P.; Orozco, J.; Posada F. (1998). Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 134 p
- Bustillo, P., Cárdenas, M., Posada F., (2002) Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera:Scolytidae) in Colombia. Neotropical Entomology 31 (4): 635-639. 2002.
- Bustillo, A. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2): 101-116
- Bustillo, A. (2015). Control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Memorias XX Congreso Venezolano de Entomología. San Cristóbal, Venezuela, Universidad Nacional Experimental del Táchira, p. 11 – 17
- Bustillo, A. E; Cárdenas R.; Villalba, D.; Benavides, P.; Orozco, J.; Posada F. (1998). Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 134 p.
- Camilo, L. (2003). Biología, de la broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). Costa Rica. CATIE
- Campos, O. 2015. Origen y distribución de la broca. (En línea). Consultado el 16 de Julio del 2018. Formato HTML. Disponible en: <http://www.anacafe.org>
- Canet, B., Soto, V., Ocampo, T., Rivera, R., Navarro, H., Guadalupe, M., y Villanueva, R. (2016). La Situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe. San José: C.R.: IICA,
- Castrillon, J., Sanz, J., y Ramoa, P. (2017). Algoritmos para la identificación de café lavado afectado por la broca del café. Cenicafé, 68(3), 19 pp
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Manual de capacitación en control biológico. Chinchiná, CENICAFÉ- CAB International Institute – ODA, 1990. 174 p.
- Cisneros, F. (2014). Control químico de plagas. Consultado en línea el 29 de Julio del 2018. Disponible en AgriFoodGateway.com

- Cisneros, M. (2017). Selección de cultivares promisorios de café *Coffea arabica* basado en resistencia a roya del café *hemileia vastatrix* berk. & br. in vitro y en condiciones de campo en zonas cafetaleras de Guatemala c.a. Tesis: Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Consuelo, M. 2010. Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del Cauca. Consultado en línea el 29 de Julio del 2018. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/250697222/Manual-del-Cafetero-olombiano.axt>
- Corbett, G. H. 1933. Some preliminary observations on the coffee berry beetle borer *Stephanoderes (Cryphalus) hampei* Ferr. *Malayan Agricultural Journal (Malaya)* 21 (1): 8-22.
- Decazy, B. (1990). Descripción, biología, ecología y control de la broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). p. 133-139. En: 50 años de Cenicafe 1938-1988, Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Colombia. 255 p.
- Díaz, J., Pérez, J., Magallanes, R., Cedeño, R., Pinson, E., Coss, M., y Cabrera, M. (2014). Control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) con diferentes dosis del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Moniliales: Moniliaceae) en Unión Juárez, Chiapas, México. *Vedalia*. 15:15-21.
- Edgar H. Varón¹, E., Paul Hanson², J., John T. Longino³, J., Olger Borbón⁴, O., Manuel Carballo⁵. M. y & Luko Hilje, L. (2007). Distribución espacio-temporal de hormigas en un gradiente de luz, dentro de un sistema agroforestal de café, en Turrialba, Costa Rica. *Rev. biol. trop* vol.55 n.3-4 San José Sep./Dec. 2007
- Enríquez C, y Duicela, L. (2014). Guía técnica para producción y poscosecha del café Arábigo (1 ed.). Portoviejo. Ecuador.
- ESPAC. (2017) Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. (En línea). Consultado el 16 de Junio del 2018. Formato HTML. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Fernández, F. (2003). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 398 p.

- Fernández, F. y M. J. Sharkey (eds.). 2006. *Introducción a la Hymenoptera de la región neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., xxx +894 pp.
- Fernández, S. y Cordero, J. (2007). Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) En condiciones de laboratorio. *Bioagro* 19(1): 35-40
- Gallego, M. C.; I. Armbrrecht: «Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia», *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 76:32-40, Costa Rica, 2005.
- Giraldo, G. (2017). Manejo integrado de plagas – MIP. CIAT.
- Goitia, W.; Cerda, H. (1998). Hormigas y otros insectos asociados a musáceas y su relación con *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Agronomía Tropical* 48(2):209-224.
- Guerrero, M. (2017). Rendimientos de café grano seco en el Ecuador. Quito: Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Gutiérrez, N. (2014). Control de la Broca del Café (En línea). Consultado el 12 de Junio del 2018. Formato PDF. Disponible en <https://seder.jalisco.gob.mx/>
- Hernández, F., Soto, P. y Montoya, G. (2015). La producción y el consumo de café. ECORFAN- Spain. ISBN 978-607-8324-49-1
- Herrera, J. y Armbrrecht, I. (2007).
- Infante F. and Barrera L. J. 1993. Estadísticos demográficos de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Himenóptera: Bethyridae) a temperaturas constantes. *Folia Entomol. Mex.* 87: 61–72.
- Infante, F. (2018). Estrategias de manejo de plagas contra el barrenador del café (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *J Agric Food Chem.* 66 (21): 5275 - 5280. doi: 10.1021
- JICA (2013). Guía del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para técnicos y productores. Veraguas: Panamá. MINSAs, MIDA, MEDUCA

- Kwon, T. (2010) Effect of the application of an Organophosph ate Pesticide (Fenitrothion) on Foraging Behavior of Ants. Jour Korean For. Soc. Vol. 99, No. 2, pp. 179~185 (2010)
- Löhr, B., Díaz Niño, M.F., Manzano, M.R., Narváez Vásquez, C.A., Gómez-Jiménez, M.I., Carabalí, A., Vargas, G., Kondo, T. & Bustillo Pardey, A.E. 2018. Capítulo 10. Uso de parasitoides en el control biológico de insectos plaga en Colombia. In Cotes, A.M. (Ed.), Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 1. Agentes de control biológico (pp. 454-485). Bogotá, Colombia: Agrosavia Editorial.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2017). MAGAP renueva hectáreas de café en Loja. Consultado en línea el 29 de Julio del 2018. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Maldonado L., C.E.; Benavides M., P. (2006). Establecimiento de los parasitoides de la broca del café, *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* y variabilidad genética de *P. nasuta* en Colombia. In: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 33. Manizales, Julio 26 - 28, 2006. Resúmenes. Manizales, SOCOLEN, 2006. p. 126.
- Matlock., R., y De la Cruz., R. (2003) Ants as Indicators of Pesticide Impacts in Banan. Environ. Entomol. 32(4): 816-829 (2003)
- Mazón, M., Sánchez, D., Diaz, F., Gutiérrez, F. y Jaimez, R. (2018). Entomofauna Associated with Agroforestry Systems of Timber Species and Cacao in the Southern Region of the Maracaibo Lake Basin (Mérida, Venezuela). Insects 2018, 9, 46; doi:10.3390/insects9020046
- Mesa, M., Molina, O., y Pulgarín, A. (2017). Estimación de la tasa de infestación de la Broca en un cafetal, utilizando un modelo tipo SIR. *TEORÍA Y APLICACIONES*, 24(2), 20pp
- Miguel, A. E.; Paulini, A. E. 1975. Velocidade de penetração da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no fruto do café. En: Congresso Brasileiro de pesquisas Cafeeiras, 3. Resumos. Curitiba, 18- 21. Novembro 1975. Rio de Janeiro, IBC, p. 50-52.

- Montes, L., Armando, Armando, A., y Almicar, A. (2013). Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 10(1): 98 - 108
- Morales, R., Bacca, T. y Sota, A. (2011). Establecimiento de los parasitoides de origen africano de la broca del café en la zona cafetera del norte del departamento de Nariño. ISSN 0123 - 3068 *bol.cient.mus.hist.nat*3068 *bol.cient.mus.hist.nat.* 15 (2): 81 - 93
- Moreno, D; González, H; Botta, E; Martínez, A y Ovies, J. (2005). Evaluación de la efectividad de trampas rústicas para la captura de hembras adultas de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Fitosanidad* Vol. 9(3). p 27-30.
- Muñoz, L. (2014). Ensayos sobre Economía Cafetera. Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Olortegui, T. (2013). Manejo integrado de plagas de café. Cajamarca: Perú. JAÉN.
- Orellana, H., y Jadan, J. (2000). Control integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei*. F. en el sector de Malacatos. Loja Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Párraga, M. (2017). Efecto de trampas artesanales para el monitoreo y control de broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en el Cantón Bolívar, Manabí. (Tesis previa la obtención del título de ingeniero agrícola). Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Manabí
- Pérez, N., Castellanos, L. y Jiménez, R. (2013). Impacto de la entrada de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en la Empresa Municipal agropecuaria de Fomento. *Rev. Centro Agrícola*, 40(1), 9pp.
- Pimentel, O. Environmental and economic issues associated with pesticide use. In: International Conference on Pesticide use in Developing Countries: Impact on Health and Environment. San José (Costa Rica). pp.8-14. 1998.
- Redolfi, I., Tinaut, A., Pascual, F. y Campos, M. (2002). Activity pattern of *Tapinoma nigerrima* (Nylander) and *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera, Formicidae) in an olive grove and the laboratory. *Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Profesor Albareda*, 1. 18008 Granada. 1130-4251 (2002-2003), vol. 13/14, 37-55

- RIVERA, H. 1997. Establezca coberturas nobles en su cafetal utilizando el selector de arvenses. Cenicafé, Avances técnicos No. 235, Chinchiná, Colombia, 8 p.
- RIVERA, H. 2000. El selector de arvenses modificado. Cenicafé, Avances técnicos No. 271, Chinchiná, Colombia, 4 p.
- Rivera. L. y Armbrrecht. I. (2015). Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. 10.13140/RG.2.1.5070.0645
- Rivera. P., Montoya. E. y Macahdo. P. (2010). Biología del parasitoide *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) en el campo y su tolerancia a insecticidas. Cenicafé, 61(2):99-107
- Ruiz, R. (1996). Efecto de la fenología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tesis: Ingeniero Agrónomo. Manizales, Colombia. 87 p.
- SALAZAR, H. M.; BAKER, P. S. 2002. Impacto de liberaciones de *Cephalonomia stephanoderis* sobre poblaciones de *Hypothenemus hampei*. Revista Cenicafé (Colombia), 53 (4): 306-316.
- Sánchez, E.; Dufour, B.; Olivas, A.P.; Virginio Filho, E. De M. Vilches, S.; Avelino, J. 2013. Shade has antagonistic effects on coffee berry borer Proceedings of the 24th International Conference on Coffee Science (ASIC), November 11-16, 2012, 2013. San José, Costa Rica: ASIC.
- SIAP, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2014). Cierre de la producción agrícola. [En línea]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Fecha de consulta: 04 de julio del 2018
- Sim, S., Yoneishi, N., Brill, S., y Follet, P. (2016). Molecular markers detect cryptic predation in coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae) by flat beetles *Silvanid* and *Laemophloeid* (Coleoptera: Silvanidae, Laemophloeidae) on coffee beans. J Econ Entomol. 109 (1): 100-5. doi: 10.1093 / jee / tov284.
- Soria, F., Villagrán, M., y Ocete, M. (1994). Estudio del comportamiento alimentario de *Crematogaster scutellaris* Oliv. (Hym. Formicidae) en tres alcornoques del SW español. Bol. San. Veg. Plagas, 20: 637-642, 1994

- Staver, C; Guharay, F; Monterroso, D. and Muschler, R. 2001. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. *Agroforestry Systems* 53(2):151-170.
- Tandazo, R., Cisneros, P., Jaramillo, T. y Espinoza, O. (1997). Control integrado de la broca del café en la región sur del país. Loja: Ecuador. MAG.
- Ticheler, J. H. G. 1963. Estudio analítico de la epidemiología del escolítido de los granos de café, *Stephanoderis hampei* Ferr., en Costa de Marfil (Traducción G. Quiceno). *Revista Cenicafé* 14 (4): 223- 294.
- Torres, C. y Azuero, J. (2012). Análisis Sectorial del Café en la Zona 7 del Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja. Tesis: ingeniero en administración de empresas. Loja.
- Trujillo, J. (1992). Control biológico por conservación: enfoque relegado. Perspectiva de su desarrollo en Latinoamérica. *Memorias del IV Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. CEIBA (Honduras)*. 33 (1): 17-26. 1992.
- Varón, E.; P. Hanson; O. Borbón; M. Carballo; L. Hilje: «Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica», *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 73:42-50, Costa Rica, 2004.
- Vázquez, L. L.; Y. Matienzo; M. Veitía y J. Alfonso. Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. INISAV. Ciudad de La Habana, Septiembre de 2008. 198p
- Velásquez, C. y Gerding, M. (2013). Evaluación de Diferentes Especies de *Trichogramma* spp. para el Control de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agric. Téc.* v.66 n.4 Chillán dic.
- Vélez, M., Bustillo, A. y Posada, F. (2006). Depredación de *Hypothenemus hampei* POR hormigas durante el secado solar del café. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 77:62-69. Costa Rica.
- Vera, L., Gil, Z., y Benavides, P. (2013). Identificación de enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* en la zona cafetera central colombiana. *Cenicafé* 58(3):185-195.
- Vicmar, L. 2016. Origen y distribución de la broca. (En línea). Consultado el 16 de Junio del 2018. Formato HTML. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com>

- Villarreyna, R. (2016). Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto. Alemania. Ministerio federal del medio ambiente
- Wang, C., Strazanaca, J., y Butler., L. (2000). Abundance, Diversity, and Activity of Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Oak-Dominated Mixed Appalachian Forests Treated with Microbial Pesticid. *Environ. Entomol.* 29(3): 579-586 (2000)
- WAY, M. J.; KHOO, K. C. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology (Estados Unidos)* v.37, p.479-503.
- Zachrisson, B. 1. (2017). Control biológico de plagas agrícolas, en américa central. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 169(8): 3
- Zachrisson, B. 2. (2017). Control Biológico de Plagas Agrícolas, utilizando Parasitoides y Depredadores, en América Central. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 169(68): 6
- Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. 2018. Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

9. ANEXOS



Anexo 1. a) Visita a las fincas en Vilcabamba; a) En presencia del Ingeniero de AGROCALIDAD; b) En presencia de la Directora de tesis



Anexo 2. Plantas de café; a) Pleno Sol; b) Bajo Sombra



Anexo 3. Recolección de muestras; a) Selección de plantas; b) Selección de granos brocados; c) enfundado de granos



Anexo 4. Granos brocados: a) Almacenamiento en tarrinas; b) disección de granos para conteo de individuos



Anexo 5. Identificación de los insectos parasitoides y depredadores.



Anexo 6. Socialización de resultados con los estudiantes del Cuarto Ciclo de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

INTRODUCCIÓN

El café es el principal cultivo comercial en aproximadamente 80 países tropicales siendo uno de los productos agrícolas más consumidos a nivel mundial, el cual con frecuencia se ve afectado en rendimiento y calidad debido al ataque de plagas como *Hypothenemus hampei* (Ferrari).

El control de esta plaga se ha basado principalmente en el uso de insecticidas sintéticos, control biológico y cultural. Para la provincia de Loja actualmente se dan los tres tipos de control, para un manejo efectivo biológico con insectos enemigos naturales no se tiene reportes, solo algunas liberaciones de parasitoides africanos realizada hace algunos años.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un muestro por finca y se seleccionó 3 fincas/zona de las cuales primeramente se evaluó el nivel de incidencia para posterior coleccionar las muestras, se seleccionaron 20 granos/planta de 15 plantas/finca tales granos se colocaron en tarrinas que se les coloco papel filtro en la base, y previamente abiertos agujeros, se realizó el seguimiento e identificación de los depredadores o parasitoides emergentes los cuales se utilizó la siguiente fórmula para evaluar su parasitismo y depredación:

$$Ii = \frac{m}{n} \cdot 100$$

Donde:

Ii: Índice de incidencia

n: total de individuos

m: total de individuos afectados

Para la relación de variables entre presencia de los insectos y el tipo de manejo y control que se lleva a cabo se realizó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis)

RESULTADOS

Porcentaje de infestación de las fincas.

	# Fincas	# Árboles dañados	% de infestación
Vilcabamba	1A	15	50,0
	2A	10	33,3
	3A	25	83,3
Olmedo	1B	18	60,0
	2B	11	36,7
	3B	10	33,3
Puyango	1C	22	73,3
	2C	18	60,0
	3C	8	26,7
Quilanga	1D	22	73,3
	2D	25	83,3
	3D	10	33,3
Chaguarpamba	1E	17	56,7
	2E	19	63,3
	3E	9	30,0

Número de individuos de broca obtenidos en cada una de las fincas estudiadas (Media ± DE)

	Huevo	Larvas	Pupas	Adultos
Media	7,23 ± 1,56	17,00 ± 1,92	4,58 ± 1,11	7,55 ± 1,27
Total por finca	2170	5100	1375	2265

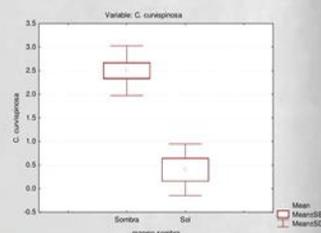
Índices de Parasitismo

Finca	Parasitoide	# Insectos	# Larvas	# Huevos	% De Parasitismo
1A	<i>Trichogramma sp.</i>	3		2170	0,14
3A	<i>P. nasuta</i>	1	5100		0,02

Porcentaje de depredación

Estado	# Huevos	Estimación de ataque	% Depredación
#Huevo	2170	3/10	30
#Larvas	5100	6/10	60
#Pupas	1375	5/10	50

Relación entre variables



CONCLUSIONES

Se identificaron dos parasitoides (*P. nasuta* y *Trichogramma spp.*) y un depredador (*C. curvispinosa* Mary) de broca del café *H. Hampei* Ferrari, Siendo este último el de mayor presencia.

El mayor ataque lo presento la hormiga *C. curvispinosa* Mary con una depredación de 30% para huevos, 60% para larvas y 50% para pupas, *Trichogramma sp.* registro un parasitismo del 0,14% y el menor ataque lo presento *P. nasuta* con un parasitismo del 0,2%

C. curvispinosa es un depredador natural recomendable para empleo de controles biológicos, *P. nasuta*, es recomendable en forma de cría y liberaciones constantes hasta establecer una adaptabilidad de este parasitoide; y *Trichogramma sp.* no es recomendable para el control de broca ya que, este tiene preferencia por huevos de Lepidópteros que por huevos de otras especies en este caso de coleópteros.

La presencia de *C. curvispinosa* Mary está altamente influenciada por el manejo (H = 10,1942, p = 0,0014), siendo así que se presenta con mayor frecuencia en los cafetales manejados con sombra que en aquellos que se maneja con sol.

El tipo de control que se le da a la finca no influye significativamente (H = 0,2623, p = 0,8771) en la presencia o ausencia de *C. curvispinosa* Mary



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
INGENIERÍA AGRONÓMICA

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSECTOS
CONTROLADORES DE LA BROCA DEL
CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferrari EN LA
PARROQUIA VILCABAMBA Y LOS
CANTONES OLMEDO, CHAGUARPAMBA,
PUYANGO Y QUILANGA, DE LA
PROVINCIA DE LOJA

Autor:

Junior Alejandro Jaramillo Cabrera

Director:

Dra. Marina Mazón Morales, PhD

Loja – Ecuador

Anexo 7. Tríptico de exposición de resultados

Anexo 8. Porcentaje de infestación por finca.

	# Finca	Fecha de muestreo	# Arboles muestreados	# Árboles dañados	% de infestación/ finca
Vilcabamba	1A	16-11-2018	30	15	50,0
	2A		30	10	33,3
	3A		30	25	83,3
Olmedo	1B	18-01-2019	30	18	60,0
	2B		30	11	36,7
	3B		30	10	33,3
Puyango	1C	01-02-2019	30	22	73,3
	2C		30	18	60,0
	3C		30	8	26,7
Quilanga	1D	06-12-2018	30	22	73,3
	2D		30	25	83,3
	3D		30	10	33,3
Chaguarpamba	1E	13-03-2019	30	17	56,7
	2E		30	19	63,3
	3E		30	9	30,0

Anexo 9. Porcentaje de parasitismo de *P. nasuta*.

Finca	# De Parasitoides	# Larvas	% De Parasitismo
3A	1	5100	0,015

Determinación del nivel de parasitismo *P. nasuta*. Sobre larvas de broca del café el cual presento un 0,015%

Anexo 10. Porcentaje de parasitismo de *Trichogramma* sp.

Finca	# De Parasitoides	# Huevos	% De Parasitismo
1A	3	2170	0,14

Determinación del nivel de parasitismo *Trichogramma* sp. Sobre huevos de broca del café el cual presento un 0,14%

Anexo 11. Resumen de datos obtenidos de las fincas e insectos que atacan a broca.

Finca	Sol/Sombra	Control	<i>P. nasuta</i>	<i>Trichogramma</i> sp.	<i>C. curvispinosa</i>
1A	Sombra	Control cultural	0	3	2
2A	Sol	Control cultural	0	0	1
3A	Sombra	Control cultural	1	0	3
1B	Sombra	Control cultural	0	0	3
2B	Sol	Control químico	0	0	0
3B	Sombra	Control químico	0	0	3
1C	Sombra	Control químico	0	0	2
2C	Sombra	Control químico	0	0	2
3C	Sol	Control cultural	0	0	1
1D	Sombra	Control cultural	0	0	2
2D	Sombra	Control biológico	0	0	3
3D	Sol	Control biológico	0	0	0
1E	Sombra	Control químico	0	0	3
2E	Sombra	Control cultural	0	0	2
3E	Sol	Control cultural	0	0	0

Resumen de datos obtenidos en cuanto al manejo, control de cada una de las fincas, además del número de insectos que atacan a broca que se registraron por finca, detonándose mayor presencia de *C. curvispinosa* en las fincas *Trichogramma* sp