



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

**Trabajo de graduación**

Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* **Bálsamo**, para el control de  
broca del café *Hypothenemus hampei* Fer., finca Buena Vista ANACAFÉ, San  
Sebastián, Retalhuleu.

T.P.A. WAGNER ALFREDO GARCIA AYALA

201340221

MAZATENANGO, MARZO DEL 2020



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

**Trabajo de graduación**

Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* **Bálsamo**, para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* Fer., finca Buena Vista ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu.

T.P.A. WAGNER ALFREDO GARCÍA AYALA

201340221

ING. AGR. M. Sc. ERICK ALEXANDER ESPAÑA MIRANDA  
REVISOR

MAZATENANGO, MARZO DEL 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

Secretaria General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

T.P.A. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM Y TAE Rony Roderico Alonzo Solis

Vocal

## COORDINACIÓN ACADÉMICA

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Académico

Dr. Edy Rodolfo Maldonado Rivera  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edín Aníbal Ortiz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía, Administración Educativa y Psicopedagogía

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. José David Barrillas Chang  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas  
y Sociales Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área Social

## CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez  
Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

Lic. Heinrich Herman León  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación



Mazatenango, 26 de Octubre de 2020.

M.Sc. Erick Alexander España Miranda  
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.  
Centro Universitario del Suroccidente.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Maestro España:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber aprobado el EPSAT en la carrera de Agronomía Tropical, solicito poder realizar el trabajo de graduación, para proseguir con el debido proceso de graduación.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

T.P.A. WAGNER ALFREDO GARCÍA AYALA.

201340221

Estudiante de la Carrera de Agronomía Tropical.



Mazatenango, 4 de Noviembre de 2020.

Honorable Consejo Directivo:  
Centro Universitario del Suroccidente.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Su despacho.

Respetables Miembros del Consejo Directivo:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* Bálamo, para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* Fer., finca Buena Vista ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu.”**; presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wagner', written over a horizontal line.

T.P.A. WAGNER ALFREDO GARCÍA AYALA

Carné: 201340221

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones en Café-CEDICAFÉ-ANACAFÉ, especialmente al Ing. Agr. Oscar Guillermo Campos Almengor investigador nacional en plagas y enfermedades del café, por la dirección en la elaboración y ejecución en campo del documento de investigación, amistad, apoyo y asesoría en la realización de pruebas en laboratorio sobre las cepas de *Beauveria bassiana*. Al personal laboral para ejecución y montaje de la investigación: Daniel Santos Conlon, Nery Reyes Maldonado, Nidia Magdalena Monterroso Santizo y Rivelino Jacinto Mazariegos Reyes.

A la Asociación Nacional del Café especialmente a Finca Buena Vista, administrador Mauro José Mayorga, por el espacio brindado para llevar a cabo la investigación.

A la Fundación Nacional Café-FUNCAFÉ, especialmente a enfermera María del Rosario Pu Guerrero por el apoyo moral y amistad.

A Ing. Agr. En recursos Naturales César Antonio Gramajo Cano, por la asesoría para la elaboración y redacción de documento durante todo el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado-E.P.S.

A la carrera de Agronomía Tropical en especial a los catedráticos por su apoyo moral y amistad.

## DEDICATORIA

Lleno de regocijo dedico el presente documento a cada uno de mis seres queridos siendo una gran satisfacción poder dedicarles a ellos:

**A DIOS:** ¿Cómo pagaré al señor todo el bien que me ha hecho? (salmo 115:4) En cambio daré gracias por todo lo que me permite y bendice. (conf. Filipenses 4:6) Siendo el señor mi fuerza y mi canción; él me ha dado la victoria. Él es mi Dios, y lo alabare; es el Dios de mi padre ¡y lo exaltare! (éxodo 15:2)

**A MIS ABUELOS:** Carmen Aleman (+), Ovidio Ayala, Rosa García y Alfredo García por todos sus consejos durante todas mis etapas académicas y para la formación personal inculcando valores.

**A MIS PADRES:** Lubeth A. García García y María del Mar Ayala Alemán, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, confianza, consejos y recursos para lograr la meta.

**A MIS AMIGOS DE ESTUDIO:** Herber Jom, Klariza Solares y Herbert Lucas Por las tantas situaciones de diferentes ánimos que compartimos juntos durante todos estos años de formación académica consejos, regaños y ayuda mutua.

**A MI FAMILIA:** siempre me he sentido maravillado por la familia que tengo, preocupándose por motivarme a seguir adelante y victorioso ante las diversas adversidades de la vida. Especialmente a Ing. Agr. Enrique García por el apoyo técnico y moral.

**OTRAS AMISTADES:** Por sus consejos y amistad a Magaly López, Abigail López; por el apoyo emocional y consejos a hna. Evelyn Juárez.

## ÍNDICE GENERAL

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
I	Resumen	1
II	Introducción	3
III	Marco Teórico	5
1	Marco conceptual	5
1.1	Origen del café en Guatemala	5
1.2	Taxonomía	6
1.3	Importancia del cultivo de café	6
1.4	Broca del fruto de café <i>Hypothenemus hampei</i>	6
1.4.1	Bioecología	7
1.4.2	Distribución y dispersión	7
1.4.3	Detección de la broca	7
1.4.4	Clasificación y sinonimia	7
1.4.5	Características morfológicas	8
1.4.6	Tipo y tamaño de pérdidas que ocasiona	8
1.4.7	Ciclo biológico	8
1.4.8	Fluctuación poblacional	9
1.4.9	Hospederos	9
1.4.10	Apareamiento y proporción de sexos	10
1.4.11	Importancia económica	10
1.4.12	Estructura del Manejo integrado de la Broca-MIB	10
1.4.12.1	Muestreos y niveles críticos	10

1.4.12.2	Control manual	11
1.4.12.3	Control cultural	11
1.4.12.4	Control etológico	11
1.4.12.5	Control biológico	12
1.4.12.6	Control químico	14
1.4.13	Umbral de daño económico	14
1.5	Experiencias de la aplicación comercial del control biológico de la broca en Guatemala	15
1.6	Los hongos entomopatógenos contra la broca del café	15
1.7	<i>Beauveria bassiana</i>	16
1.7.1	Clasificación taxonómica	16
1.7.2	Parámetros ambientales para su acción parasítica	16
1.7.3	Modo de acción	17
1.7.4	Época de aplicación del hongo	17
1.7.5	Medidas para no afectar la viabilidad de <i>B. bassiana</i> con aplicaciones de fungicidas dirigidas al control de enfermedades del café	19
1.7.6	Patogenicidad de cepas de <i>B. bassiana</i>	19
1.7.7	Evaluaciones en campo	20
2	Marco referencial	21
2.1	Información general de la unidad productiva	22
2.2	Referencias donde se efectuó la investigación	22

2.3	Mapa de ingreso a finca Buena Vista	22
2.4	Características del área en estudio	23
2.4.1	Topografía	23
2.4.2	Suelos	23
2.5	Manejo agronómico de la unidad evaluada	23
2.5.1	Manejo de malezas	24
2.5.2	Manejo de broca del café	24
2.5.3	Manejo de sombra	24
2.6	Características de <i>B. bassiana</i>	24
2.6.1	Morfología y biología	25
2.6.2	Investigaciones relacionadas	26
2.6.2.1	<i>B. bassiana</i> , alternativa biológica para el control de la broca del cafeto	26
2.6.2.2	Evaluación de ocho cepas de <i>B. bassiana</i> para control de broca del café <i>H. hampei</i>	26
2.6.2.3	Control de la boca del café ( <i>Hypothenemus hampei</i> ), utilizándose cepas del hongo <i>Beauveria bassiana</i> y el nemátodo <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	28
V	Objetivos	30
1	Objetivo general	30
2	Objetivos específicos	30
V	Hipótesis	31
VI	Materiales y métodos	32

1	Materiales y equipo	32
2	Recursos	34
3	Material experimental utilizado	34
3.1	Análisis estadístico	35
3.1.1	Diseño experimental	35
3.1.2	Modelo estadístico	35
3.1.3	Tratamientos evaluados	35
3.1.4	Unidad experimental y aleatorización	37
3.1.5	Unidad experimental	38
3.1.6	Parcela neta	38
3.1.7	Metodología para la evaluación de ocho cepas nativas de <i>Beauveria bassiana</i>	38
3.1.8	Variables a medir en los tratamientos	39
3.1.9	Determinación de la concentración de conidias de las cepas de <i>Beauveria bassiana</i>	39
4	Manejo del área en evaluación	41
VII	Presentación y discusión de resultados	42
VIII	Conclusiones	48
IX	Recomendaciones	50
X	Referencias bibliográficas	51
XI	Anexos	57

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>CUADRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
1	Actividades establecidas mensualmente para la aplicación de <i>Beauveria bassiana</i>	18
2	Resumen de resultados de investigaciones. Eficiencia de <i>B. bassiana</i> en campo	29
3	Descripción de los factores evaluados	36
4	Aleatorización de los tratamientos	37
5	Análisis de Varianza ANDEVA. Evaluación de ocho cepas nativas de <i>Beauveria bassiana</i> para el control de la broca del fruto del café <i>Hypothenemus hanpei</i>	42
6	Prueba de medias por el test de Tukey para los tratamientos	43
7	Prueba de medias por el test de Tukey para los bloques. Datos transformados a $X+1$	44
8	Porcentajes de infección de la broca del café por cada lectura ejercida	57
9	Condiciones climáticas registradas durante la evaluación	57
10	Cuadro auxiliar para toma de resultados destinados al ANDEVA	58

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
1	Ciclo de vida de la broca del café	9
2	Mapa de ingreso a Finca Buena Vista	22
3	Unidad experimental	38
4	Distribución de puntos de conteo en cámara Neubauer	40
5	Porcentajes de mortalidad causados por <i>B. bassiana</i> en la evaluación de ocho cepas nativas. Datos no transformados	43
6	Comportamiento de la infección de broca con <i>B. bassiana</i> ; respecto a la precipitación registrada durante la evaluación	45
7	Efecto de la temperatura °C, en la evaluación de ocho cepas nativas de <i>B. bassiana</i> para el control de <i>H. hampei</i>	46
8	Comportamiento de la infección de broca con <i>B. bassiana</i> en función de la humedad relativa	47
9	Delimitación del diseño estadístico (tratamientos, repeticiones, delimitación del área experimental)	58
10	Infestación de brocas en los frutos de café	59
11	Colocación de mangas entomológicas en bandolas estudiadas	59
12	Retiro de mangas	60

13	Elaboración de mezcla de hongos para aplicar en los diferentes tratamientos	60
14	Conteo de frutos infectados	61
15	Broca del café en el fruto	61

## I. RESUMEN

Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* **Bálsamo**, para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* *Fer.*, finca Buena Vista ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu.

La broca del café *Hypothenemus hampei*, provoca pérdidas cuantiosas en el incremento de la conversión de café maduro a pergamino, siendo esta la plaga de mayor importancia para el cultivo del café *coffea arabica*, debido a esto se ha utilizado tradicionalmente el insecticida químico comercial llamado “endosulfan”, el cual es altamente toxico y contaminante por dicha razón se ha establecido una prologa ambiental donde quedara destituida su utilidad, razón por la que se busca implementar una nueva alternativa con el control biológico evaluando ocho cepas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* *b.*, provenientes de diferentes regiones cafetaleras de Guatemala determinándose en la evaluación que la cepa Bb-CA-06-06, mostro un 61.29% de brocas infectadas siendo esta cepa recomendada y distribuida por el Centro de Investigación en Café-CEDICAFÉ-. Estadísticamente se comprobaron los resultados del efecto de las diferentes cepas en la broca del café mediante la metodología empleada por CEDICAFÉ con una dosis de 5.71 kg/ha (kilogramos por hectárea).

## ABSTRAC

Evaluation of eight native strains of *Beauveria bassiana* b., for the control of coffee borer *Hypothenemus hampei* Fer., Buena Vista ANACAFÉ farm, San Sebastián, Retalhuleu.

The coffee borer *Hypothenemus hampei*, causes significant losses in the increase of the conversion of mature coffee to parchment, this being the most important pest for the cultivation of coffee *coffea arabica*, due to this the commercial chemical insecticide called " endosulfan ", which is highly toxic and contaminating, for this reason an environmental prologue has been established where its usefulness will be dismissed, which is why it seeks to implement a new alternative with biological check evaluating eight strains of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* b., from different coffee-growing regions of Guatemala, determining in the evaluation that the Bb-CA-06-06 strain showed 61.29% of infected CBB, this strain being recommended and distributed by the Coffee Research Center-CEDICAFÉ-. Statistically, the results of the effect of the different strains on the coffee borer were verified by the methodology used by CEDICAFÉ with a dose of 5.71 kg / ha (kilograms per hectare).

## II. INTRODUCCION

Para Guatemala el café *Coffea arabica L.*, desempeña un papel importante en su economía y la dinámica de empleo en las regiones del país, debido a la cantidad de divisas que genera. Por el gran aporte económico, se reporta para el periodo de cosecha 2010-2011 por concepto de exportaciones USD 1,137 millones y 3.7 millones de sacos de 60 kilogramos, cifra mayor que el periodo de cosecha entre los años 2017-2018 con USD 693 millones con 3.4 millones de sacos de 60 kilogramos; situación que se atribuye principalmente al mayor volumen exportado y a los altos precios internacionales del grano. (Portal ANACAFÉ, [www.anacafe.org/exportacion/estadistica-divisas/](http://www.anacafe.org/exportacion/estadistica-divisas/)).

A partir del año 2012 se han mostrado grandes incidencias en los cafetales de roya del café *Hemileia vastratrix*, provocado pérdidas hasta del 15%, sumándose el problema fitosanitario de importancia económica que es la broca del café *Hypothenemus hampei*, que silenciosamente provoca pérdidas cuantiosas debido al incremento de conversión de café maduro a pergamino de primera afectando su calidad. Mediante esto surge su control con la aplicación del producto químico Endosulfan el cual resulta ser altamente tóxico y residual por lo que otros países restringen su utilización hasta el año 2019.

Por lo cual se ha mostrado interés en las alternativas del control biológico que consiste en utilizar organismos vivos (Ramírez y Mora 2001). Para ello podemos mencionar *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymasticus coffea*; con mucha mayor relevancia el hongo entomopatógeno que controla al entrar en contacto con el insecto que es *Beauveria bassiana*, el cual ha reportado altos porcentajes de control en diferentes cepas reconocidas en diferentes países.

Debido a la necesidad de buscar nuevas alternativas para el control eficiente de la broca del café en Guatemala se realizó la presente investigación evaluando ocho cepas nativas del hongo entomopatógeno *B. bassiana*, propiedad del centro de investigación en café-CENICAFÉ- de la asociación nacional del café-ANACAFÉ-; con el objetivo de determinar cuál de las cepas mostraba una mayor eficiencia en la infección de broca para

lo cual resultó prometedora la cepa con el tratamiento ocho identificada como “Bb-CA-06-06”, la que fue recolectada en Finca Santa Cecilia, Pueblo Nuevo Viñas de Santa Rosa; siendo esta la cepa recomendada y distribuida por el Centro de Investigación en Café-CEDICAFÉ-.

En la evaluación se utilizó un diseño experimental Bloques al Azar, con ocho tratamientos correspondientes a cada una de las cepas proporcionadas por el Centro de Investigación en Café-CEDICAFÉ, utilizando como testigo la cepa que actualmente recomienda siendo “Bb-CA-06-06”, contando con cuatro repeticiones y la distribución de los tratamientos fue con el método de la tómbola para que todos tuvieran las mismas probabilidades.

### III. MARCO TEORICO

El cultivo del café (*Coffea arabica*), es uno de los cultivos de mayor antigüedad en el país por lo que ha sido uno de los benefactores de muchas familias; pero a partir de 1971 con la presencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), ha mostrado un gran auge por los productos químicos los cuales causan daños al ambiente y a la salud humana por tal razón se busca una alternativa biológica en la cual se ha enfocado a la producción y evaluación del hongo *Beauveria bassiana*, siendo efectivo y beneficioso para la disminución del uso excesivo de plaguicidas en la caficultura moderna.

#### 1. MARCO CONCEPTUAL

##### 1.1. Origen del café en Guatemala

El cultivo de café para Guatemala fue unas de las grandes innovaciones en el año de 1760; este cultivo inicio a partir de los conventos católicos, en donde muchos padres jesuitas buscaban alternativas en relación a bebidas que no fuesen adictivas. (Asociación Nacional del Café, 2017, p. 12).

Motivando en el transcurso de los años a los agricultores a implementar en sus tierras el cultivo de café buscando formas para ello, según la Asociación Nacional del Café (1998): “En 1803, por real orden se impulsa el cultivo del cafeto al otorgar exoneración de Alcabala, diezmo y cualquier impuesto, durante 10 años, al cacao, café, azúcar y algodón.” (p.7)

Se dice que en 1835 el 1 de octubre se decretó a favor del cultivo donde según la Asociación Nacional del Café, (1998) dice:

“se dará doscientos pesos al primer agricultor que coseche cien quintales de café, cien al segundo, cien al tercero y cien al cuarto” (p. 9)

Logrando así la motivación de los empresarios como agricultores de los departamentos como Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango se incentivarán por la producción de café.

## 1.2. Taxonomía

Existen muchos autores que dan a conocer la clasificación taxonómica del cultivo del café, según la Asociación Nacional del Café, 1998, p. 19; pertenece al:

Reino:	<i>Plantae</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Gentianales</i>
Familia:	<i>Rubiaceae</i>
Tribu:	<i>Coffeae</i>
Género:	<i>Coffea</i>
Especie:	<i>C. arabica</i>

## 1.3. Importancia del cultivo del café

El cultivo del café, constituye uno de los pilares de la economía guatemalteca. Reportándose una extensión cultivada de 245,000 Has. (350,000 mz.), con ejercicios cafeteros 2000-2001 y 2001-2002 se exportan a diferentes mercados 5,054,503 sacos de café oro de 60 kilogramos, que generan divisas por valor de \$.295,167,780. (ANACAFÉ, 2003, pg. 2).

## 1.4. Broca del fruto de café *Hypothenemus hampei*

Se ha constituido en los últimos años como el principal problema entomológico en las zonas cafetaleras de Guatemala, el Salvador, Honduras y el sur de México. La razón es sencilla que se trata de una especie exótica, y la ausencia de enemigos naturales es de importancia ya que han permitido su rápida adaptación a varias zonas agroecológicas y a un incremento acelerado de su población. (Decazy B., 1988, pg. 65)

#### **1.4.1. Bioecología**

Las hembras son fecundadas dentro de los frutos, luego emergen y van en busca de nuevos frutos para iniciar un nuevo ciclo reproductivo, para Guatemala se ha encontrado una relación de 10 hembras por macho; desarrollándose adecuadamente en altitudes que van comprendidas entre los 400 msnm hasta los 1500 msnm. (ANACAFE, 2014, cap. 10, pg. 110).

#### **1.4.2. Distribución y dispersión**

La broca es originaria del África y de este continente llegó a Brasil en 1913. Actualmente se encuentra en Perú, Jamaica, Guatemala, Honduras, México, el Salvador y Nicaragua. (Baker P., 1986, pg. 120)

Según la literatura, se considera que la broca no tiene mucha capacidad de volar y que su método principal de dispersión es a través de granos infectados y en la herramienta y otros utensilios de los campesinos. (Baker P., 1986, pg. 120)

#### **1.4.3. Detección de la broca**

Perdomo y Miranda (1933) sugieren que un buen método es examinar las cerezas es en el beneficio, ya que tienen a flotar si se encuentran dañadas.

#### **1.4.4. Clasificación y sinonimia**

La broca del café fue descrita por primera vez en 1836 por J.D.D Westwood quien la clasifico dentro del género *Hypothenemus*. En 1867, J.A. Ferrari la describió como *Cryphalus hampei*. Posteriormente recibió las denominaciones de *Stephanoderes hampei Ferr.* 1867; *Stephanoderes coffeae Hagedorn*, 1910; *Cryphalus hampei Hagedorn*, 1910; *Xyleborus coffeivorus Vander Weele*, 1910 y *Xyleborus coffeicola Campos Novaes*, 1922. Este insecto pertenece al orden Coleoptera, sub-Orden Polyphaga, familia Scolytidae, Sub familia Ipinae y tribu Cryphalini. (Simposio de avances científicos. Decazy B., 1988, pg. 66)

#### 1.4.5. Características morfológicas

*Hypothenemus hampei*, es muchas veces confundida con la falsa broca, *Hypothenemus seriatus*, la cual se encuentra infestando frutos de café con mucha frecuencia. Las diferencias fundamentales entre ambas especies son las siguientes según Decazy B. (1988):

*H. seriatus* es nativa de América y se le encuentra desde el sur de los Estados Unidos hasta el estado de Sao Paulo, Brasil, *H. hampei* es monófaga, alimentándose exclusivamente del endosperma de los frutos de café, mientras que *H. seriatus* es polífaga, alimentándose de frutos secos de otras plantas; *H. hampei* penetra frutos verdes cavando un orificio circular, mientras que *H. seriatus*, nunca penetra.

#### 1.4.6. Tipo y tamaño de pérdida que ocasiona

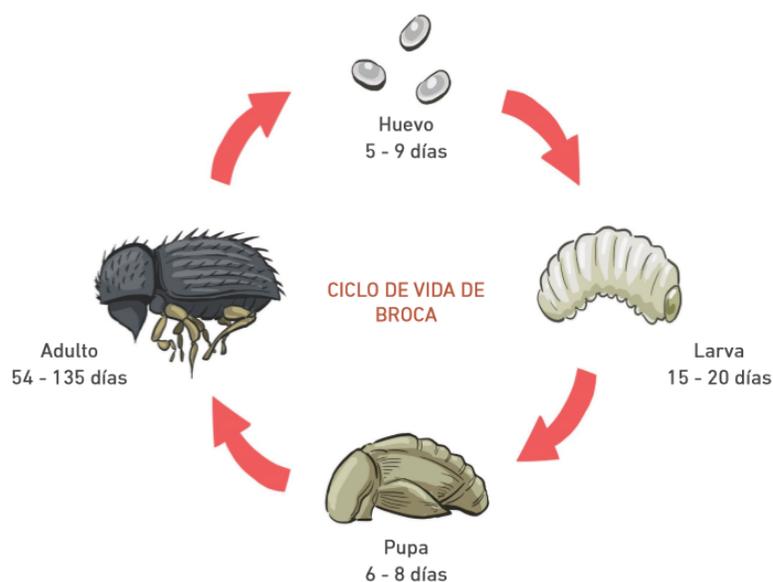
La hembra de la broca inicia su perforación en la mayoría de los casos, en la corona del fruto perforando hasta el endospermo donde empieza a depositar sus huevos. (Simposio de avances científicos. Decazy B., 1988, pg. 67)

El mayor daño es causado cuando el fruto está en el estado de semi-consistencia (más del 20% del peso seco) ya que en esta etapa el endospermo se torna duro, ofreciendo un sustrato apropiado para la oviposición y alimentación de los adultos. (Simposio de avances científicos. Decazy B., 1988, pg. 67).

#### 1.4.7. Ciclo biológico

A partir de investigaciones el conocimiento estricto de la plaga se ha establecido que el ciclo de vida va depender de las condiciones bióticas y abióticas. Según Decazy B. (1988) nos indica el ciclo de vida en la figura uno.

1. Huevo
2. Larva
3. Pupa
4. Adulto



**Figura 1. Ciclo de vida de la broca del café**

**Fuente: Simposio de avances científicos. Decazy B., (1988)**

#### **1.4.8. Fluctuación poblacional**

Villa nueva y burgos (1989), dicen que la broca del grano del café *H. hampei*, es un insecto de notoria fluctuación durante el desarrollo de la cosecha.

La evolución y grado de infestación varía bajo la influencia de los factores climáticos derivados de la altitud sobre el nivel del mar como el inicio del periodo de lluvias. (Esteban M., 2005, pg. 5.)

#### **1.4.9. Hospederos**

Hernandez y sanchez citados por Moscoso en (1980), informa sobre los hospederos de *H. hampei* además del fruto del cafeto, en algunos casos se ha encontrado en algunas vainas y semillas de los árboles de sombra del género inga (cushin) y dentro del fruto del árbol amarillo, *Callophyllum brasilensis* var. Rekoï de las *Guatiferáceas*, vainas de *Tephrosia*, *crotoïaria*, *Centrosema*, *Caesalpinia*, *Leucaena glauca*, *Hibiscus*, *Rubus* y algunas otras vallas de *Vitis laceolaria* y *Ligistrum pubinerve*. Indicando que la broca muestra una marcada preferencia por el café robusta.

#### **1.4.10. Apareamiento y proporción de sexos**

Los machos son bien diminutos en comparación con las hembras, por lo que se les puede diferenciar a simple vista; además los machos carecen de alas funcionales para el vuelo y debido a ello la fecundación se realiza en el interior del fruto. (III Taller Regional de broca. Muñoz R., 1989, pg.47)

#### **1.4.11. Importancia económica**

El daño y combate de la plaga puede ocasionar los problemas siguientes según Vega M. (1989):

- Perdidas de cosechas
- Rendimiento uva/oro
- Calidad
- Residuos
- Costo de producción
- Consecuencias ecológicas

#### **1.4.12. Estructura del Manejo Integrado de la Broca-MIB**

La manera más racional y económica de control de la broca es a través del seguimiento de los principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP), el cual se basa en las siguientes actividades:

##### **1.4.12.1. Muestreo y niveles críticos**

La ejecución oportuna del muestreo permitirá al caficultor conocer los niveles y la distribución espacial de la broca, y seleccionar así la estrategia apropiada de control, favoreciendo un manejo de las poblaciones con niveles económicamente tolerables. (Campos, 2004)

Así mismo Campos (2004) recomienda el método de muestreo por sitios como una técnica que se incluye dentro del manejo integrado de la broca (MIB). Esta técnica consiste en distribuir 20 sitios en un área no mayor de cinco manzanas. En cada sitio de

muestreo, se seleccionan cinco plantas ubicadas en el centro de un rectángulo de cuatro cuerdas (25 por 25 varas) de cada una de las cinco plantas seleccionadas se toman 20 frutos al azar de diferentes estratos (bajo y medio).

El análisis de los porcentajes obtenidos permite establecer los niveles críticos. Los niveles críticos varían en función en función de los rendimientos por área. Se han establecido niveles críticos de 5% de infestación para rendimientos hasta de 20 quintales pergamino por manzana; 4% de 21-30 quintales y 3% para rendimiento de 31-40 quintales. (Campos, 2004)

#### **1.4.12.2. Control manual**

Consiste en la recolección de todos los frutos que han quedado en el cafetal después de la cosecha; la recolección de los frutos del suelo se denomina “pepena” y a la de los frutos dejados en la planta “repela”. La eliminación de los frutos perforados provenientes de las floraciones locas se denomina “repase”. (Simposio avances científicos y tecnológicos en caficultura. Decazy B., 1988, pg. 69)

#### **1.4.12.3. Control cultural**

Consiste en la utilización de prácticas agrícolas ordinarias o algunas modificaciones de ellas, que nos permitan manipular el agro ecosistema del café. Los cafetales que presentan mayores porcentajes de infestación de broca, son aquellos en los cuales no hay una regulación adecuada de sombra, mal manejo de tejidos, inadecuado control de malezas y carencia de un programa de fertilización. (Simposio avances científicos y tecnológicos en caficultura. Decazy B., 1988, pg. 71)

#### **1.4.12.4. Control etológico**

Campos (2004) define como el aprovechamiento del comportamiento de las plagas para su control, ya que estas responden a señales, estímulos visuales, físicos y químicos. El uso de trampas con semi o químicos se viene aplicando con bastante éxito por los niveles aceptables de captura y su bajo costo. Componentes de la trampa:

- Difusor: gotero que contiene una mezcla de los alcoholes metanol y etanol en relación 1:1 que actúan como atrayente del insecto hacia la trampa.
- Cuerpo de la trampa: recipiente de captura conteniendo agua con jabon ( para ahogar la broca)
- Datos sobre el uso de las trampas:
  - Periodo de trampeo: poscosecha (enero-agosto)
  - Densidad: 12 trampas/ manzana
  - Altura de instalación: 1.2-1.5 m
  - Cambio de atrayente: cada dos meses.

#### 1.4.12.5. Control biológico

El mejor metodo al introducir un cultivo es sin duda evitar la accion de sus depredadores, cuando se introdujo el cultivo de café en América, África y en ese continencte se encuentra la mayoría de sus depredadores. (III Taller regional de broca. Lavabre E., 1989, pg. 177)

Por lo que el control biológico para la broca del café puede llevarse con:

##### - **Insectos parasitoides**

A partir de 1990 en Guatemala, se realiza con el uso del parasitoide de origen africano, *Cephalonomia stephanoderis phymastichus coffea* y *Proros nasuta*; ambos himenópteros que actúan como ectoparasitoides de *Hypothenemus hampei*. (Esteban M., 2005)

##### - **Hongos entomopatogenos en el cultivo de café**

Debe dedicarse especial atención a los hongos parasitos del *Hypothenemus hampei*, ya que parece que estan llamados a

desempeñar un papel cada vez mas importante en la lucha contra este enemigo de las semillas del cafeto. (III Taller regional de broca. Lavabre E., 1989, pg. 177)

Según Decazy B. (1988); en vista de los grandes beneficios ecológicos y económicos derivados del control biológico, se recomienda a los técnicos en control de la broca en los países de la región de PROMECAFE, indicar lo antes posible las siguientes razones:

- a. Validación de la efectividad de varias concentraciones del hongo *Beauveria bassiana*.
- b. Desarrollar métodos prácticos para la cría masiva de este hongo.

Ha sido identificado como *Beauveria bassiana* un hongo que momifica los escolitidos en sus galerías. Se aconseja a los plantadores favorecer la extensión de este auxiliar suspendiendo las ramas de cafeto con fructificaciones harinosas del hongo en las partes de la plantación que carecen de él. *B. bassiana* puede extender su acción bienhechora sin la intervención del hombre; basta con que las condiciones ambientales sean favorables. (III Taller regional de broca. Lavabre E., 1989, pg. 177-178).

- **Broca esporulada y muerta por causa del control biológico con *Beauveria bassiana***

Los términos broca esporulada es aquella que es encontrada con esporas del hongo en su estructura física después de una aplicación del hongo entomopatógeno en etapa de infestación aun no le ha causado la muerte.

Mientras que broca muerta es aquella que no solo por causa del hongo aplicado ha muerto, sino que se puede considerar aquella que por otros factores ya no presente manera de provocar daño al grano.

#### 1.4.12.6. Control químico

Cuando los métodos de control recomendados anteriormente no son suficientes para mantener la plaga a niveles tolerables de daño, el fitoproteccionista se ve en la necesidad de utilizar el control químico como última alternativa de control. La recomendación más generalizada para el control químico de la broca en Guatemala es el uso del Endosulfan. (Simposio avances científicos y tecnológicos en caficultura. Decazy B., 1988, pg. 72)

#### 1.4.13. Umbral de daño económico

Es la densidad de población de plaga en la cual las medidas de control deben ser tomadas para prevenir que un incremento en la población alcance el nivel de daño económico. (Simposio avances científicos y tecnológicos en caficultura. Decazy B., 1988, pg. 74-75).

Según Decazy B. (1988); el punto de porcentaje de frutos perforados en el momento más oportuno para el control y porcentaje de frutos perforados en el momento de la cosecha (es decir el nivel económico de daño) obedeciendo a la ley exponencial cuya ecuación es:

$$Y = 1.48 e^{0.19X}$$

Este corresponde al valor económico del costo que se pretende aplicar. Ejemplo: si el costo es de \$20.00 las perdidas por broca tienden que alcanzar 20.00, para llegar al nivel del daño económico. (III Taller regional de broca. Decazy B., 1989, pg. 118)

En términos generales así examinado, el manejo integrado de la broca (MIB) tiene un costo efectivo que los productores deben tomar en cuenta para una rápida adopción del control biológico. Pero además deben intervenir criterios de mantenimiento de una caficultura sostenible, el medio ambiente y las exigencias del consumidor (García, A. 1996)

### **1.5. Experiencias de la aplicación comercial del control biológico de la broca en Guatemala**

El MIB tiene un costo efectivo que los productores deben tomar en cuenta para una rápida adopción del control biológico; pero, además, deben intervenir criterios de mantenimiento de una caficultura sostenible, el medio ambiente y las exigencias del consumidor. (Campos, 2000)

Estudios a escala comercial en finca, sobre la efectividad y costo de aplicación del programa de manejo integrado de broca, utilizando prácticas de muestreo, control manual y controles culturales y biológicos (producción y liberación de parasitoides), demuestran que el manejo integrado de las plagas contribuye positivamente a la producción de la empresa cafetalera, reduciendo la infestación de broca, mejorando la conversión cereza/pergamino, la calidad del grano y reduciendo el consumo de insecticida con un positivo beneficio / costo. (Campos, 2000, PG. 67)

### **1.6. Los hongos entomopatógenos contra la broca del café**

El manejo integrado de la broca (MIB) es el método más beneficioso para el control de esta plaga del café, ya que, además de que los costos son bajos, actúa en armonía con el medio ambiente. Anacafé, que desarrolla un proyecto de investigación sobre el control biológico de este insecto, considera la posible utilización de hongos entomopatógenos (que producen la enfermedad en los insectos) como enemigos de la broca. (Revista el cafetal No.6, 2000, pg. 14)

Entre ellos se encuentra la *Beauveria bassiana* ante la cual la broca, debido a sus características biológicas, se muestra susceptible a ser infectada cuando el hongo les es aplicado como mico-insecticida. La *B. bassiana* causa epidemias sobre las poblaciones de broca cuando las condiciones ambientales como humedad y temperatura, son apropiadas. (Revista el cafetal No.6, 2000, pg. 14)

En las investigaciones con estos organismos ha sido aceptado como un hecho biológico el concepto de que diferentes razas (aislamientos) de una especie de hongo entomopatógeno pueden presentar diferencias en su patogenicidad (capacidad de

producir enfermedad) hacia un insecto determinado hospedante determinado. (Revista el cafetal No.6, 2000, pg. 14)

### **1.7. *Beauveria bassiana***

Este hongo causa epidemias sobre poblaciones de broca, pero estas infecciones naturales no son suficientes como forma de control; su aprovechamiento debe ser a través de aplicaciones en el campo. (García A.; Medina B., 2000, pg.83)

Este hongo entomopatógeno es cultivado en botellas transparentes no importando si fuesen de plástico o bien de vidrio utilizando como medio para su propagación el sustrato de arroz netamente a una temperatura no mayor a 25<sup>0</sup>C. Se desarrolla dentro del insecto, completando su ciclo de vida y produciendo esporas que infectan a otros insectos. (CENICAFE, 1997, pg. 3)

De acuerdo con la dinámica de penetración de la broca en los frutos, la aplicación debe realizarse a partir de los 90 días después de la floración principal hasta los 120 días. *B. bassiana* puede atacar la broca cuando se encuentra fuera del fruto o bien si no se encuentra muy profunda. La hora propicia para la aplicación es durante las horas más frescas del día y en forma dirigida a los frutos (Procafé, 2000, pg. 13).

#### **1.7.1. Clasificación taxonómica**

Para fines de clasificación *B. bassiana* pertenece a la clase Hyphomycete y a la división Deutoromicetes. (Campos O., 2008, pg. 10)

#### **1.7.2. Parámetros ambientales para su acción parasítica**

Las condiciones ambientales adecuadas especiales oscilan en temperaturas menores de 27<sup>0</sup>C y humedades mayores a 75% (Campos O., 2008, pg. 10)

### **1.7.3. Modo de acción de *Beauveria bassiana***

Al entrar en contacto con la cutícula del insecto, la conidia o espora del hongo inicia el proceso de germinación, liberando enzimas para ablandar la pared celular y facilitar la penetración del tubo germinativo, reproduciéndose vegetativamente hasta llenar el interior del cuerpo, provocándole la muerte por acción mecánica y por la emisión de toxinas. La esporulación ocurre sobre el cuerpo del insecto que, al cubrirse en su totalidad por las esporas, semeja una motita blanca de ahí el nombre “muscardina blanca”. (Campos O., 2008, pg. 10)

Estudios realizados de CEDICAFE reportan que la muerte de la broca ocurre en un periodo de 72 horas. Con alta humedad el hongo produce sus cuerpos fructíferos sobre el cadáver de la broca y tiene capacidad de dispersar abundante cantidad de conidias infectando las poblaciones cercanas. (Campos O., 2011, pg. 7)

### **1.7.4. Época de aplicación del hongo *Beauveria bassiana***

La aplicación del hongo debe efectuarse cuando se cuenta con la época lluviosa establecida. (Mora O., 2004, pg. 13)

En el cuadro uno. Según Mora O. (2004), se puede observar el plan mensual para las aplicaciones del hongo recomendando lo siguiente:

**Cuadro 1. Actividades establecidas mensualmente para la aplicación de *Beauveria bassiana*.**

Mes	Actividad
Junio	<p>Atomización con <i>Beauveria bassiana</i>.</p> <p>Muestreo en campo e iniciar la recolecta sanitaria de ser necesario de frutos verdes perforados. Mantenimiento de trampas.</p>
Julio	<p>Atomización con <i>Beauveria bassiana</i> o control químico localizado.</p> <p>Muestreo en campo e iniciar la recolecta sanitaria de ser necesario de frutos verdes perforados. Mantenimiento de trampas.</p>
Agosto	<p>Atomización con <i>Beauveria bassiana</i>.</p> <p>Muestreo en campo e iniciar la recolecta sanitaria de ser necesario de frutos verdes perforados. Mantenimiento de trampas.</p>
Septiembre	<p>Atomización con <i>Beauveria bassiana</i>.</p> <p>Muestreo en campo e iniciar la recolecta sanitaria de ser necesario de frutos verdes perforados. Recoger las trampas y guardarlas.</p> <p>Hacer las graneas de manera eficiente y a tiempo.</p>

**Fuente: Mora O., (2004)**

Dentro del cuadro uno se puede observar los meses de aplicación del hongo *Beauveria bassiana*, esto relativamente establecido a conformidad de la época lluviosa por lo cual se acopla adecuadamente a las condiciones ambientales de Guatemala logrando establecer el control biológico con el hongo a partir del mes de junio y finalizar en septiembre aprovechando las humedades altas que se registran en el campo.

#### **1.7.5. Medidas para no afectar la viabilidad de *B. bassiana* con aplicaciones de fungicidas dirigidas al control de enfermedades del café.**

Debemos tomar en cuenta que al menos 15 días antes y 15 días después de la atomización del hongo, el lote no debe haber sido aplicado con ningún fungicida sistémico; estos lo puede afectar y no producir los efectos deseados. (Mora O., 2004, pg. 13)

#### **1.7.6. Patogenicidad de cepas de *Beauveria bassiana***

*B. bassiana* causa epidemias sobre poblaciones de broca, cuando las condiciones ambientales (humedad, temperatura) son apropiadas; pero estas infecciones naturales no son suficientes como forma de control. Las características biológicas de la broca la hacen naturalmente susceptible a la infección si este se aplica como micoinsecticida. (García A.; Medina B.; Roca R., 2000, pg.79)

El concepto de que diferentes razas (aislamientos) de una especie de hongo entomopatógeno puede presentar diferencias en su patogenicidad hacia un insecto hospedante determinado, ha sido aceptado como un hecho biológico en las investigaciones con estos organismos. Estudios recientes comprobaron que aislamientos de este hongo obtenidos en diferentes lugares y animales hospedantes pueden variar mucho en su patogenicidad hacia una plaga determinada. (García A.; Medina B.; Roca R., 2000, pg.79)

### 1.7.7. Evaluaciones en campo

Para las evaluaciones de campo pertinentes se han evaluado productos comerciales tanto en Guatemala, como por Cenicafé, Colombia, haciéndose estos estudios con formulaciones comerciales del hongo *B. bassiana*:

#### - **Producto comercial CONIDIA WG (Producto comercial)**

Según la revista el cafetal No.6 en el año 2000 nos indica que: El estudio se realizó en una zona cafetalera baja, a una altitud de 2,600 pies y temperatura de 28 °C, en una plantación de la variedad catuaí de cinco años, con una densidad de 3,500 plantas/manzana. La infestación manual de broca era del 4.7 % evaluándose cuatro tratamientos:

- Conidia WG: 140 gramos/manzana
- Conidia Wg: 210 gramos/manzana
- Endosulfan 35 EC: 1 litro/manzana
- Testigo: sin aplicación

Se efectuó una sola aplicación al inicio del estudio y se realizaron 11 observaciones post-aplicación, con una frecuencia de 15 días en las cuales la variable de medición fue el porcentaje de infestación de broca en campo.

Los resultados de este trabajo muestran que los porcentajes de infestación de la broca en campo en cada fecha de observación por cada tratamiento, se mantuvieron sin acentuadas variaciones durante los 129 días lo que sugiere una adecuada persistencia del producto. Las poblaciones de broca pudieron ser manejadas adecuadamente con la utilización de conidia WG, cuando la aplicación fue hecha con bajos porcentajes de infestación.

#### - **Producto naturalis-L**

Esta formulación comercial de *B. bassiana* se evaluó en un cafetal situado a 3800 pies de altitud, con temperatura de 22°C. La infestación natural de la broca era de 3%.

Se efectuó la aplicación inicial conforme a las especificaciones de la casa formuladora (dosis, preparación de mezcla, volumen de agua y equipo).

- Naturalis-L.
- (formulación líquida); 17.5 cc/18 litros de agua
- Formulación en polvo: 8.0/18 cc de agua
- Testigo de aplicación

Las observaciones fueron realizadas al inicio de la aplicación del producto y cada tres semanas después de la aplicación hasta el inicio de cosecha, por medio de cinco muestreos.

## 2. MARCO REFERENCIAL

El experimento se realizó en la finca Buena Vista-ANACAFE, San Sebastián, Retalhuleu, ubicada a 475 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) con una latitud de 14°33'40" al norte y una longitud correspondiente a 91°38'35" al oeste, respecto al meridiano de Greenwich.

La investigación se desarrolló en una plantación de café de la variedad Sarchimor de cuatro años de edad, ocupando el área experimental 2,654 metros cuadrados. A continuación, se mencionarán características de la variedad donde se realizó la investigación.

### **Variedad sarchimor**

Es una descendencia del cruzamiento de Caturra por el Híbrido de Timor CIFIC 832/1 se le conoce genéricamente como "Sarchimores". (ANACAFE, 2014, p. 25).

**Sarchimor T-5296**, es de porte bajo, brote verde o bronce o ambos, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y media altura con buena taza. (ANACAFE, 2014, p. 26).

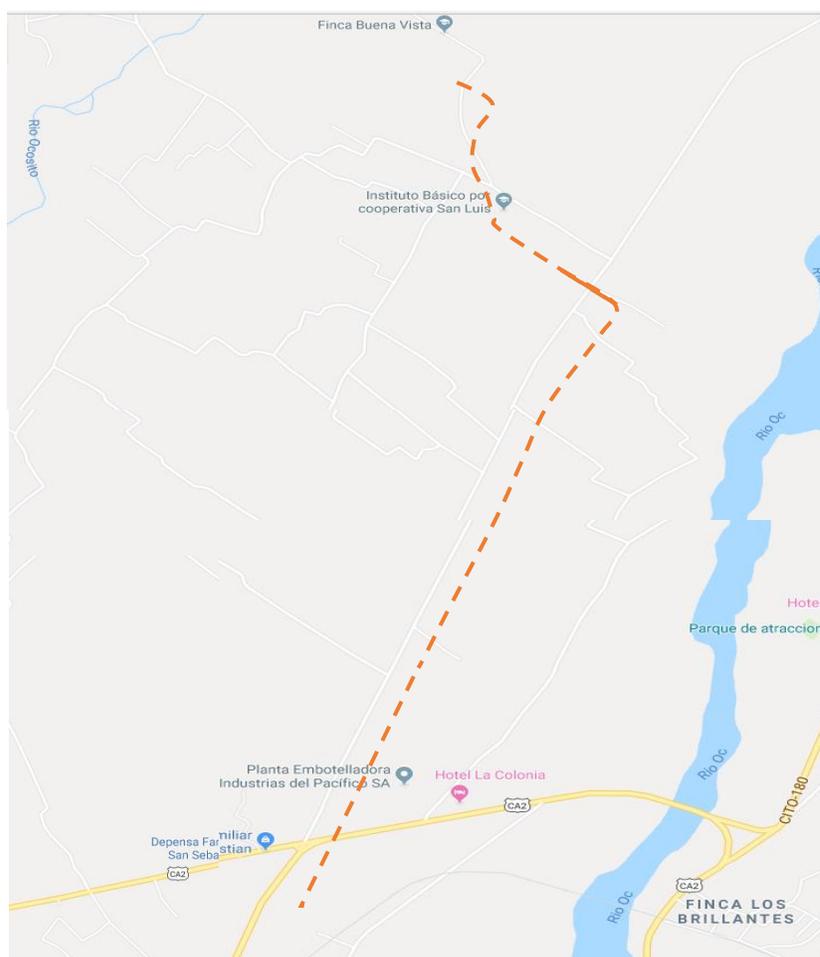
### 2.1. Información General de la Unidad Productiva

La finca Buena Vista, está localizada en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu y es propiedad de Asociación Nacional del Café (ANACAFE), ubicada en la Región II de ANACAFE.

### 2.2. Referencias del área donde se efectuó la investigación

Se utilizó una plantación de la variedad Sarchimor fue establecida en el año 2014, con un distanciamiento de dos metros entre surcos por 1.5 metros entre plantas con una densidad de 3,333 plantas por hectárea.

### 2.3. Mapa de ingreso a finca Buena Vista



**Figura 2. Mapa de ingreso a Finca Buena Vista**

**Fuente: Google maps, (2010)**

## **2.4. Características del área en estudio**

Finca Buena Vista se encuentra ubicada en la zona de vida, bosque muy húmedo sub-tropical cálido (bmh-sc) establecido en la clasificación de Holgridge. Con una temperatura máxima de 32.03 °C, una temperatura promedio de 26.4 °C y una temperatura mínima de 19.8 °C; con una humedad relativa del 73.17% promedio anual. (Esteban M., 2005).

De acuerdo a los registros de la finca las precipitaciones oscilan entre 5,451 milímetros anuales.

### **2.4.1. Topografía**

Su relieve va de plano a accidentado, obteniendo según estudios anteriores un promedio del área:

- 70% Plano (entre 0-5% de pendiente)
- 20% ondulado (entre 5%-10% de pendiente)
- 10% quebrado (pendientes mayores de 20%)

En el área donde se desarrolló el estudio, el relieve va de 1%-5% por lo que puede considerarse como plano.

### **2.4.2. Suelos**

Según Cordon, M. (2017), indica que el área cuenta con un suelo tipo 80% franco arenoso y 20% franco arcilloso; para el caso de la plantación de la variedad de Sarchimor el suelo es franco arcilloso.

## **2.5. Manejo agronómico de la unidad evaluada**

La unidad donde se desarrolló el estudio está cultivada con café sarchimor *Coffea arabica L.*, a los que se les da un manejo agronómico que consiste en:

### **2.5.1. Manejo de malezas**

Se efectúan controles manuales y químicos en intervalos de dos meses de manera alterna.

### **2.5.2. Manejo de Broca del café**

Para el control de esta plaga se emplean controles como:

Control manual: con las actividades de pepena y panaleo en el mes de enero y agosto.

Control químico: se utiliza el insecticida Endosulfan en los meses de mayo-junio, en la dosis de 1.7 L/Ha y 1.2 L/Mz.

Control etológico: uso de trampas Eco-lapar, colocando una densidad de doce trampas por manzana, colocadas en el mes de enero y se retiran en el mes de junio cuando se han establecido las lluvias.

### **2.5.3. Manejo de sombra**

El manejo de sombra se efectúa en el mes de abril, buscando establecer una sombra del 40%.

## **2.6. Características de *Beauveria bassiana***

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* de la familia Clavicipitaceae se encuentra presente en todo el mundo, parasita a varias especies de insectos, entre ellos a la broca del café. El hongo se desarrolla en el insecto, al cual mata en poco tiempo, se reconoce por el micelio blanco que desarrolla entre los tegumentos de su hospedero. El hongo puede atacar a la broca cuando está fuera del fruto, o bien si no se encuentra muy profunda en el fruto, ya que de otra forma es casi invulnerable al patógeno. Si la broca se contamina con el hongo, muere después de tres a seis días en condiciones de humedad saturada y dura hasta nueve días si las condiciones de humedad relativa son de 70 a 80%. Si la humedad es excesiva, la viabilidad de las esporas del hongo baja (Borbón 1991). La hora propicia para la aplicación de *Beauveria bassiana* es durante las horas más frescas del día, asperjando en forma directa al fruto dañado y aplicándolo con bomba de mochila (Procafé 2000). El hongo *Beauveria bassiana* en un sustrato sintético o sobre un cereal como arroz, reduce la virulencia del hongo (Cenicafé 1993).

*B. bassiana* es uno de los entomopatógenos más estudiados para el control biológico de muchas plagas (Roberts 1971, pg. 11). Este hongo se ha encontrado atacando al *H. hapei* en los sitios de origen del café, en los países a donde este ha sido llevado y donde se ha introducido la broca. (Pascalet 1939 pg. 5).

La incidencia del hongo *B. bassiana* sobre la broca del café, bajo condiciones de campo, varía de un país a otro; por ejemplo, en Costa de Marfil y en Kenya, las infecciones han sido raras (Ticheler, 1963, pg. 25), pero se han registrado altos niveles en Camerún, Honduras, México y Ecuador (Pascalet, 1939, pg. 8). Estas diferencias se pueden deber a factores climáticos o a que la broca está mejor adaptada al hongo en su sitio de origen en el África, pero es susceptible a los aislamientos que encuentra en los nuevos sitios que coloniza (Prior 1987, pg. 13).

*B. bassiana* causa epizootias en poblaciones de broca cuando las condiciones ambientales son favorables, pero estas infecciones naturales muchas veces no son suficientes para detener el avance de la plaga.

El hongo va a infectar a la broca del café no importando de la variedad que sea ya que el insecto es el mismo (Villa C. 1984, pg 9). El efecto de *B. bassiana* es muy visible sobre los frutos verdes ya que esta están penetrando y ahí en ese momento la germinación de las conidias transcurriendo doce horas después de la inoculación.

En un periodo de 72 horas después de la inoculación del hongo el insecto esta colonizado dependiendo de las condiciones ambientales presentes durante la infección.

Los antecedentes expuestos pueden deducir que se debe considerar como un componente promisorio en el manejo integrado de la broca del café (MIB), debido a las ventajas que ofrece como la facilidad en su manejo, la rapidez con la que colonizan al huésped y principalmente por la preservación del ecosistema cafetalero.

### **2.6.1. Morfología y Biología**

La apariencia de *B. bassiana* es blanca algodonosa o amarilla cremosa con aspecto polvoroso. Al ramificarse, el micelio forma las estructuras llamadas conidióforos que son simples e irregulares terminando en vértices en forma de racimos. Las conidias

o unidades infectivas del hongo son hialinas y globosas (2.09 a 1.67  $\mu$ m) y se insertan en forma de zigzag sobre pequeñas salientes o esterigmas adheridas a la porción terminal del conidióforo.

El hongo al crecer produce toxinas como el "Beauvericin". Cuarenta y ocho horas posteriores a la invasión, los cuerpos hifales del hongo circulan por la hemolinfa del insecto. A los doce a 15 días, una colonia de *B. bassiana* en cultivo puro presenta una esporulación abundante y cremosa. Para esporular, el hongo emerge de la broca a través de sus costados y por la región bucal, cubriendo casi todo el cuerpo (Méndez, 1990).

## **2.6.2. Investigaciones relacionadas**

### **2.6.2.1. *Beauveria bassiana*, alternativa biológica para el control de la broca del café**

Según Campos (2011), durante los años 2007 y 2010, los aislamientos presentaron una mejor respuesta en relación a la patogenicidad, esporulación y tolerancia a la luz UV. Observándose que en las fincas ubicadas a 3770 y 4800 pies sobre el nivel del mar se alcanzaron los mayores índices de control con una concentración de conidias de  $5 \times 10^7$  y  $8.36 \times 10^7$  respectivamente y con un porcentaje de brocas infectadas de 56% y 48.97% para las cepas con código Bb-CA-06-06 y Bb-CA-06-08.

En el año 2009 se presentó una canícula prolongada, producto del fenómeno del Niño, que afectó la respuesta de las cepas evaluadas. Estos resultados indican que el patógeno requiere de condiciones ambientales favorables como la alta humedad relativa, temperaturas menores a los 28 °C y períodos prolongados de nubosidad y que no todos los linajes de *B. bassiana* evaluados fueron eficientes en el control de la plaga.

### **2.6.2.2. Evaluación de ocho cepas de *Beauveria bassiana* para control de broca del café *Hypothenemus hampei***

Según Méndez (2008) El objetivo del estudio fue determinar la eficiencia en laboratorio y campo de ocho cepas de *B. bassiana* para el control de la broca.

El estudio se realizó de septiembre a octubre de 2008 en el laboratorio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y en la Hacienda Santa Elisa, ubicada a 5 km de Danlí, El Paraíso.

Para el ensayo de laboratorio se inocularon las brocas por el método de inmersión en una solución de *B. bassiana* a una concentración de  $1.5 \times 10^6$  UFC/ml. En el campo para las unidades experimentales se usaron parcelas con café variedad Caturra de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m), se utilizó un testigo químico (Endosulfan®) a una dosificación de 2 L/ha del producto comercial.

Las cepas del hongo fueron aplicadas a una dosis de  $6 \times 10^{11}$  UFC/ha, con bombas de mochila de 20 L. Las evaluaciones se hicieron a los 15, 20 y 30 días de la aplicación, anotando número de frutos brocados y frutos con presencia de *B. bassiana*, al día 30 se colectaron los granos brocados de cada unidad experimental y se trasladaron al laboratorio para evaluar por disección del grano, porcentaje de brocas muertas y porcentaje de brocas con micelio del hongo.

En el laboratorio no hubo diferencia significativa entre las cepas Cengicaña, Catie 415, El Salvador, Catie 89 y Zamorano con mortalidad arriba del 83%; Obregón (cepa comercial), obtuvo la menor mortalidad con 44%. Las cepas Catie 415 y El Salvador fueron significativamente mejores que el resto para la variable brocas con micelio con 86 y 88%. En el campo el tratamiento químico ejerció el mayor control con 73% de mortalidad, las cepas fluctuaron desde 16 a 50%. Cengicaña y Obregón obtuvieron la mayor mortalidad con 50 y 38% sin diferencia significativa entre ellas. Las cepas Obregón, Zamorano y Disagro obtuvieron los mayores porcentajes de brocas con esporulación del hongo con 15, 17 y 12%, respectivamente, fueron significativamente mejor al resto de cepas. El tratamiento químico como era de esperar no presentó brocas con esporulación de *B. bassiana*.

### **2.6.2.3. Control de broca del café (*Hypothenemus hampei*) utilizándose cepas del hongo *Beauveria bassiana* y el nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora***

Según Ávila (2010) El objetivo del estudio fue determinar la eficiencia en laboratorio y en campo de once cepas de *B. bassiana* y el nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora* para el control de los adultos de la broca del café.

El estudio se realizó en el laboratorio de control biológico de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, y el ensayo de campo en la Hacienda Santa Elisa, ubicada a 5 km de Danlí, El Paraíso, Honduras. En laboratorio se utilizó el método de inmersión para inocular las brocas con *B. bassiana*, a una concentración de  $3 \times 10^6$  UFC/ml de agua y el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* a una concentración de  $2 \times 10^3$  nematodos/ml de agua.

En el campo, para las unidades experimentales, se usaron parcelas con café variedad Caturra de  $10 \times 10$  m, las cepas del hongo fueron aplicadas a una dosis de  $6 \times 10^{11}$  UFC/ha, y el nemátodo con dosis de  $4 \times 10^8$  nematodos/ha, ambos tratamientos fueron aplicados utilizando 200 L de agua/ha. También se utilizó un testigo con agua y un insecticida (Endosulfán(Thiodan)) a una dosis de 1.5 L/ha del producto comercial.

Los resultados en el laboratorio muestran que no hubo diferencia significativa entre la cepa CATIE XN y el nemátodo, los cuales obtuvieron mortalidad corregida de 98% y 96%, respectivamente; la cepa Disagro obtuvo el menor porcentaje de mortalidad corregida (17%), los demás tratamientos obtuvieron mortalidades corregidas entre 80% y 28%. Las cepas CATIE XN y El Salvador presentaron la mayor cantidad de brocas con micelio de *B. bassiana*, ambas obtuvieron 95%.

En el campo las cepas CATIE XN y CATIE 415 obtuvieron los mayores porcentajes de brocas con micelio de *B. bassiana* con 43% y 41%, respectivamente; como era de esperar el testigo y el insecticida no presentaron esporulación de *B. bassiana*. En mortalidad corregida la cepa CATIE XN fue la que presentó mayor porcentaje (95%). El tratamiento con nemátodos obtuvo una mortalidad corregida de 86%, encontrando en promedio 18 brocas muertas.

A continuación, se presenta en el cuadro dos, un resumen de los resultados de las tres investigaciones antes mencionadas donde se hace énfasis al índice de control con relación a la altura sobre el nivel del mar donde se evaluaron las cepas.

**Cuadro 2. Resumen de resultados de investigaciones. Eficiencia de *B. bassiana* en campo.**

<b>Investigación</b>	<b>Cepa</b>	<b>Altura m.s.n.m</b>	<b>Índices de control</b>
<b>1. Campos (2011)</b>	Bb-CA-06-06	1150	56%
	Bb-CA-06-08	1465	48.97%
<b>2. Méndez (2008)</b>	El salvador	1700	50%
<b>3. Ávila (2010)</b>	CATIE XN	1300	43%

En el cuadro dos podemos observar el resumen de las evaluaciones encontradas que fueron realizadas por diferentes autores en diferentes zonas altitudinales donde se muestra un mayor porcentaje de control en áreas con alturas sobre el nivel del mar alto. No debemos descartar la probabilidad del efecto altitudinal y el área geográfica donde se efectuó.

## IV. OBJETIVOS

### 1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar ocho cepas de *Beauveria bassiana*, para el control de broca del café *H. hampei* en finca Buena Vista-ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu.

### 2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1. Determinar la mejor alternativa biológica de las cepas nativas de *Beauveria bassiana* como controlador de la broca *H.hampei*.
- 2.2. Determinar el nivel patogénico de las cepas de *B. bassiana*, después de cuarenta y dos días de la aplicación.

## V. HIPOTESIS

Ho: ninguna de las siete cepas nativas de *B. bassiana* será igual o más eficiente que la cepa testigo Bb-CA-06-06 en el control de la broca del café *H. hampei*.

Ha: al menos una de las siete cepas evaluadas de *B. bassiana* será igual o superior a la cepa testigo Bb-CA-06-06 en el control de la broca del café *H. hampei*.

## VI. MATERIALES Y METODOS

### 1. Materiales y equipo

- Pie de cría de broca del café: es la población adulta de broca del café *H. hampei*, usada en la evaluación.
- Ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana*: es el material biológico recolectado en diferentes regiones cafetaleras del país por el Centro de Investigación en café-CEDICAFÉ-ANACAFÉ.
- Aceite vegetal: es utilizado en la emulsión de *B. bassiana* para proteger a las conidias de la luz ultra violeta y evitar que la lluvia provoque su lavado.
- Cubetas de plástico de 20 litros de capacidad: utilizadas para efectuar la solución del hongo.
- Brochas de tres pulgadas: sirven para la recolección de adultos de broca en el interior del pabellón.
- Pabellón de tela de dacrón de 3 X 2 X 2 metros: mantiene encerradas las las zarandas con frutos de café infestados con broca y evitar la liberación de estas en el área.
- Zarandas de madera de 0.45 m X 1.8 m X 0.1m con maya galvanizada de ¼ de pulgada: utilizadas para colocar el fruto brocado.
- Pintura de aceite, seis colores diferentes: utilizadas para identificar las distintas unidades experimentales en campo.
- Marcador permanente: utilizado para la identificación de plantas y bandolas seleccionadas para el proceso de infestación inducida de la broca.

- Microscopio: utilizado para el conteo de la concentración de conidias de cada una de las cepas evaluadas.
- Cámara hematocitométrica de Neubauer: usada para la estimación de la concentración de conidias.
- Balanza analítica: utilizada para medir las cantidades de *B. bassiana* en el sustrato arroz necesarias para la evaluación.
- Agitador magnético: se encargó de la separación de las esporas del hongo del medio de sustrato.
- Espátula: utilizada para manipular las pequeñas cantidades de *B. bassiana* para preparar las diferentes soluciones.
- Beaker de 100 ml, 200 ml y 1000 ml.: en estos recipientes se elaboraron las diferentes soluciones para medir las concentraciones de conidias de cada cepa de *B. bassiana*.
- Pipetas: utilizada para tomar las pequeñas partes alícuotas de cada una de las soluciones de las cepas correspondientes en análisis.
- Cajas de Petri: en estas se depositaron las diferentes muestras de frutos y brocas que fueron analizadas en el laboratorio después de haber transcurrido 42 días desde la aplicación de los tratamientos.
- Probetas: instrumento utilizado para calcular los diferentes volúmenes de solución que se prepararon.
- Pita o rafia: fue utilizada para asegurar las mangas entomológicas en las bandolas infestadas.

- Mangas entomológicas: utilizadas para cubrir las bandolas después de la infestación inducida de la broca *H. hampei* en los frutos de las bandolas seleccionadas en cada unidad experimental.
- Libreta de campo: utilizada para realizar anotaciones de cada lectura o datos relevantes en transcurrir de la investigación.
- Cámara digital: con el apoyo de esta se tomaron fotografías de las diferentes fases del proceso de investigación.
- Bomba de aspersión capacidad de 16 litros: fueron utilizadas para la aspersión del hongo entomopatógeno en campo.

## **2. Recursos**

- Humanos: se ha empleado dos personas que laboran en el Centro de Investigación en Café-CEDICAFÉ, en el establecimiento de la evaluación y aplicación del hongo *B. bassina*, lo que ha incluido tres jornadas laborales.
- Financieros: el Centro de Investigación en Café-CEDICAFÉ, con sede en finca Buena Vista-ANACAFÉ, ha proporcionado el material experimental así como el aporte en mano de obra para ejercer la evaluación por lo cual se desconocen los costos empleados.

## **3. Material experimental utilizado.**

Para la ejecución del estudio se utilizaron 1024 plantas de café de la variedad sarchimor *Coffea arabica* L., y 9600 brocas de café adultas *H. hampei*, para realizar la infestación controlada.

### 3.1. Análisis estadístico

#### 3.1.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques al Azar (BA).

Para realizar el presente estudio se utilizó el diseño de bloques al azar, debido a que posee la característica de tener una mínima variabilidad entre unidades experimentales y máxima entre bloques.

#### 3.1.2. Modelo estadístico

El modelo estadístico del diseño Bloques al Azar (BA) es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta en porcentaje de infestación y número de conidias de las ocho cepas de *B. bassiana* evaluadas

$\mu$  = La media general de los datos del experimento.

$T_i$  = Es el efecto de la *i*-ésima cepa de *B. bassiana* en estudio.

$\beta_j$  = Efecto del *j*-ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental en la unidad *j* del tratamiento *i*.

#### 3.1.3. Tratamientos evaluados

Se utilizaron siete cepas del hongo *B. bassiana*, y un testigo relativo. Las cepas evaluadas se presentan a continuación en el cuadro tres.

**Cuadro 3. Descripción de factores evaluados**

<b>Tratamiento</b>	<b>Cepa</b>	<b>Descripción de la procedencia</b>	<b>Dosis/ Ha(kg)</b>	<b>Concentración de conidias</b>
T1	Bb-CA-08-02	Finca La Libertad, Colomba, Quetzaltenango	5.71	4.4X10 <sup>8</sup>
T2	Bb-CA-09-01	Finca La Pampa, Purulha, Baja Verapaz	5.71	1.36X10 <sup>8</sup>
T3	Bb-CA-10-01	Finca San Miguel Urías, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez	5.71	3.86X10 <sup>8</sup>
T4	Bb-CA-10-02	Finca San Lorenzo, San Jerónimo, Baja Verapaz	5.71	3.12X10 <sup>8</sup>
T5	Bb-CA-10-03	Finca San Jerónimo Miramar, Patulul, Suchitepéquez	5.71	6.06X10 <sup>8</sup>
T6	Bb-CA-11-01	Cobán	5.71	3.2X10 <sup>8</sup>
T7	Bb-CA-16-01	Chiquimula	5.71	5.74X10 <sup>8</sup>
T8	Bb-CA-06-06	Finca Santa Cecilia, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa.	5.71	1.723X10 <sup>9</sup>

**Fuente: Laboratorio CEDICAFE, Buena Vista. (2018)**

Nota: el significado del código de cada cepa (Bb-CA-08-02):

Bb= *Beauveria bassiana*.

CA= CEDICAFÉ-ANACAFÉ

08= año correlativo de ingreso de la cepa a CEDICAFÉ

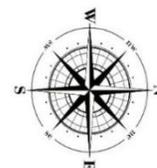
02= número de ingreso en el año.

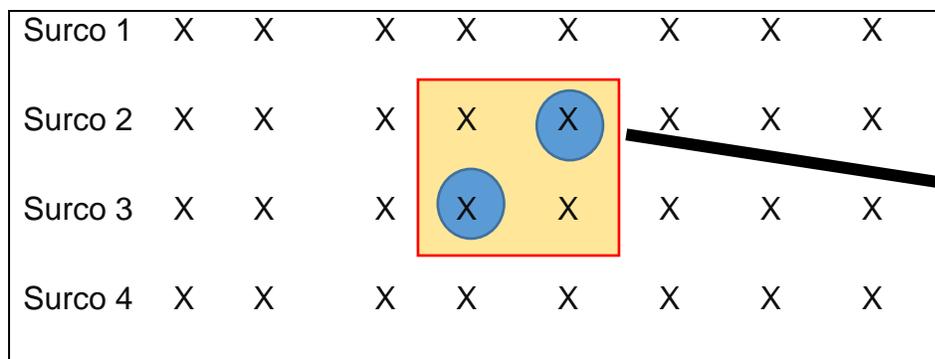
### 3.1.4. Unidad experimental y aleatorización

El diseño contó con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, la aleatorización de los tratamientos se realizó por el método de la tómbola para tener diferentes probabilidades al momento de extracción de los números. En el cuadro cuatro se presentan los resultados de la aleatorización de los tratamientos.

**Cuadro 4. Aleatorización de los tratamientos**

Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 5
Trat. 8	Trat. 6	Trat. 8	Trat. 8
Trat. 3	Trat. 3	Trat. 1	Trat. 1
Trat. 7	Trat. 8	Trat. 3	Trat. 6
Trat. 5	Trat. 4	Trat. 7	Trat. 3
Trat. 2	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 7
Trat. 1	Trat. 7	Trat. 4	Trat. 2
Trat. 6	Trat. 2	Trat. 5	Trat. 4
Replica 1	Replica 2	Replica 3	Replica 4





**Figura 3. Unidad experimental**

Parcela neta, se seleccionaron cuatro plantas centrales de las cuales se evaluaron dos (la coloración azul hace referencia a la planta a evaluar)

En la figura tres se observa el croquis de la unidad experimental referencia de las plantas que la conforman y el círculo azul hace énfasis a la planta donde se tomó una bandola para la infestación inducida de broca en la que se aplicó *B. bassiana*.

### 3.1.5. Unidad experimental

La unidad experimental fue de cuatro surcos de ocho plantas cada una para un total de 32 plantas. (Figura 3).

### 3.1.6. Parcela neta

La parcela neta fue de cuatro plantas, localizadas en el centro de los dos surcos centrales.

### 3.1.7. Metodología para la evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana*

- Selección del área experimental.
- Delimitación del diseño estadístico en campo. (anexos, figura 9)
- Infestación inducida de bandolas seleccionadas en las unidades experimentales. Se infestó con la cantidad de 150 insectos adultos de broca del café (*H. hampei*), por

cada bandola (dos bandolas por unidad experimental). Para las 32 unidades experimentales se utilizó un total de 9600 insectos adultos de brocas del café. (anexos, figura 10 y 15)

- Después de infestar los frutos con broca adulta se procedió a colocar una manga entomológica para evitar que escapara de la bandola. (anexos, figura 11)
- Veinticuatro horas después de la infestación de las bandolas se retiraron las mangas entomológicas, para luego realizar solución de cada una de las mezclas para la aplicación de los tratamientos. (anexos, figura 12)
- Se elaboró la mezcla del hongo *B. bassiana*, para luego ser asperjado en cada uno de los tratamientos siendo la dosis de 5.71 kg por hectárea, determinándose previamente la concentración de conidias (UFC/ml). (anexo, figura 13)
- Con frecuencia semanal se realizaron seis lecturas para establecer los porcentajes de brocas infectadas por *B. bassiana*. (anexos, cuadro 7)
- Para medir el grado de infección que causo el hongo, los frutos brocados que en el campo que no mostraron la presencia del hongo se cortaron para su análisis en el laboratorio y establecer si en el interior de la galería se encontraban brocas infectadas.

### **3.1.8. Variables para medir en los tratamientos.**

Con frecuencia semanal se midió en términos de porcentaje la población de brocas esporuladas.

### **3.1.9. Determinación de la concentración de conidias de las cepas de *Beauveria bassiana*.**

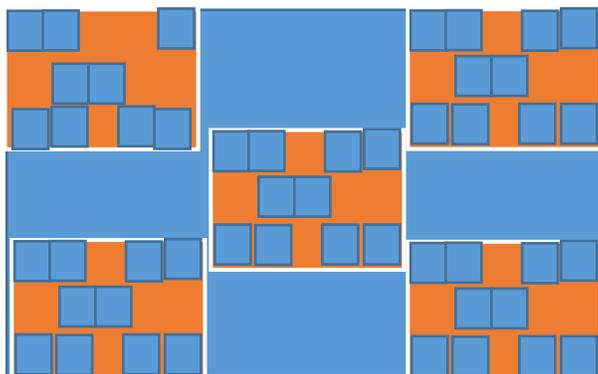
Para el conteo de conidias se tomó 1.0 g de arroz con *B. bassiana* colocándose en beaker de 100 ml y se colocó sobre un agitador magnético para desprender las

conidias del arroz, haciéndose este proceso tres veces con una duración de cinco minutos cada agitación hasta observar el arroz libre de conidias. En cada agitación la solución se fue depositando en un beaker de 1000 ml. y se complementó con agua destilada hasta llevarla a un litro de solución (Solución madre), a la que se le agrego 1 ml de dispersante comercial Tween 80, de esta se derivó otra solución al 1% compuesta por un ml. de la solución madre más 99 ml. de agua destilada y se agito agregándosele colorante azul de metileno para facilitar las lecturas. Con la solución teñida se procedió con ayuda de una pipeta a tomar un mililitro de solución y se colocó en una cámara hematocitométrica de Neubauer para el conteo.

- Se utilizó la metodología planteada por el Centro de Investigaciones en café- CEDICAFE- la cual consiste en lo siguiente:

Se tomó un centímetro cúbico (cc) de la segunda solución (1 cc de solución teñida), para efectuar el conteo de barrido de conidias con ayuda de un microscopio. Se estimó la concentración promedio mediante el conteo de cinco núcleos de diez cuadrantes cada uno y con ayuda de un contador se contabilizaron las conidias del hongo para cada cepa evaluada.

A continuación en la figura cuatro observaremos gráficamente cada uno de los cinco núcleos de conteo con sus diez cuatros a contar para obtener una idea concisa de como ejecutar el conteo.



**Figura 4. Distribución de puntos de conteo en cámara Neubauer.**

En la figura cuatro se muestran cada uno de los puntos donde se contabilizo el número de conidias para cada una de las cepas evaluadas, para establecer el número de Unidades Formadoras de Colonias UFC por mililitro de solución.

#### **4. Manejo del área de la evaluación**

Se ha realizado una pepena como parte del programa de manejo por parte de Finca Buena Vista-ANACAFÉ, en el mes de noviembre como también una fertilización a dosificación de dos onzas por cada planta del fertilizante granular.

## VII. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para medir el comportamiento de los tratamientos, se realizó un total de seis lecturas con frecuencia de siete días (anexo, cuadros 8 y 10).

En el Cuadro cinco se presentan los resultados del Análisis de Varianza (ANDEVA). Para los análisis estadísticos los datos fueron transformados a  $\sqrt{X+1}$ , presentándose los resultados en el cuadro cinco.

**Cuadro 5. Análisis de Varianza ANDEVA. Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*.**

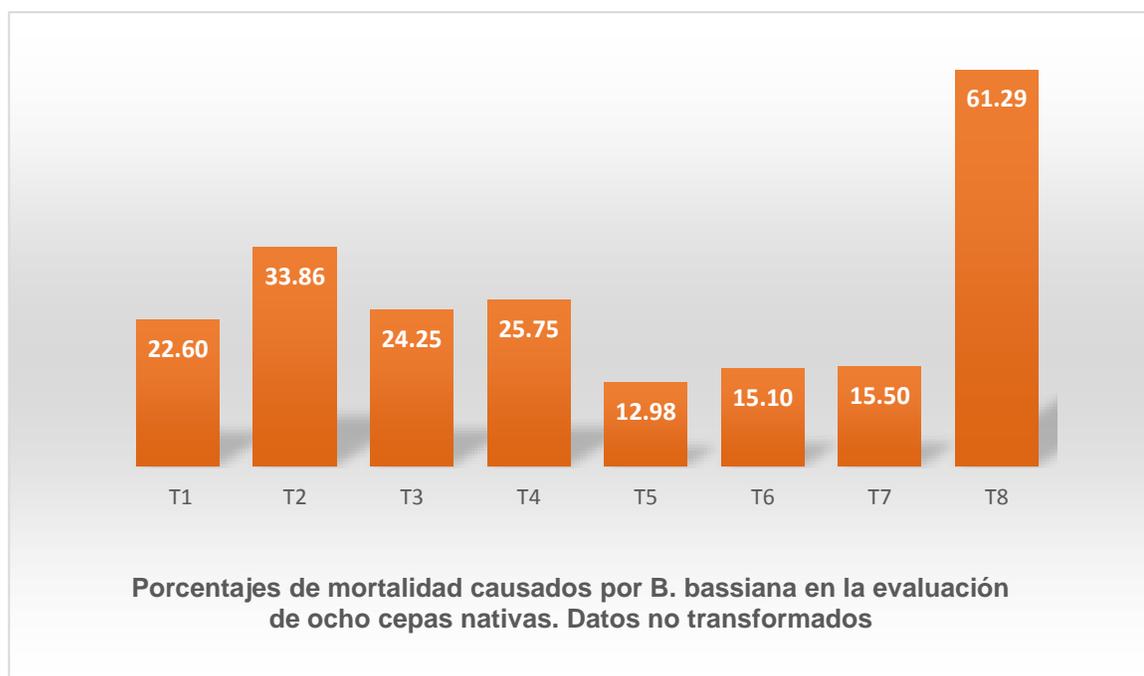
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64.25	10	6.43	2.27	0.0541
TRATAMIENTOS	58.02	7	8.29	2.93	0.0263
BLOQUES	6.23	3	2.08	0.74	0.5426
Error	59.33	21	2.83		
Total	123.58	31			
CV					
	34.41%				

El análisis de varianza reportó un coeficiente de variación de 34.41 %, considerándose aceptable por haberse realizado el estudio en condiciones climáticas no controladas.

**Cuadro 6. Prueba de medias por el test de Tukey para los tratamientos.**

Test:Tukey			Grupos homogéneas	
TRATAMIENTOS	Medias	n		
8	7.89	4	A	
2	5.86	4	A	B
1	4.9	4	A	B
4	4.65	4	A	B
3	4.63	4	A	B
7	4.05	4	A	B
6	3.82	4		B
5	3.28	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0.05$ )



**Figura 5. Porcentajes de mortalidad causados por *B. bassiana* en la evaluación de ocho cepas nativas. Datos no transformados**

El análisis de separación de medias por el test de Tukey con una probabilidad del 0.05 %, indica que la cepa Bb-CA-06-06 (tratamiento 8), estadísticamente mostro el mejor desempeño en el control de la broca del fruto del café, con un valor no transformado de 61.29 % de brocas infectadas por *B. bassiana*, seguido de los tratamientos dos, uno, cuatro, tres, siete, seis y cinco que presentaron valores de 33.86 %, 22.6 %, 25.75%, 24.25 %,15.5 %, 15.1 % y 12.98 %, respectivamente. Cuadro seis y figura cinco.

La menor eficiencia en el control de la plaga se observó en los tratamientos seis y cinco con valores de 15.1 % y 12.98 % correspondientemente.

**Cuadro 7. Prueba de medias por la prueba Tukey para los bloques. Datos transformados a  $\sqrt{X + 1}$**

REP	Medias	N	Grupos homogéneos
IV	5.3	8	A
I	5.28	8	A
III	4.73	8	A
II	4.23	8	A

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0.05$ )

El análisis de separación de medias de los bloques indica que la distribución de los niveles de mortalidad de broca *H. hampei*, causados por *B. bassiana*, estadísticamente son iguales, demostrándose en los grupos homogéneos del cuadro siete, por lo que se infiere que el ensayo se condujo de una manera apropiada y se efectuó una infestación inducida adecuadamente.

### Efectos de las variables climáticas

Durante el proceso de estudio con el fin de determinar el efecto de las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del estudio se llevaron, registros de las variables climáticas: precipitación pluvial, temperaturas mínimas, temperaturas máximas y humedad relativa.

En el cuadro nueve (ver anexos) y en figura seis se presenta el efecto de la precipitación pluvial sobre el desempeño de las ocho cepas de *B. bassiana* evaluadas.

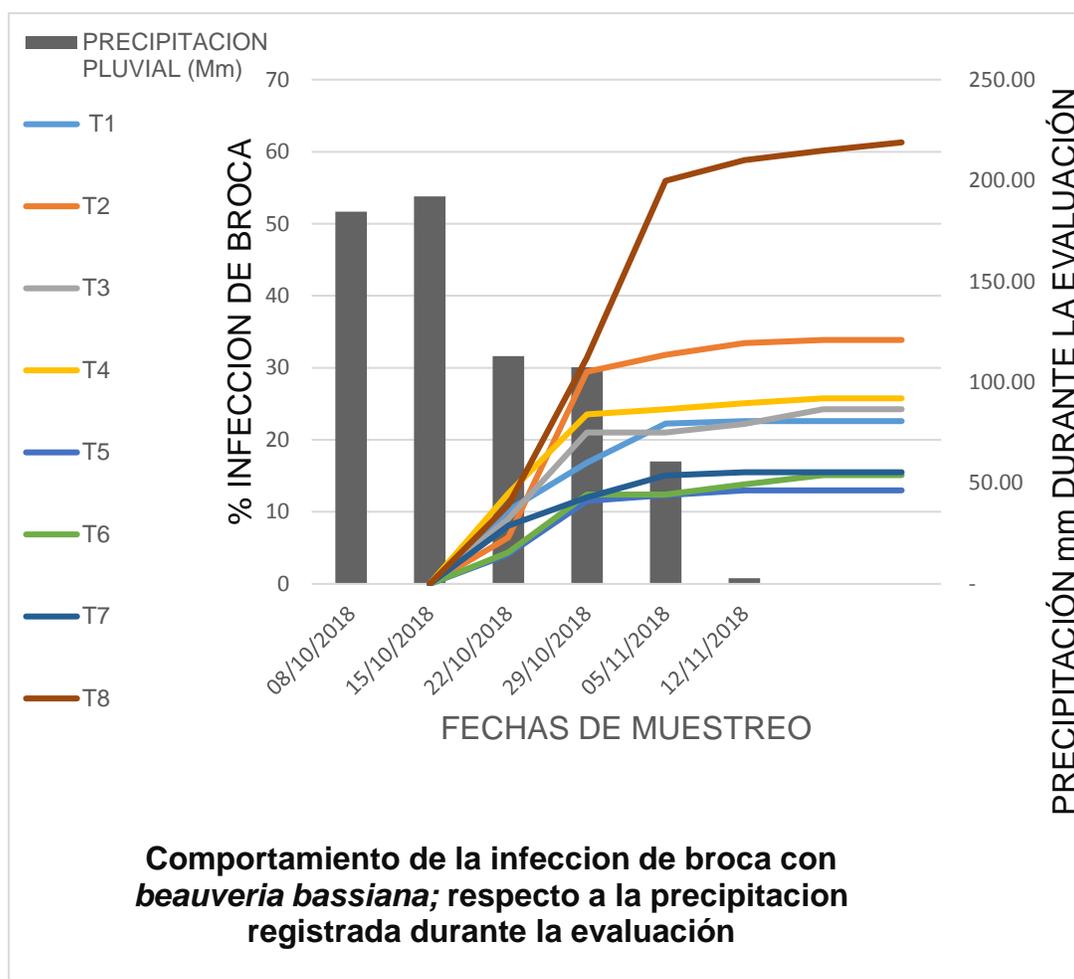


Figura 6. Comportamiento de la infección de broca con *beauveria bassiana*; respecto a la precipitación registrada durante la evaluación

En la figura seis, se observa en las primeras dos lecturas registros de precipitación superiores a los 100 milímetros, situación que no favoreció la acción patogénica de las cepas evaluadas, por lo que a partir de la tercera lectura donde disminuyeron considerablemente las cantidades de lluvias, estas tuvieron un efecto en la regulación de la humedad relativa y permitieron que las cepas de *B. bassiana* empezaran a mostrar su eficacia.

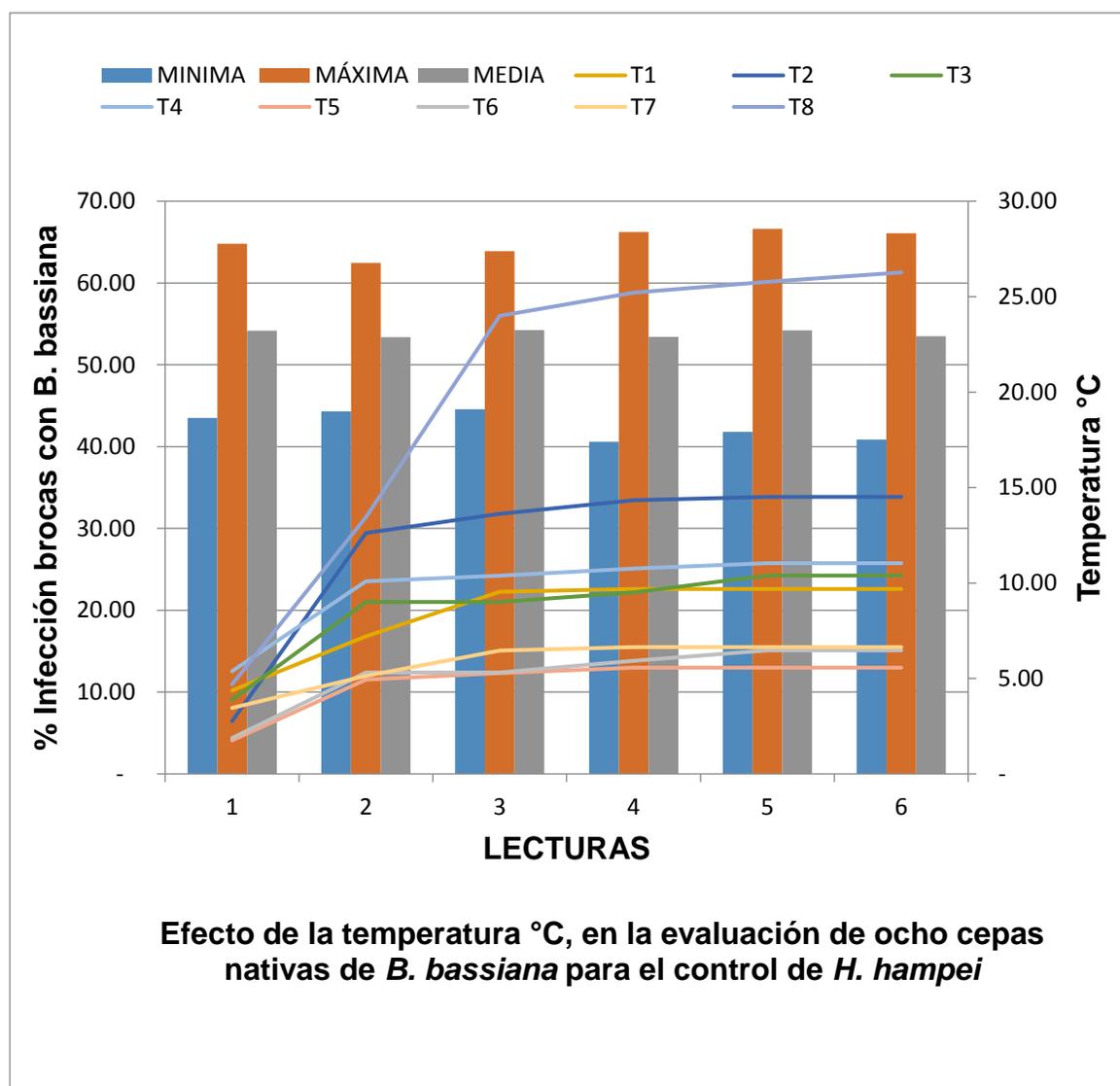
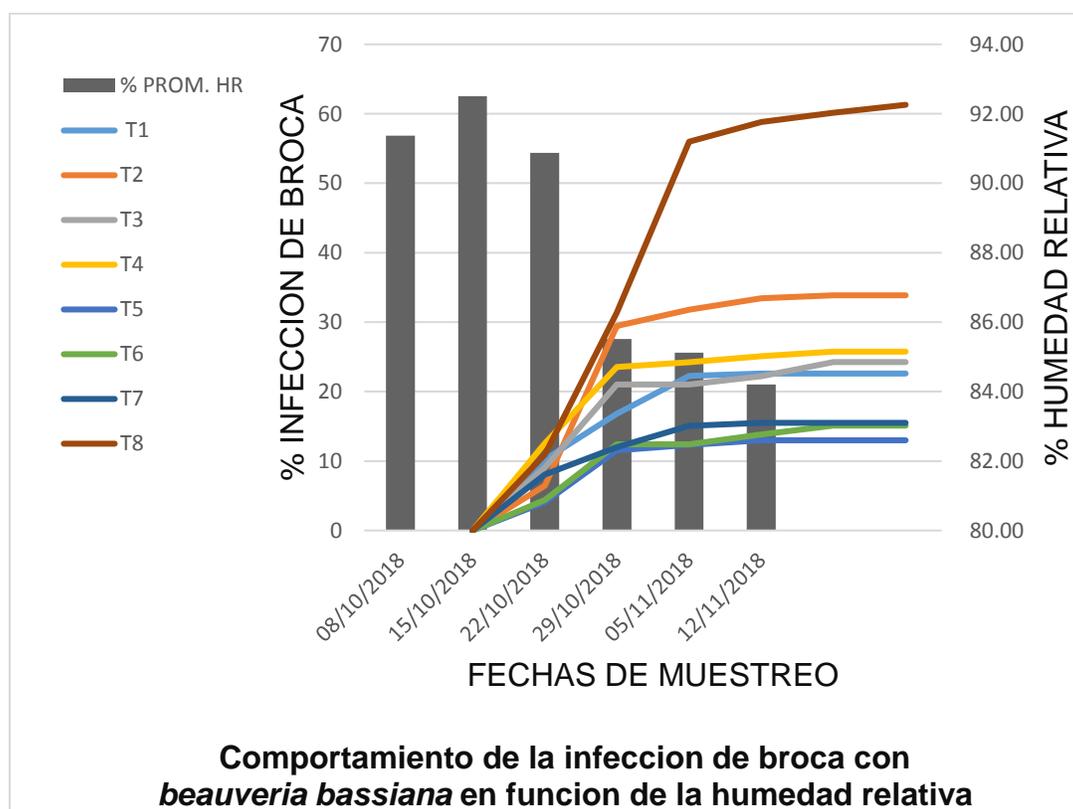


Figura 7. Efecto de la temperatura °C, en la evaluación de ocho cepas nativas de *B. bassiana* para el control de *H. hampei*

El análisis de la figura siete nos indica que de las temperaturas mínimas, máximas y medias la temperatura mínima fue la que favoreció en las últimas cuatro lecturas al desarrollo del hongo, con una diferencia promedio de 0.84 °C en comparación de la media de las temperaturas mínimas de las primeras dos lecturas.

En resumen, de acuerdo con las condiciones del estudio, se puede decir que el efecto de las variables climáticas estudiadas en forma favorable para *B. bassiana* se dio cuando se registraron promedios menores a 100 milímetros de lluvia, humedad relativa entre rangos de 80% y 90%, temperaturas mínimas promedio de 17.98 °C.



**Figura 8. Comportamiento de la infección de broca con *beauveria bassiana* en función de la humedad relativa**

Por la información que proporciona la figura ocho, se infiere que las cepas nativas de *B. bassiana* evaluadas, se desempeñaron mejor, cuando la humedad relativa se encontró entre un rango de 80 % y 90 %.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Se puede deducir que el efecto de las variables climáticas estudiadas en forma favorable para *B. bassiana* se dio cuando se registraron promedios menores a 100 milímetros de lluvia, humedad relativa entre rangos de 80% y 90%, temperaturas mínimas promedio de 17.98 °C.
2. Sobre la base de los resultados de este estudio, donde la cepa de *B. bassiana* Bb-CA-06-06 estadísticamente fue superior a las restantes siete cepas nativas evaluadas, razón por la se concluye que se desecha la hipótesis nula y se acepta como válida la hipótesis alternativa.
3. A través del presente estudio, enfocado a evaluar ocho cepas nativas de *B. bassiana*, para el control biológico de la broca del fruto del café *H. hampei*, se estableció a través del análisis estadístico que el tratamiento número ocho, siendo el testigo correspondiente a la cepa Bb-CA-06-06, aportó 61.29% de brocas infectadas, con una concentración de  $1.723 \times 10^9$  (UFC/ml). Estos resultados confirman que la cepa Bb-CA-06-06 mantiene el mayor nivel de eficiencia del cepario propiedad del Centro de Investigaciones en Café- CEDICAFÉ-, con una dosis de aplicación de 4 kg/mz (5.71 kg/ha).
4. Los resultados obtenidos, respaldan la recomendación de CEDICAFÉ para el uso de esta cepa por parte de las fincas que participan en el programa de control biológico.
5. La medición de la concentración de conidias para cada una de las cepas evaluadas, indica que la cepa Bb-CA-06-06 (tratamiento 8), reportó la un valor de  $1.723 \times 10^9$  (UFC/ml), mientras que en la segunda posición se ubicó la cepa Bb-CA-09-01 (tratamiento 2) con la concentración más baja de  $1.36 \times 10^8$  (UFC/ml).

6. Mediante la medición de las concentraciones de conidias se puede establecer, que no existió una relación directa entre la mayor y menor concentración que reportan las cepas. Lo anterior se justifica, ya que los tratamientos cinco, el tratamiento siete y el tratamiento uno, presentaron una mayor concentración de conidias que el tratamiento dos; reportaron menores porcentajes de brocas infectadas por *B. bassiana*.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Para el control biológico de la broca del café con *B. bassiana* se recomienda utilizar la cepa Bb-CA-06-06, en la dosis de 4 kg/mz (5.71 kg/ha).
2. Realizar las aplicaciones del hongo cuando se han establecido las lluvias, de preferencia en días nublados, para obtener mayores rendimientos en la aspersión o bien en las primeras horas de la mañana 06-09 o bien en horas de la tarde 16 a 18, esto con el fin de evitar que los rayos UV provoquen daños a la viabilidad del hongo.
3. Previo a realizar las aspersiones del hongo, debe calibrarse adecuadamente el equipo y a los operarios que realizaran esta labor, procurando dirigirse a los frutos y no a toda la planta, esto ayudara a reducir el volumen de agua por área y mantener una alta concentración de conidias.
4. Para la preparación de la emulsión seguir las recomendaciones de CEDICAFÉ que indican que debe realizarse un triple lavado del arroz que ha servido como sustrato para la reproducción del hongo esto ayudará a desprender la mayor cantidad de conidias de los granos de arroz, para completar la elaboración de la suspensión se recomienda utilizar 125 centímetros cúbicos (cc) de aceite vegetal, que contribuye a proteger la viabilidad de las conidias.
5. CEDICAFÉ recomienda que cuando *B. bassiana* se traslade a largas distancias, este debe acondicionarse dentro de una jelera con una membrana de hielo para mantener las temperaturas que protegen al hongo.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANACAFÉ. (1985). *Avances de investigación de la broca del café Hypothenemus hampei*. F 1967. *Coleóptera, Scolitidae en Guatemala*. En memoria del taller internacional sobre manejo integrado de la broca de café. Ed. Rev. Guatemala.
2. ANACAFÉ. (1998). *Manual de caficultura*. (3 Ed.). Guatemala.
3. ANACAFÉ. (2000). Hongos entomopatógenos contra la broca del café. *Revista el Cafetal*. (6), 14-15.
4. ANACAFÉ. (2014). *Guía técnica de caficultura*. (2 ed.). Guatemala.
5. ANACAFÉ. (2003). *Exportación realizada, por tipo de café y mercados en quintales oro. Ejercicio 2000-2002*. Departamento de comercialización. Guatemala.
6. ANACAFÉ. (2017). *Manual de caficultura*. (1 ed.). Guatemala.
7. Ávila, O. (2010). *Control de la broca del café (Hypothenemus hampei), utilizándose cepas del hongo B. bassiana y el nematodo Heterorhabditis bacteriophora*. Zamorano, Honduras.
8. Beaker, P. (1986). *Biología, ecología y hábitos de la broca. II curso regional sobre el manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en Broca de fruto (H. hampei Ferr.)*. (198 ed.). Instituto Hondureño del Café. Instituto de Cooperación para la Agricultura-IICA- PROMECAFE-. San Pedro Sula, Honduras.
9. Borbón, O. (1991). *La broca del fruto del cafeto: programa cooperativo ICAFE-MG. ICAFE-MAG*. San José, Costa Rica.
10. Brito, N. (2005). *Evaluación del manejo integrado de la broca del café (Hypothenemus hampei F.), coleóptera: scolytidad, en plantaciones comerciales*

*de café, finca la Perla*. Chajul, Quiché. (Tesis Ing. Agr.) Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente División de Ciencia y Tecnología. Facultad de Agronomía. Quetzaltenango, Guatemala.

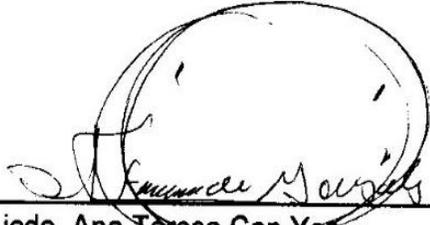
11. Campos, O. (1983). *Estudios de los hábitos de la broca del café (Hypothenemus hampei Ferr.1867). En el campo. V. simposio latinoamericano sobre la caficultura*. El Salvador. IICA/PROMECAFE. Guatemala.
12. Campos, O. (2000). *Investigación & descubrimientos sobre el cultivo del café*. Guatemala: ANACAFÉ.
13. Campos, O. (2004). Muestreo oportuno de la broca del fruto del cafeto. *Revista el Cafetal*. Guatemala. 8-9.
14. Campos, O. (2005). *Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala*. Simposio sobre Situaciones Actuales y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J. F. Barrera (ed.). Tapachula, Chiapas, Mx.: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio De la Frontera Sur. ISBN 970-9712-17-9.
15. Campos, O. (2007). *35 años de experiencias sobre la broca del café en Guatemala*. Guatemala: ANACAFÉ.
16. Campos, O. (2008). Evaluación de dos aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* (bálsamo) para el control de broca del cafeto *Hypothenemus hampei*. *Revista el Cafetal*. Guatemala. (1), 10-11.
17. Campos, O. (2011). *Beauveria bassiana*, alternativa para el control biológico de la broca del cafeto. *Revista el Cafetal*. Guatemala. (29), 6-8

18. CENICAFE. (1993). *Pérdida de virulencia del hongo Beauveria bassiana cultivado sucesivamente en sustrato de arroz*. Brocarta 14. Guatemala.
19. CENICAFÉ. (1997). *Perdida de virulencia del hongo Beauveria bassiana cultivado sucesivamente en sustrato de arroz*. Brocarta 14.2. Guatemala.
20. CENICAFÉ. (1997). *Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos*. Federación Nacional de Cafetaleros Colombia. Colombia
21. Decazy, B. (1989). *Niveles y umbrales de daño económicos de las poblaciones de la broca del fruto del cafeto Hypothenemus hampei Ferr. III Taller Regional de la Broca*. Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.
22. Decazy, B. (1988). *Manejo integrado de la broca del fruto del cafeto (Hypothenemus hampei Ferr.)*. Simposio Avances Científicos y tecnológicos en caficultura, Guatemala: ANACAFÉ. Instituto de Capacitación y Productividad-INTECAP. Guatemala.
23. Esteban, M. (2005). *Evaluación de la capacidad de dispersión y parasitismo de Cephalonomia stephanoderis, parasitoide de la broca del fruto del cafeto (H. hampei), en tres zonas altitudinales del Sur Occidente de la caficultura guatemalteca*. Quetzaltenango, Guatemala.
24. García, A. (1996). *Acciones para el manejo de la broca del café*. Cafetín de ANACAFÉ. Guatemala.
25. García, A. & Medina, B. (2000). *Evaluación de conidia WG (Beauveria bassiana), para el control de broca del café (Hypothenemus hampei)*. Investigaciones & Descubrimientos sobre el cultivo del café. Guatemala: ANACAFÉ.
26. García, A. (2000). El control de la broca del café en Guatemala. *Revista el Cafetal*. Guatemala. (4), 14-15.

27. García, A.; Medina, B.; Roca, R. (2000). *Observaciones sobre patogenicidad de cepas de Beauveria bassiana hacia la broca del café. Investigaciones & descubrimientos sobre el cultivo del café.* ANACAFÉ, Guatemala.
28. Hernández, P.; Sánchez, D. (1972). La broca del fruto del café. *Boletín de ANACAFÉ, GUATEMALA.* (11), 48.
29. Jiménez, J. (1992). *Patogenicidad de diferentes aislamientos de B. bassiana sobre la broca del café.* Guatemala: CENICAFÉ.
30. Lavabre, E. (1989). *Control biológico de la broca del fruto del cafeto. III. Taller Regional de la Broca.* Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.
31. Méndez, L. (1990). *Control microbiano de la broca del fruto del cafeto (hypotheremus hampei Ferr.), coleóptera: Scolytidae, con el hongo Beauveria bassiana (vals.) Vuil. (deutoromycetes) en el Soconusco, Chiapas México.* (Tesis de Maestría). Colegio de Post graduados, Champingo, México.
32. Monterroso, J. (1981). *Incidencia de Beauveria bassiana sobre la broca del café y su reproducción en coco en Guatemala.* *Revista Cafetalera mensual- ANACAFÉ.* Guatemala. (210), 10-12.
33. Mora, O. (2004). *Guía para construir el manejo integrado de la broca del fruto del café.* In: Instituto del Café de Costa Rica-ICAFC. Valle Central Occidental, San José Costa Rica.
34. Moscoso, C. (1980). *Evaluaciones de nuevos insecticidas en el combate de la broca del fruto del cafeto Hypotheremus hampei Ferr.* (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.

35. Muñoz, R. (1989). *Ciclo biológico y reproductivo partenogenética de la broca del fruto del café (Hypothenemus hampei Ferr.)*. III Taller Regional de la Broca. Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.
36. Méndez, N. (2008). *Evaluación de ocho cepas de Beauveria bassiana para el control de broca del café Hypothenemus hampei*. Honduras.
37. Pascalet, R. (1939). *La biología de la broca del café*. Colombia.
38. Perdomo, A.; Miranda A. (1983). *Propuesta para la detección de la broca del café Hypothenemus hampei en los países o áreas cafetaleras libres de la plaga. Simposio sobre Caficultura*. PROMECAFE-IICA. Panamá.
39. Prior, C. (1987). *Uso de Beauveria bassiana*. Bogotá, Colombia.
40. PROCAFÉ. (2000). *El hongo Beauveria bassiana, una herramienta para el control de la broca del fruto del cafeto. Hoja técnica*. San Salvador, El Salvador.
41. PROCAFÉ. (2000). *Hoja técnica del hongo Beauveria bassiana, una herramienta para el control de la broca del fruto del cafeto*. San Salvador, El Salvador.
42. Ramírez, G.; Mora, M. (2001). *La broca del fruto del café nos amenaza. Boletín informativo*. ICAFE. San José, Costa Rica.
43. Rodríguez, M.; López J.; Peña, G.; Zuñiga, A. (2007). *Efectividad del curyon en el control químico de la broca del café en tres localidades de Honduras. (en línea)*. Disponible en: [http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa\\_archivos/documentos/efectividad\\_cur,yon.pdf](http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/efectividad_cur,yon.pdf).
44. Simposio Avances Científicos y Tecnológicos en Caficultura. (1988). *Manejo Integrado de la Broca del fruto del café*. Guatemala: ANACAFÉ- INTECAP.

45. Vega, M. (1989). *La broca del fruto del café (Hypothenemus hampei Ferr. 1967), en el salvador. III Taller Regional de la Broca.* Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.
46. Villa Nueva, A.; Burgos, C. (1989). *Fluctuación poblacional de la broca del grano del café (Hypothenemus hampei Ferr. 1867), en gradiente altitudinal en la región del Soconusco, Chiapas, México. III Taller Regional de la Broca.* Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala.

Vo.Bo.   
Licda. Ana Teresa Cap Yes  
Bibliotecaria CUNSUROC.



## XI. ANEXOS

**Cuadro 8. Porcentajes de infección de la broca del café por cada lectura ejercida.**

PORCENTAJE PROMEDIO DE INFECCION DE <i>Beauveria bassiana</i>						
TRATAMIENTO	7 DDA	14 DDA	21 DDA	28 DDA	36 DDA	42 DDA
T1	10.20	16.82	22.27	22.60	22.60	22.60
T2	6.44	29.44	31.80	33.45	33.86	33.86
T3	9.06	21	21	22.20	24.25	24.25
T4	12.55	23.55	24.23	25.09	25.75	25.75
T5	4.09	11.54	12.32	12.98	12.98	12.98
T6	4.38	12.41	12.41	13.83	15.10	15.10
T7	8.06	11.99	15.06	15.50	15.50	15.50
T8	10.95	31.4	56.0	58.83	60.15	61.29

**Cuadro 9. Condiciones climáticas registradas durante la evaluación.**

PROMEDIO SEMANAL				
FECHA DE LECTURA	PRECIPITACION PLUVIAL (Mm)	TEMPERATURA		% PROM. HR
		MINIMA	MÁXIMA	
8/10/2018	184.57	18.65	27.78	91.37
15/10/2018	192.14	18.99	26.77	92.51
22/10/2018	112.86	19.10	27.39	90.87
29/10/2018	107.43	17.40	28.39	85.52
5/11/2018	60.71	17.91	28.56	85.12
12/11/2018	2.86	17.51	28.33	84.21

**Cuadro 10. Cuadro auxiliar para toma de resultados destinados al ANDEVA.**

% BROCAS INFECTADAS POR <i>B.bassiana</i> (42 DDA)					
TRATAMIENTO	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	
T1	32.55	41.77	19.35	6.66	100.33
T2	40.9	20	38.46	36.06	135.42
T3	8.1	4.87	35.06	48.93	96.96
T4	68.96	15.71	4.05	14.28	103
T5	3.17	0	21.87	26.88	51.92
T6	16.94	11.53	3.33	28.57	60.37
T7	18.18	12.69	13.58	17.54	61.99
T8	62.03	62.8	64.44	55.91	245.18
TOTAL	250.83	169.37	200.14	234.83	855.17



**Figura 9. Delimitación del diseño estadístico (tratamientos, repeticiones, delimitación del área experimental).**



**Figura 10. Infestación de brocas en los frutos de café.**



**Figura 11. Colocación de mangas entomológicas en bandolas estudiadas**



**Figura 12. Retiro de mangas entomológicas.**



**Figura 13. Elaboración de mezcla de hongo para aplicar en los diferentes tratamientos.**



**Figura 14. Conteo de frutos infectados.**



**Figura 15. Broca de café en el fruto**  
**Fuente: Oscar Campos (2019).**



Mazatenango, 04 de noviembre de 2020.

M.Sc. Erick Alexander España Miranda  
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.  
Centro Universitario del Suroccidente.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Maestro España:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: "Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* Bálamo, para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* Fer., finca Buena Vista ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu"; presentado por el estudiante T.P.A. Wagner Alfredo García Ayala quien se identifica con número de carné 201340221 de la carrera de Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

M.Sc. Erick Alexander España Miranda.  
Revisor.

Mazatenango, 04 de noviembre de 2020.

Doctor:  
Guillermo Vinicio Tello Cano.  
Director Centro Universitario del Suroccidente.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Su despacho.

Señor Director:

De manera atenta, me dirijo a usted para informar que el estudiante T.P.A. Wagner Alfredo García Ayala, quien se identifica con número de carné 201340221 de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: "Evaluación de ocho cepas nativas de *Beauveria bassiana* Bálamo, para el control de broca del café *Hypothenemus hampei* Fer., finca Buena Vista ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu"; el cual fue asesorado, revisado y con dictamen favorable del Ingeniero Agrónomo M.Sc. Erick Alexander España Miranda.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. Wagner Alfredo García Ayala, ha cumplido con el normativo de Trabajo de Graduación, razón por la que someto a consideración el documento presentado por el estudiante, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Agr. M.Sc. Erick Alexander España Miranda.  
Coordinador de Carrera.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-04-2021

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, once de febrero de dos mil veintiuno\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE  
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
"EVALUACIÓN DE OCHO CEPAS NATIVAS DE BEAUVERIA BASSIANA  
BÁSAMO, PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ HYPOTHENEMUS  
HAMPEI FER. FINCA BUENA VISTA ANACAFÉ SAN SEBASTIÁN,  
RETALHUEU", del estudiante: TPA. Wagner Alfredo García Ayala, carné 201340221  
CUI: 2930 730900408 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director



/gris