

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE (*Beauveria bassiana* L.) PARA EL
CONTROL DE LA BROCA EN 10 CULTIVARES DE CAFÉ (*Coffea arábica*
L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SAPECHO**

EDGAR PINAYA LUNA

LA PAZ – BOLIVIA

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE (*Beauveria bassiana* L.) PARA EL
CONTROL DE LA BROCA EN 10 CULTIVARES DE CAFÉ (*Coffea arábica*
L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SAPECHO”

*Tesis de grado presentado como requisito
parcial para optar al título de
Ingeniero agrónomo Tropical*

EDGAR PINAYA LUNA

Asesor (es):

Ing. Casto Maldonado Fuentes

Tribunal examinador:

Ing. M. Sc. Carlos Eduardo Choque Tarqui

Ing. Celso Ticona Quispe

Ing. M. Sc. Freddy Cadena Miranda

APROBADO

Presidente tribunal examinador.....

LA PAZ – BOLIVIA

2023

DEDICATORIA

Con mucho amor a mis hermanas, por todo el apoyo que me dieron en esta etapa de mi formación profesional, en especial a mi madre querida, a mi hijo Lucas Pinaya Paredes y a mi padre que siempre nos cuida desde más allá.

Con mucho respeto a mi tío Andrés Flores y a mi tía Sonia Paredes, con todo mi cariño les agradezco muchísimo por apoyarme incondicionalmente en toda esta etapa de mi formación académica, los cuales han sido los principales apoyos para la culminación de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas e institución.

A mi asesor ingeniero Casto Maldonado Fuentes por transmitirme sus conocimientos, sus valiosas sugerencias y por su tiempo dedicado.

A mi tribunal revisor, Ing. M. Sc. Carlos Choque Tarqui, Ing. Celso Ticona Quispe y Ing. M. Sc. Freddy Cadena Miranda, por sus aportes valiosos para el enriquecimiento del trabajo y por su tiempo dedicado en la revisión del documento.

También agradecer a la estación experimental Sapecho UMSA tanto a los ingenieros investigadores como también al personal de campo que me colaboraron con el trabajo.

Un profundo agradecimiento a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) a quien debo mi formación profesional.

CONTENIDO GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivos Específicos	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Origen e importancia del café	4
3.2. Producción de café a nivel mundial	4
3.3. Caficultura en Bolivia	5
3.4. Valor alimenticio del café	6
3.5. Generalidades del café.....	7
3.5.1. Características morfológicas y fisiológicas	7
3.5.2. Raíz	7
3.5.3. Tallo.....	8
3.5.4. Hojas.....	8
3.5.5. Flores.....	8
3.5.6. Fruto	8
3.6. Recursos genéticos del café como fuente de diversidad genética	8
3.6.1. Fenología del cultivo de café.....	9
3.6.2. Característica de cultivares	9
3.6.3. Cultivar CEPAC1.....	9
3.6.4. Cultivar CEPAC2 (IPR59)	10

3.6.5.	Cultivar CEPAC 3.....	10
3.6.6.	Cultivar CEPAC 4.....	10
3.6.7.	Cultivar Icatu precoz	11
3.6.8.	Cultivar Catuai rojo	11
3.6.9.	Cultivar Tupi.....	11
3.6.10.	Cultivar Paraíso MG H419-1	12
3.6.11.	Cultivar Castillo	12
3.7.	Plagas y enfermedades del café.....	12
3.8.	Características de la broca del café.....	12
3.8.1.	Origen, distribución y características del insecto	12
3.8.2.	Dispersión de la broca. revisado	13
3.8.3.	Ciclo de vida de la broca	14
3.8.4.	Ingreso y posición de la broca en los frutos.....	16
3.8.5.	Daños causados por la broca del café	17
3.9.	Control biológico.....	18
3.10.	Características de <i>Beauveria bassiana</i>	19
3.10.1.	Características macroscópicas y microscópicas del hongo.	19
3.10.2.	Modo de acción.....	20
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1.	Localización.....	22
4.2.	Características climáticas	22
4.3.	Características de suelo	23
4.4.	Materiales	23
4.4.1.	Material vegetal.....	23
4.4.2.	Material biológico	24
4.4.3.	Material de campo.....	25
4.4.4.	Metodología	25
4.5.	Procedimiento experimental	25
4.6.	Labores culturales	26
4.6.1.	Limpieza de la parcela	26
4.6.2.	Poda	26
4.6.3.	Anillado	26

4.6.4.	Selección de plantas	27
4.6.5.	Muestreo de plantas:.....	27
4.6.6.	Toma de datos iniciales	28
4.6.7.	Calibrado de la moto fumigadora	28
4.6.8.	Preparación del insumo.....	28
4.6.9.	Aplicación del material biológico en campo	28
4.6.10.	Primera evaluación y segunda aplicación.....	29
4.6.11.	Segunda evaluación y tercera aplicación	29
4.6.12.	Tercera evaluación.....	29
4.7.	Modelo estadístico.....	30
4.8.	Unidad experimental.....	30
4.9.	VARIABLES DE ESTUDIO	31
4.9.1.	Incidencia.....	31
4.9.2.	Porcentaje de frutos controlados.....	31
4.9.3.	Análisis de costos de aplicación	32
4.10.	Análisis estadístico	32
4.11.	Procesamiento de datos	32
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
5.1.	Porcentaje de incidencia de la broca:	33
5.1.1.	Incidencia con aplicación de <i>Beauveria bassiana</i>	34
5.2.	Porcentaje de frutos controlados.	39
5.3.	Análisis de presupuesto parcial	42
6.	CONCLUSIONES	45
7.	RECOMENDACIONES	46
8.	BIBLIOGRAFIA	47
9.	ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Producción de Café en Bolivia.....	5
Cuadro 2: Taxonomía del café	7
Cuadro 3: Taxonomía de la broca	14
Cuadro 4: Longevidad de la broca por sexo	16
Cuadro 5: Taxonomía de <i>Beauveria bassiana</i>	19
Cuadro 6: Datos climáticos Periodo 1996 – 2012, SENAMHI	23
Cuadro 7: Material vegetal conformado por diez cultivares.....	23
Cuadro 8: Porcentaje de incidencia de broca.....	33
Cuadro 9: Análisis de varianza para el % de incidencia de la tercera evaluación, ataque de la broca al fruto.....	36
Cuadro 10: Análisis de varianza para el % de frutos controlados última evaluación.	41
Cuadro 11: Análisis del presupuesto parcial de aplicación de <i>B. bassiana</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Broca del café. Macho (Der.) y Hembra (Izq.)	13
Figura 2: Ciclo biológico de la broca	15
Figura 3: Posición de la broca	16
Figura 4: Ciclo de infestación de la broca	18
Figura 5: Macroscópica y microscópica de <i>Beauveria bassiana</i>	20
Figura 6: Modo de acción del hongo	21
Figura 7: Ubicación geográfica de la Estación Experimental Sapecho	22
Figura 8: Material biológico <i>Beauveria bassiana</i>	25
Figura 9: Acondicionamiento de las plantas	26
Figura 10: Selección de plantas y ramillas.	27
Figura 11: Croquis del diseño experimental de cultivares de café	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfica 1: Incidencia inicial como punto de partida en cultivares de café.....	34
Gráfica 2: Primera evaluación de incidencia.....	34
Gráfica 3: Segunda evaluación de incidencia.....	35
Gráfica 4: Tercera evaluación de incidencia.....	35
Gráfica 5: Comparación entre aplicaciones.....	36
Gráfica 6: Prueba de significancia de incidencia tukey al 0,05.....	37
Gráfica 7: Evaluación de % de frutos controlados.....	39
Gráfica 8: Tercera evaluación de % de frutos controlados.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1: Matriz de total de frutos sanos	53
Anexo 2: Promedio de frutos brocados	53
Anexo 3: Promedio de frutos sanos y frutos brocados	54
Anexo 4: Fotografía de frutos brocados antes de la aplicación del hongo	54
Anexo 5: Material biológico <i>Beauveria bassiana</i> en grano de arroz.....	55
Anexo 6: Aplicación del control producto en campo abierto.....	55
Anexo 7: Toma de datos en campo.....	55
Anexo 8: Fotografía de cultivares implementados en la estación experimental	56
Anexo 9: Fotografía de frutos con broca colonizados por el hongo.....	57
Anexo 10: Fotografía de frutos con broca	57

RESUMEN

El presente estudio de investigación se realizó en la Estación Experimental Sapecho dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado al norte del departamento de La Paz, Bolivia.

Con la investigación se propuso controlar la broca del café (*Hypothenemus hampei*) con *Beauveria bassiana* en los diez cultivares de café (*Coffe arábica* L.) y saber que cultivar es más susceptible a la broca, el material fue introducidos del Brasil con el objetivo de apoyar a las regiones cafetaleras.

El estudio realizado fue del tipo experimental donde el factor en estudio fue los 10 cultivares de café. El diseño estadístico fue el de bloques completamente al azar con tres repeticiones, donde las variables de estudio son, % de incidencia, % de frutos controlados y contos de aplicación.

En la variable % de incidencia, resaltaron dos cultivares, Castillo con el mayor % de frutos brocados 4,818 % y paraíso con el menor % de frutos brocados 1,789%. Con la aplicación de *Beauveria bassiana* resaltaron los cultivares CEPAC -1 con 1,296 de frutos brocados, y con el menor porcentaje tenemos a Tupi con 0,182 % frutos brocados.

Respecto a la variable frutos controlados, en el cultivar CEPAC-1 se tuvo mayor porcentaje de frutos controlados por el hongo con 0,778% y el segundo lugar correspondió a Catuai rojo con 0,444% y con el menor porcentaje tenemos a Tupi, CEPAC - 4, Icatu precoz, Catuai rojo local y paraíso con 0,111 % de frutos controlados.

La variable costos de aplicación se realizó un análisis económico a partir de presupuestos parciales, conocido como el método de Perrin, donde los gastos incurridos sumaron un total de 411,500 Bs/Ha. Donde resaltaron cultivares con mejores promedios en beneficios como ser: castillo con 444,926 Bs/Ha, CEPAC- 2 con 226,636 Bs/Ha y CEPAC- 1 con 169,324 Bs/Ha.

SUMMARY

This research study was carried out at the Sape-cho Experimental Station dependent on the Universidad Mayor de San Andrés, located north of the department of La Paz, Bolivia. With the investigation it was proposed to control the coffee drill (*Hypothenemus hampei*) with *Beauveria bassiana* in the ten coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) and to know which cultivar is more susceptible to the borer, the material was introduced from Brazil with the aim of supporting coffee-growing regions. The study carried out was of the experimental type where the factor under study was the 10 coffee cultivars. The statistical design was completely randomized blocks with three repetitions, where the study variables are % incidence, % controlled fruits and application counts. In the variable % incidence of *Hypothenemus hampei*, two cultivars stood out, Castillo with the highest % of brocaded fruits 4,818 % and Paraíso with the lowest % of brocaded fruits 1,789%. With the application of *Beauveria bassiana*, the CEPAC -1 cultivars stood out with 1,296 brocade fruits, and with the lowest percentage we have Tupi with 0.182 % brocade fruits. Regarding the variable controlled fruits, in the CEPAC-1 cultivar there was a higher percentage of fruits controlled by the fungus with 0.778% and the second place corresponded to red Catuai with 0.444% and with the lowest percentage we have Tupi, CEPAC - 4, early Icatu, local red Catuai and paradise with 0.111% of controlled fruits. The application costs variable was carried out an economic analysis based on partial budgets, known as the Perrin method, where the expenses incurred totaled 411,500 Bs/Ha. Where cultivars with better average benefits stood out, such as: Castillo with 444,926 Hs/Ha, CEPAC-2 with 226,636 Bs/Ha and CEPAC-1 with 169,324 Bs/Ha.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de café (*Coffea arábica* L.) en Bolivia data de mucho tiempo atrás, sobre todo en áreas tropicales y subtropicales que constituye una de las principales fuentes de ingreso económico, tanto para el productor como también para el país.

La producción de café en Bolivia es una tradición de muchos años y por sus características tiene una oferta única, a nivel nacional el mayor productor es el departamento de La Paz, donde se concentra en las regiones Yungueñas con un 91% de la superficie cultivada (MDRyT, 2016).

La producción y calidad de café en estos últimos años bajó mucho por distintos factores tales como el manejo inadecuado presencia de plagas y enfermedades, falta de asesoramiento, etc.

La broca del café *Hypothenemus hampei*. es la plaga insectil de mayor importancia a nivel mundial se estima que causa una pérdida más de \$500 millones al año a nivel mundial (Jaramillo, 2010). Es la principal causante de pérdidas económicas en la caficultora, su ataque va directamente al fruto y causando pérdidas de 10 a 45%, de la producción, equivalente a 1500 qq /año Ferrari (1867) citado por Cohela (2009).

En estos últimos años la producción orgánica de café se ve amenazada seriamente por la presencia de la broca causando seriamente pérdidas económicas. Por lo que se hace necesario aplicar un control natural para no contaminar el sistema de producción orgánica.

Los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes controladores (Pucheta, 2006).

En Bolivia se evidencia la presencia natural del hongo *Beauveria bassiana* en el año 1993 por el instituto de ecología de la UMSA, que juega un papel importante en la

regulación de población de broca, ya que este entomopatógeno genera disturbios a nivel digestivo, nervioso, muscular y hasta causarle la muerte (Arias, 2009).

Desde hace décadas se vio el uso de biocontroladores en diferentes cultivos como ser: plátano, café, algodón, también en hortalizas. Controlando sobre poblaciones de, broca, picudo, mosca blanca entre otras plagas. Prácticamente, todos los insectos son susceptibles a alguna de las enfermedades causada por estos hongos inclusive los dípteros (García et al., 2008).

En la Estación Experimental Sapecho se han establecido diferentes cultivares con el fin de conocer su comportamiento, rendimiento, adaptación y susceptibilidad a enfermedades, como ser mal de hilacha, ojo de gallo, gusano laminado, mal de cereza y la broca considerada la que ocasiona mayor pérdida en el rendimiento del café.

En esta región del trópico de La Paz, la producción del café está sustentada en la agricultura familiar bajo un sistema de agricultura orgánica que permita obtener productos sanos y orgánicos que generen ingresos económicos.

En estos últimos años con el programa de café se han ido implementando muchas parcelas en distintas regiones sub tropicales y tropicales del País, usando distintas variedades comerciables como ser: catuai rojo, catuai amarillo, castillo, paraíso, caturra, etc.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la aplicación de *Beauveria bassiana* para el control de la broca en 10 cultivares de café (*Coffea arábica* L.) en la Estación Experimental Sapecho.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la incidencia de la broca en 10 cultivares de café con la aplicación de *Beauveria bassiana*.
- ✓ Evaluar porcentaje de frutos controlados por *Beauveria bassiana* en los diez cultivares.
- ✓ Analizar los costos de aplicación de *Beauveria bassiana*.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Origen e importancia del café

Según Barrientos (2011) el café es originario de África de las regiones de Etiopia, Kenia y Tanzania, donde las primeras plantas estaban ubicadas entre los 1200 a 1800 m.s.n.m.

Con el transcurso de los años paso a Yemen (Asia Occidental), en el siglo XIII y XIV paso a Guayanas, Antillas y Sumatra, de ahí fue introducida a Brasil en los años 1727 y a fines del siglo XVIII se distribuyó en toda América central. Siendo la variedad típica *Coffea arábica* L. (Mamani, 2013).

Dos especies de este género son de importancia económica, la especie *Coffea arábica*, cuyo nombre comercial en la industria es “Arábica” y abarca más del 70% de la producción mundial, y la *Coffea canephora* cuyo nombre comercial en la industria es “Robusta” y comprende el 30% de la producción mundial (Desarrollo Alternativo Integral, 2005).

El café pertenece a la familia Rubiaceae, donde el género *Coffea* a su vez incluye 500 géneros y más de 6000 especies, la planta de esta familia tiene varias características fáciles de reconocer (Barrientos, 2011).

3.2. Producción de café a nivel mundial

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, (USDA) las exportaciones mundiales bajaron de 3,4 millones de sacos para situarse en 112 millones de sacos. Al final de la temporada 2020-21 (octubre – septiembre) aumentaron hasta cerca de 42 millones de sacos de 60 kilos, la cifra más alta en 6 años, ya que la producción crece más que el consumo (USDA, 2020).

La producción de café para el periodo 2009, 2010 fue de 123.1 millones de sacos, notándose una baja en la producción mundial de café del 3.9% (Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia (FECAFEB, 2010).

3.3. Caficultura en Bolivia

Según el censo cafetalero del 2012, el departamento de La Paz, produce el 95%, de la producción nacional, seguido de Santa Cruz con 2.5%, Cochabamba el 1%, Tarija con 0.5%, Beni con 0.4%, y Pando con 0.2% (MDRyT, 2012).

Según el Desarrollo Alternativo Integral (2006) indica que la superficie cultivada en Bolivia asciende a 23.000 hectáreas, donde se dedican a trabajar aproximadamente de 20.000 familias de manera directa y cerca de 12.000 familias de manera indirecta, con una producción aproximada de 100.000 costales de 60kg., de los cuales un 30% es destinado al mercado nacional y un 70% a mercados extranjeros. La producción está distribuida en los siguientes departamentos como se detalla en el cuadro 1.

Cuadro 1: Producción de Café en Bolivia

Departamento	Provincia	Localidad
La Paz (95%)	Caranavi	Caranavi
	Nor Yungas	Coroico, Coripata
	Sud Yungas	Asunta, Chulumani y Irupana
	Franz Tamayo	Apolo
	Inquisivi	Circuata, Licoma y Cajuata
	Larecaja	Larecaja
	San Ignacio de Velasco	San Ignacio de Velasco
Santa Cruz (3%)	Sara	Sara
Cochabamba (1%)	Chapare	Chapare
Tarija (0.5%)	Arce	Bermejo
Beni (0.5)	Vaca Diez	Vaca Diez

Fuente: Elaborado en base al Desarrollo Alternativo Integral (2006).

En las zonas cafetaleras de Bolivia, se cultiva la especie *Coffea arábica* L. con una predominancia de la variedad típica, ocupando el 85% de la superficie total cultivada y un 15% de las variedades mejoradas como Catuai amarillo y rojo, Catimor amarillo

y rojo. Bolivia produce el 100% de café suave lavado, para la exportación y el consumo Nacional (MDRyT, 2006).

Se menciona que el 85% de los cultivos son de la variedad típica, con una densidad de 1300 a 1570 pl./ha. Las variedades mejoradas tienen una densidad promedio de 2650 pl./ha. También tiene una gran influencia los factores de fertilidad de suelo, manejo del cultivo y la pendiente del terreno (FECAFEB, 2006).

3.4. Valor alimenticio del café

Según el MDRAyMA, (2005) el café está compuesto por:

- ✓ Cafeína.
- ✓ Sales minerales: potasio, magnesio, calcio, sodio, hierro.
- ✓ Lípidos, azúcares y aminoácidos.
- ✓ Vitamina B.

Es consumido principalmente por su contenido del alcaloide “cafeína”, que tiene propiedades estimulantes.

De acuerdo a la información del instituto de estudios de café (Universidad de Vanderbilt), el consumo moderado de café (tres o cuatro tazas al día) tiene los siguientes efectos:

- ✓ Ayuda a prevenir el consumo de drogas y alcohol.
- ✓ Reduce un 30% la incidencia de desarrollar diabetes.
- ✓ Previene el cáncer de colon.
- ✓ Alivia dolores de cabeza.
- ✓ Reduce la incidencia del mal de Parkinson en 80%.
- ✓ Ayuda a disminuir la infertilidad masculina.
- ✓ Estimula el cerebro (memoria, la atención y la concentración).
- ✓ Disminuye la incidencia de depresión, suicidio, cirrosis.

- ✓ Aumenta la energía física sin causar dependencia.
- ✓ Mejora el humor.
- ✓ Aumenta en 10% el rendimiento escolar.
- ✓ Ayuda en el aprendizaje, previene la depresión.
- ✓ Tiene alto contenido de antioxidantes.

3.5. Generalidades del café

Cuadro 2: Taxonomía del café

Reino	:	Vegetal
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Rubiales
Familia	:	Rubiaceae
Genero	:	<i>Coffea</i>
Especies	:	<i>C. arábica</i> L.

Fuente: Alvarado (2007).

3.5.1. Características morfológicas y fisiológicas

El café es un cultivo perene, con una altura aproximada que varía de dos a seis metros, pudiendo llegar hasta diez metros de altura. La copa presenta una forma cilíndrica con un tallo vertical, de donde salen ramificaciones horizontales. Las hojas son de coloración oscura. Las inflorescencias se desarrollan en las axilas foliares y originan hasta cuatro flores. Los frutos presentan un formato oblongo de coloración amarilla o roja en la maduración, con dos semillas envueltas por una membrana denominado pergamino (Carvalho, 2008).

3.5.2. Raíz

La raíz principal del café es pivotante, porque nace de una semilla con numerosas raíces secundarias. La parte más importante son las raicillas, que son las encargadas de absorber agua y los nutrientes (Cuba, 2006).

3.5.3. Tallo

El tallo es recto y crece verticalmente. La corteza es rojiza en principio y cuando empieza a lignificarse el tallo adulto es de color gris, lo más flexible con lo de la especie *arábica* (Cuba, 2006).

3.5.4. Hojas

Las hojas son opuestas de forma elíptica, peciolo corto, coriáceas, verde brillante en el haz, algo más pálido en el envés con nervaduras salientes (Cuba, 2006).

3.5.5. Flores

Las flores son hermafroditas, gamopétalas y gamosépalas, se insertan en las axilas de las hojas en las ramas plagio trópico. La inflorescencia se forma en grupo de cuatro sobre un tallito corto llamado glomérulo, existiendo de 3 a 6 de ellos en la base de cada hoja. El total de flores varía por axila de 2 a 16 el color de los pétalos es blanco y el pistilo es tubular, con dos lóbulos donde crecen la semilla (Cuba, 2006).

3.5.6. Fruto

Los frutos son bayas de tamaño pequeño, están formados por cascara o epicarpio, la pulpa o mesocarpio, el pergamino o endocarpio que cubre la almendra, el embrión y la almendra o endospermo (Barrientos, 2011).

3.6. Recursos genéticos del café como fuente de diversidad genética

Según el número cromosómico el género *Coffea* se divide en dos grupos, el grupo grande de las especies diploides ($2n=22$ cromosomas) conformado por *C. canephora*, *C. liberica*, *C. stenophylla*, *C. racemosa*, y el grupo de los tetraploides ($2n=4x=44$ cromosomas) conformado por *C. arábica* (Regalado, 2006). *C. arábica* es

una especie alotetraploide producto de una cruce de interés específica natural entre dos especies diferentes con un número básico de cromosomas $x=11$ (Lopez, 2006).

3.6.1. Fenología del cultivo de café

El café es un arbusto perene cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las condiciones o sistemas de cultivo. La planta empieza a producir frutos a partir de un año de edad, continua su producción durante varios años y alcanza su máxima producción entre los 6 y 8 años de edad. La planta puede seguir su actividad por muchos años, pero con niveles de producción bajos (Arcilla, 2001).

Durante su ciclo de vida, la planta destina una parte de este a la formación de estructuras no productivas como las raices, ramas, nudos y hojas, esta actividad es denominada desarrollo vegetativo (Arcilla, 2004).

La fase durante la cual ocurre la formación y desarrollo de estructuras de reproducción como las flores y los frutos se denomina desarrollo reproductivo, después de varios años de actividad, la planta envejece y entra en un proceso de deterioro que se denomina fase de senescencia o envejecimiento (Arcilla, 2001).

3.6.2. Característica de cultivares

3.6.3. Cultivar CEPAC1

Este cultivar proviene de los cruzamientos entre “Villa Sarchi” x “Hibrido de Timor” caracterizándose con un tamaño de planta de porte mediano de altura de 2,40 m, cuya ramificación es mejor que los cultivares del germoplasma Catuaí (Maldonado 2016).

Presenta resistencia a 45 razas de roya del mundo y una moderada resistencia a *Colletotrichum* sp. Con una maduración mediana, el cultivo se adapta en sistema de

monocultivo a pleno sol y también en un sistema diverso bajo sombra. Con un tamaño de grano de 16.5 y con una densidad recomendada de 7000 a 10000 pl. /ha. Es susceptible a mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), minador (*Leucoptera coffeella*) y broca (*Hypothenemus hampei*) (Maldonado, 2016).

3.6.4. Cultivar CEPAC2 (IPR59)

El cultivar proviene del cruzamiento de Villa Sarchi x Híbrido de Timor, se caracteriza por ser una planta de ramificación mediana y un porte bajo con una altura de 2,40m. Es resistente a todas las razas de roya, pero susceptible a la broca del café y al gusano minador. Tiene una buena adaptabilidad en monocultivo, así como también en un sistema de SAFs, sus frutos son de madures semi precoz con una productibilidad muy alta. Sera (2008) citado por Catari (2017).

3.6.5. Cultivar CEPAC 3

El cultivar proviene de progenitores Catuaí Rojo x Icatu Precoz Rojo, es una planta de tamaño mediano de 2,8m. y con una ramificación alta así mismo con entrenudos cortos de 4-8 cm. presenta una moderada susceptibilidad a la roya (25% más resistente que el catuaí). Este cultivar no presenta dificultades en suelos pobres y también soporta 30% de sequía e insolación por lo cual se requiere poca sombra, presenta una moderada susceptibilidad a la mancha de hierro, pero susceptible al minador y broca del café (Moya, 2012).

3.6.6. Cultivar CEPAC 4

Resultado del cruzamiento de los cultivares IPR 98 x Icatu Precoz. Tamaño mediano, altura de 2.7 m, los entrenudos cortos, tiene resistencia duradera a roya. Desarrolla mejor con un 25% de sombra y es un cultivo de sistema intensivo, criba 17 a 18. Madurez semi temprano (CEPAC, 2012).

3.6.7. Cultivar Icatu precoz

El cultivar Icatu Precoz proviene de un cruzamiento de Bourbon Amarillo y Mundo Novo, el tamaño de planta es de 3.5m. Con una ramificación regular de 3m – 4 m entre hileras y planta a planta 0,70m tiene una buena adaptabilidad a pleno sol debido a su porte grande. Los frutos son de color amarillo con una madures precoz con un tamaño de grano en zaranda 15,5 con una excelente calidad de bebida, presenta una calidad de taza mejor que el Catuai. El cultivar presenta una moderada resistencia a la roya, pero susceptible al gusano minador y broca del café Sera, (2008) citado por Catari, (2017).

3.6.8. Cultivar Catuai rojo

La cultivar Catuai se originó por cruzamientos entre las variedades Caturra y el Mundo Novo en el Brasil, es una variedad de porte mediano de 2,8 m y con alta producción. El tallo principal es grueso, con ramas laterales abundantes las cuales presentan ramas secundarias lo que le da una gran capacidad productiva. Las hojas nuevas son de color verde claro, es un arbusto vigoroso y compacto, tiende a ser de mayor diámetro (ancho) y largo que el Caturra, los frutos no se desprenden fácilmente de las ramas, el rendimiento del grano es bueno, así como la calidad de la bebida (Nazareno, 1998).

3.6.9. Cultivar Tupi

El cultivar Tupi proviene de cruzamientos de Villa Sarchi x Híbrido de Timor con una altura de 2,4m. la madures es semi precoz, sus granos son grande de zaranda 17, presenta resistencia completa a la roya y moderada resistencia a la antracnosis, pero susceptible al minador y a la broca Sera (2008) citado por Catari (2017).

3.6.10. Cultivar Paraíso MG H419-1

El cultivar Paraíso MG H419-1 es resultante de la hibridación artificial de Catuaí amarillo IAC/30 con Híbrido de Timor UFV (Universidad Federal de Fazenda Vereda) 445/46, es de porte bajo con 1,95 m, copa cónica, fruto amarillo, época de maduración media, resistente a roya, alta productividad, buena calidad de la bebida (UFV, 2011).

3.6.11. Cultivar Castillo

Se obtuvo de un cruzamiento entre Caturra x Híbrido de Timor, se obtuvieron las plantas F1 y de ellas, por autofecundación, las generaciones F2 y F3. Éstas, se cultivaron individualmente por progenie y se les realizó selección por vigor, porte bajo de las plantas, calidad en taza, producción, proporción de defectos de las semillas, tamaño del grano, resistencia completa e incompleta a *H. vastatrix* y probable tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café (Castillo Z, J.; Alvarado A, G., 1997).

3.7. Plagas y enfermedades del café

La plaga de mayor incidencia es la broca del café con un porcentaje de daño de 30 a 35%, según (FECAFEB, 2016) en la producción y en menor grado la roya, ojo de gallo, antracnosis, mal de hilacha que están ligadas a las condiciones ambientales (Desarrollo Alternativo Integral, 2006).

3.8. Características de la broca del café

3.8.1. Origen, distribución y características del insecto

La broca del café (*Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867)) es un escarabajo originario de África (Fischers Worring & Robkamp, 2001) y actualmente se encuentra distribuido en casi todos los países cafeteros del mundo.

Bustillo (2002) Indica que la broca del café es originaria de África ecuatorial, introducida al continente americano al principio del siglo anterior; en la actualidad se encuentra en todos los países productores de café.

Cárdenas y Benavides (1987) citado por Flores (2009) describe a la broca del café como un escolitido muy pequeño de forma abultada variando su tamaño y altura entre las hembras y los machos. el color va desde café castaño hasta negruzco, vive necesariamente en el fruto del café por eso la denominación de “broca del café”.

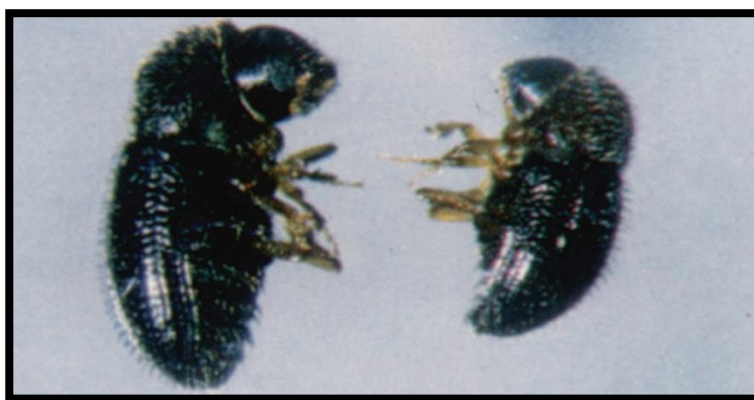


Figura 1: *Broca del café. Macho (Der.) y Hembra (Izq.)*
Fuente: Flores (2009)

3.8.2. Dispersión de la broca

En lo habitual, muchos insectos tratan de migrar como un mecanismo de supervivencia. La broca adulta vuela y se dispersa; por consiguiente, es casi imposible erradicar la plaga con los métodos de control (manejo integrado de la broca), en un momento dado, parte de su población está volando y otra parte esta refugiada en cafetales donde no se hace prácticas de control. Por tanto, una vez que aparece la broca en una zona hay que convivir con ella (Bustillo , 2002).

Cuadro 3: Taxonomía de la broca

Clase	:	Insecta
Orden	:	Coleóptera
Suborden	:	Polyphaga
Familia	:	Scolytidae
Subfamilia	:	Ipinae
Tribu	:	Cryphalini
Genero	:	<i>Hypothenemus</i>
Especie	:	<i>H. hampei</i>

Fuente: Klein (1986).

3.8.3. Ciclo de vida de la broca

La biología y hábitos de vida fueron estudiados por varios autores, esto obedece a fundamentalmente a diferencias en las condiciones ambientales de los diversos estudios especialmente la temperatura Bustillo (1998) citado por Flores (2009).

El ciclo de vida, para llegar a adulto del momento que fue un huevo tarda 24 a 45 días. A temperaturas bajas el ciclo es más largo en cambio a temperaturas altas el ciclo es más corto. Generalmente la hembra perfora el fruto por la corola o disco, aunque también lo puede perforar por un lado si este presenta un 20% o más de materia seca. Dos días luego de instalarse en el fruto, la hembra empieza a poner huevos. Esta se queda con los 35-50 huevos que eclosionaran en una proporción de 13 hembras por cada macho (Revista Colombiana de Entomología , 2006).

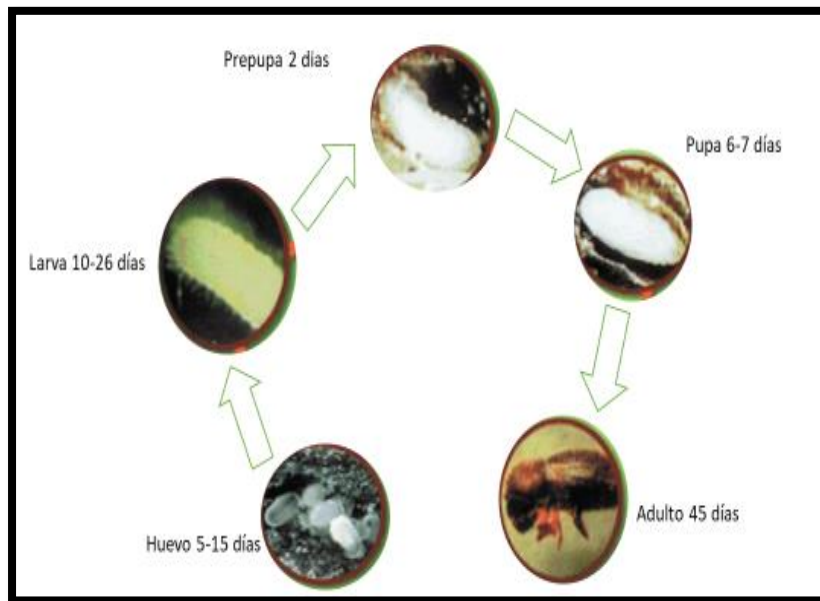


Figura 2: Ciclo biológico de la broca

Fuente: Paliz (1982) citado por Peláez (2000)

Según el Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal, (2005). Asevera que desde el momento que fue un huevo el insecto tarda una semana a un mes esto dependiendo de la temperatura. Las hembras ovopositan 120 huevos y tienden a vivir 35 a 190 días mientras que el macho solo vive aproximadamente 40 días e incapaces de volar por el cual no abandonan el fruto donde eclosionaron.

Una misma planta generalmente alberga más de tres generaciones; se cree que podrían llegar a ocho generaciones al año. En los frutos más maduros se pueden llegar a encontrar más de 100 individuos Bustillo (1998) citado por Flores, (2009).

Ruiz (1996) citado por Cohela, (2009) Señala que la broca hembra permanece el interior del fruto hasta su muerte cuidando su progenie. En el fruto del café desde el momento de ataque de la broca hasta la cosecha se puede producir dos generaciones; si estos no se cosechan pueden alcanzar cuatro generaciones. el macho es de menor tamaño siempre permanece en los frutos, es incapaz de bolar y perforar un fruto.

Cuadro 4: Longevidad de la broca por sexo

Sexo/ días	Máximo	Mínimo	Promedio
Hembra	283	81	156,6
Macho	103	78	—

Fuente: Maya (1987)

3.8.4. Ingreso y posición de la broca en los frutos.

El tiempo que demora una hembra al ingresar a un fruto, varía de acuerdo al estado de desarrollo del fruto así: frutos verdes 5 horas 36 minutos, frutos pintones 5 horas 54 minutos, frutos maduros 4 horas 50 minutos y frutos secos 11 horas 21 minutos. Lo que indica es que la broca penetra con mayor rapidez en frutos maduros (Bustillo , 2002).

La broca toma las siguientes posiciones en el fruto: la posición A, una broca en busca de fruto o iniciando su perforación; posición B, cuando la broca está en el canal de penetración; posición C, la broca está perforando la almendra; posición D, la broca se establece produciendo descendencia (Bustillo , 2002).

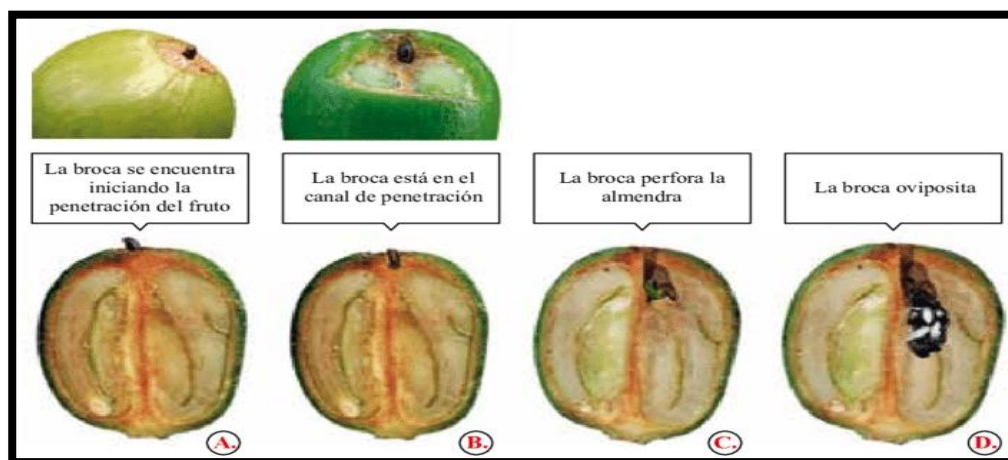


Figura 3: Posición de la broca

Fuente: Bustillo (2002).

3.8.5. Daños causados por la broca del café

El ataque a las plantaciones varía de acuerdo a factores tales como: temperatura, altitud, tipo de cultivo, grado de infestación inicial. La susceptibilidad al ataque aparenta estar relacionada a la altitud sobre el nivel del mar a la que se encuentran las plantaciones y las condiciones de la zona cafetalera (Decazy 1990 citado por (Ferrari 1867 citado por Cohela, 2009).

La broca del café ocasiona daños directos (caída de las cerezas lechosas, pérdida de peso en granos maduros, pérdidas de hasta la cuarta parte de la producción por alimentación) e indirectos en el fruto (pudrición y apertura que facilita el ingreso de enfermedades) (Fischers Worrying & Robkamp, 2001).

Se ha observado que esta plaga perfora los frutos en estado "lechoso" permaneciendo en el hueco de la entrada. Cuando los frutos pasan al estado siguiente a frutos consistentes, ya se observan huevos y larvas. En el estado "duro" se observan todos los estadios de la plaga y la destrucción del endospermo (Borbon, 1991).

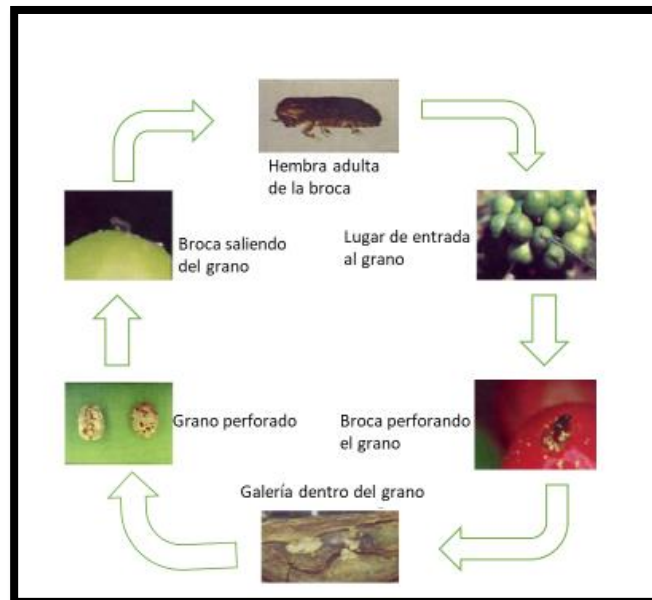


Figura 4: Ciclo de infestación de la broca
Fuente: Paliz (1982) citado por Peláez (2000)

3.9. Control biológico

Suarez, (2011) Actualmente vivimos las consecuencias de la revolución verde, donde se observa la intensificación de la producción agrícola, tecnologías como productos químicos, con el objetivo de aumentar la producción y resolver el problema del hambre en el mundo.

El uso intensivo de productos sintéticos en la agricultura, ha causado diversos problemas en el medio ambiente, como la contaminación del agua, suelo y problemas a la salud de los agricultores, como también a los consumidores. También provocando resistencia de plagas y enfermedades y provocando un desequilibrio biológico con la reducción o eliminación de organismos benéficos (Garcia, 2001).

Donde a causa de estos problemas y exigencias de los consumidores, se articula el manejo integrado de plagas y enfermedades una de las opciones viables para la producción sostenible a corto y a largo plazo (Moraes, 2019).

El principio básico del control biológico es controlar plagas agrícolas e insectos transmisores de enfermedades, mediante el uso de enemigos naturales. Estos pueden ser insectos otros insectos benéficos, como depredadores, parásitos, también migro organismos como, bacterias, hongos y virus. Por ser un método racional y amigable con el medio ambiente, no deja residuos en las plantas ni en los alimentos (EMBRAPA, 2018).

La principal característica del control biológico es no causar daños acumulativos a las plantaciones ni a los enemigos naturales, haciendo una producción agrícola y sostenible que favorezca a la conservación de los recursos biológicos que es fundamental para el control de la biodiversidad y para provisionar el equilibrio de los ecosistemas (Badii, 2006).

3.10. Características de *Beauveria bassiana*

Según Carballo (2004) indica que los primeros datos sobre *Beauveria bassiana* fueron emitidos por Agostino Bassi en 1834 cuando demostró que este hongo era el agente causal de una enfermedad del gusano blanco *Bombixmori*, conocido como muscardino blanco. El hongo *B. bassiana* se conoce muy bien por su amplio rango de hospederos y distribución geográfica, probada por su patogenicidad contra más insectos plaga que cualquier otra especie de hongo. Es un entomopatógeno importante en el control biológico de la broca del café (*H. hampei*), como componente del sistema de producción magro ecológico.

El hongo *B. bassiana* se asemeja a plántulas pequeñas, cuya diferencia está en que no tiene clorofila, sino que son patógenos de insectos que pueden vivir en la materia orgánica en descomposición (CENICAFE, 1992).

Cuadro 5: Taxonomía de *Beauveria bassiana*

Reino	:	Myceteae
División	:	Amastigomycotina
Subdivisión	:	Deuteromycotina
Clase	:	Hyphomycetas
Orden	:	Moniliales
Familia	:	Moniliaceae
Genero	:	<i>Beauveria</i>
Especie:		<i>B. bassiana</i>

Fuente: Castillo (2001)

3.10.1. Características macroscópicas y microscópicas del hongo

Las colonias crecen de 0,6-2-3 cm en 8 días a 20°C, de color blanco al principio y luego se tornan en amarillo o rosado con una apariencia polvosa con abundantes conidios. La germinación de los conidios requiere de una temperatura optima de 25-30°C y mínimo de 10°C, el PH para su crecimiento es de 5,7-5,9 y para la formación de conidios de 7-9 (Alean, 2003).



Figura 5: Macroscópica y microscópica de *Beauveria bassiana*

Fuente: Luque (2011)

De acuerdo con Carballo, et al, (2004) indica el ciclo de vida de *B. bassiana* comprende dos fases, una patogénica involucra cuatro pasos principales: Adhesión, Germinación, diferenciación y penetración. La fase saprofitita ocurre dentro del hemocele con un crecimiento propílico del hongo.

Por su parte Alves (1998) citado por Flores (2009), menciona que el hongo *B. bassiana* y *M. anisopliae* presentan las siguientes fases sobre el hospedero: germinación, penetración, colonización, reproducción y diseminación de conidios.

3.10.2. Modo de acción

Sus esporas reconocen la cubierta del insecto plaga penetrando en su interior. Dentro del cual liberan sustancias que lo digieren y lo destruyen. Si las condiciones ambientales son adecuadas el hongo produce nuevas esporas en el exterior del insecto muerto. Aunque el hongo actúa desde el inicio del tratamiento, su efectividad se observa a partir del cuarto día. Este hongo fue aislado de más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de cultivos de importancia económica Alves (1998) citado por Flores (2009).

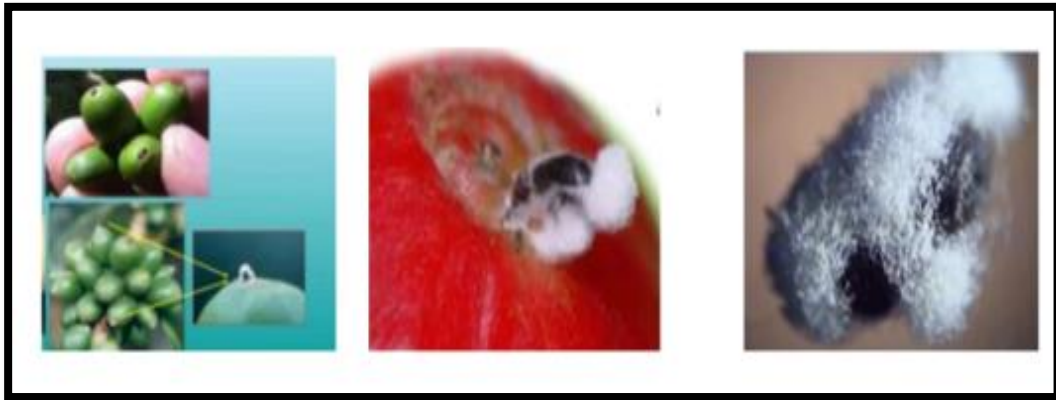


Figura 6: Modo de acción del hongo

Fuente: Bustillo (2002).

De acuerdo a los estudios realizados por Marin (2002) en las fincas cafetaleras que presentan plagas de broca se ha logrado determinar cómo actúa este hongo que es considerado un enemigo natural y que evita la utilización de químicos que afectan los suelos y la fertilidad de los árboles de cafeto. El hongo *B. bassiana* enferma a las brocas causándoles infecciones y posteriormente su muerte, si la broca se contamina con esporas del hongo muere de 3 a 6 días en condiciones de humedad saturada, se desarrolla dentro del insecto, completando su ciclo de vida a partir de la producción de esporas que infectan a otros insectos.

Marin M; Sulma N. Gil.; Enia Vélez A. 2002. Colección de hongos entomopatógenos: conocimiento de la biodiversidad y recurso biológico para el manejo de plagas CENICAFE

Brocaril, (2002) Ocurre de dos maneras: En el proceso fermentativo de producción de *B. bassiana* se produce una gran variedad de toxinas y ácidos metabólicos que causan parálisis muscular sobre los insectos susceptibles. A través del contacto ocurre la muerte del insecto, manifestando el ciclo biológico la fase patogénica y saprofita.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

La Estación Experimental Sapecho se encuentra ubicada en el municipio de Palos Blancos, localidad Sapecho, a una distancia aproximada a 270 km desde la ciudad de La Paz, geográficamente se localiza a una latitud sur $15^{\circ}33'53,57''$, longitud oeste $67^{\circ}19'11,23''$ y una altitud 410 m.s.n.m.

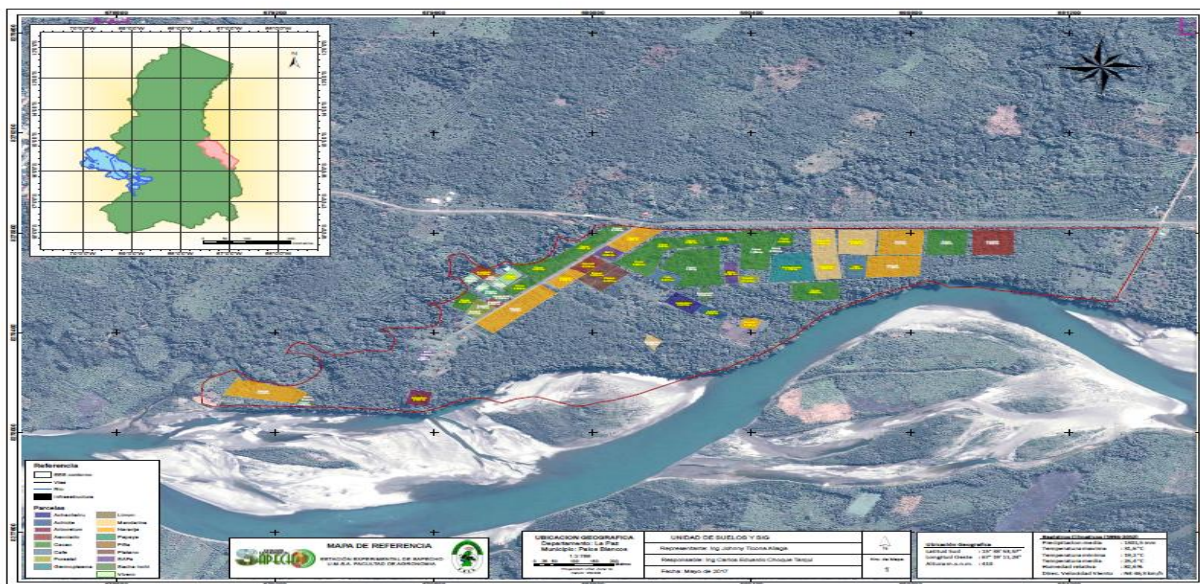


Figura 7: Ubicación geográfica de la Estación Experimental Sapecho
Fuente: Aliaga (2017)

4.2. Características climáticas

La región tiene un clima subtropical, húmedo con variaciones estacionales; las temperaturas mínimas registradas son $19,2^{\circ}\text{C}$, máximas $31,6^{\circ}\text{C}$ y media $25,4^{\circ}\text{C}$; las bajas temperaturas son comunes en los meses de agosto de $31,8\text{ mm}$ y máximos en enero $196,5\text{ mm}$; la época humedad ocurre en los meses de octubre a marzo. La humedad relativa media $82,6\%$ y predominancia del viento Noreste $46,3\text{ Km/h}$, como se muestra en el cuadro 6 (Aliaga, 2017).

Cuadro 6: Datos climáticos Periodo 1996 – 2012, SENAMHI

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T máx. °C	32.5	31.7	32	31.9	29.2	28.4	29.1	31,3	33	33.4	33	32.8
T mín. °C	21.2	21.4	21.1	20	18.2	17.6	16.5	16.5	17.3	19.6	20.3	21
T med. °C	26.9	26.6	26.6	26	23.7	23	22.8	23.9	25.2	26.5	26.7	26.9
PP (mm)	196.5	186.8	193.5	88.2	54.6	42.2	40.6	31.8	71	136.9	108.6	163.2
H.R. (%)	83.6	85.5	84.6	84.9	85.4	85.5	83	80.9	78	78.3	80.5	82.4

Fuente: Aliaga (2017)

4.3. Características de suelo

Los suelos del municipio de Palos Blancos son ligeramente acidas, a levemente alcalinos y una moderada capacidad de intercambio catiónico, la fertilidad natural es muy variable, pero se puede generalizar y decir que su fertilidad es moderada, con moderada presencia de potasio y fosforo y baja presencia de nitrógeno, con un ph que varía de 6,3 a 7,8 (CECAD, 2016).

4.4. Materiales

4.4.1. Material vegetal

Cuadro 7: Material vegetal conformado por diez cultivares

Cultivares	Origen	Características
CEPAC - 1	Brasil	Con tamaño de porte mediano de 2,40 m, resistente a la roya susceptible a mancha de hierro, se adapta a pleno sol y con sombra, con un tamaño de zaranda de 16,5 y recomendado para plantaciones densas de 7000 a 10000 pl/ha.
CEPAC - 2	Brasil	Se caracteriza por tener un taño de porte mediano 2, 40m se adapta bien a pleno sol y también con sombra, tiene la resistencia completa a la roya, pero susceptible al minador, de maduración semi precoz, de zaranda 17.
CEPAC - 3	Brasil	Con un tamaño mediano 2,8m con una moderada susceptibilidad a la roya, susceptible al minador y a la broca, con un tamaño de zaranda de 16,5 y se adapta fácilmente a suelos pobres.

CEPAC – 4	Brasil	Con un tamaño mediano de 2,7 tiene resistencia duradera a la roya, de maduración semi precoz con una zaranda de 17.
Icatu Precoz	Brasil	Con un tamaño de porte grande 3,5m se adapta bien a pleno sol, de maduración precoz, con una moderada resistencia a la roya y susceptible a minador y a la broca, excelente en calidad de bebida.
Catuai Rojo	Brasil	Con un tamaño de porte mediano de 2,8m con buena adaptabilidad a diferentes ambientes, con maduración tardía y des uniforme, Pero buena calidad de bebida
Tupi	Brasil	Con un tamaño de planta de 2,4m, de maduración semi precoz y de granos grandes de zaranda 17, con una resistencia completa a la roya, susceptible a minador y broca.
Paraíso	Brasil	Con un tamaño de porte bajo de 1,95m, de maduración media, excelente en bebida y resistente a la roya con alta producción.
Castillo	Brasil	De un porte bajo de 1,95 resistencia incompleta a la roya con alta producción
Catuai Rojo Local	Bolivia	De un tamaño de porte mediano 2,4 con granos pequeños y los entrenudos más separados.

4.4.2. Material biológico

Se utilizó cepas del hongo *Beauveria bassiana*, que fueron proporcionadas por el técnico investigador de la Estación Experimental Sapecho, Ing. Freddy Cadena, quien realizó el proceso de producción en la ciudad de La Paz, multiplicados en un sustrato de granos de arroz.



Figura 8: Material biológico *Beauveria bassiana*

4.4.3. Material de campo

Los materiales que se utilizaron fueron: moto desyerbadora, moto fumigadora, machete, bolsa de plástico, tijera de podar, cinta de agua, tablero, marcador, lapicero y cámara fotográfica.

4.4.4. Metodología

4.5. Procedimiento experimental

Lo primero que se realizó fue el reconocimiento del área de estudio, en este caso la parcela de café fue implementada en el año 2013 con el fin de evaluar el comportamiento y adaptabilidad.

En el estudio experimental el factor en estudio fueron 10 cultivares de café (incluyendo el testigo que es catuai rojo local).

4.6. Labores culturales

4.6.1. Limpieza de la parcela

La parcela inicialmente se encontraba en unas condiciones no aptas para proceder con la investigación, por lo tanto, lo primero se realizó la limpieza de la parcela, una poda de descope y el deschuponado para dar condiciones adecuadas a las plantas y permitir la observación de los frutos. Lo que permitió reconocer qué tan infestado estaban las plantas por la broca del café y proceder con la aplicación de la *B. bassiana*.

4.6.2. Poda

Se realizó una poda de mantenimiento para acondicionar a las plantas mal formada con ramas agachadas que dificulten a lo posterior con la investigación y con ello también se realizó el deschuponado sobre el pie.



Figura 9: Acondicionamiento de las plantas

4.6.3. Anillado

Se realizo con desbrozadora en la base de la planta, para que tenga buena aireación y prevenir algunas enfermedades o plagas presentes en las malezas.

4.6.4. Selección de plantas

Las plantas seleccionadas de cada cultivar fueron las que presentaban mejores características como: uniformidad de frutos, vigorosidad y plantas que estén en la parte del medio de la unidad experimental. Se evaluó 9 plantas de cada cultivar y de cada planta se tomó como muestra 3 ramillas en tres partes de la planta, la parte de la copa, medio y la parte baja de la planta.

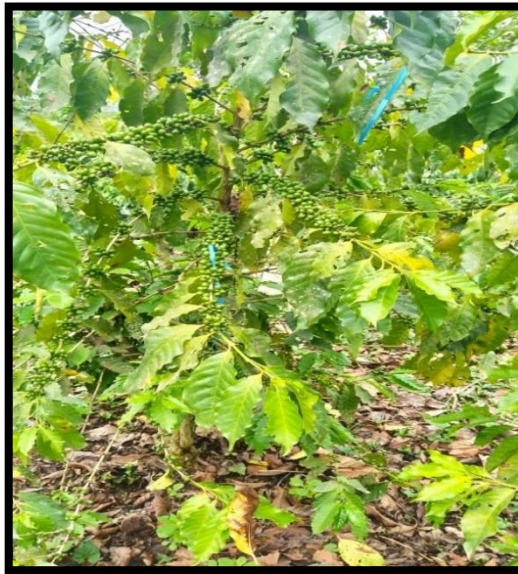


Figura 10: Selección de plantas y ramillas.

4.6.5. Muestreo de plantas

Las plantas seleccionadas para realizar el estudio fueron seleccionados de acuerdo a sus características de vigorosidad, frutos homogéneos y plantas libres de enfermedad los cuales han sido etiquetados, de cada repetición se etiquetaron tres plantas y en total de cada cultivar se tomó nueve plantas, de la misma manera para el muestreo de ramillas de las plantas seleccionadas se marcó tres partes (arriba, medio y la parte de abajo).

4.6.6. Toma de datos iniciales

Antes de iniciar con la aplicación del material biológico se procedió a levantar datos iniciales de las 3 ramillas muestreadas por planta, como ser: número de frutos brocados y total de frutos sanos por ramilla. Para tener igualdad en todos los cultivares se dejó en incidencia cero en todas las ramas en estudio.

4.6.7. Calibrado de la moto fumigadora

Se realizó el calibrado de salida de agua para tener una aspersion adecuada para no desperdiciar el producto y no tener problemas al momento de la aplicación.

La cantidad de litros de agua que se usó para cada bloque fue 20 litros, llegando a utilizarse por aplicación 60 litros y para las tres aplicaciones se usó una cantidad de 180 litros de agua.

4.6.8. Preparación del insumo

El insumo que se utilizó (*Beauveria bassiana*) se encontraba en su medio de multiplicación el cual el hongo estaba cultivado en granos de arroz pre cocidos. Para prepararlo para su aplicación lo primero que se hizo fue pesar 70g del hongo (dosis recomendada por Vuelta Lorenzo 2017 y Antonia Méndez 2008) para luego remojarlo en 1litro de agua en un recipiente y estrujarlo para que salgan las cepas del hongo realizar tres veces esta operación para sacar todas las cepas, una vez realizada esa acción mezclarlas con el resto del agua que ya estaba lista en la moto fumigadora.

4.6.9. Aplicación del material biológico en campo

La aplicación del producto se realizó en horas de la mañana con la moto fumigadora, en cada bloque se utilizó 20 litros; en total para los tres bloques se emplearon 60 litros de agua y 210 gramos de *B. bassiana*.

La fumiga da se hizo por filas para no confundirse y hacerlo ordenadamente en forma lineal.

4.6.10. Primera evaluación y segunda aplicación

La primera evaluación se realizó 14 días después de la aplicación del producto del hongo y se tomó los siguientes datos: número de frutos brocados y frutos controlados.

4.6.11. Segunda evaluación y tercera aplicación

De la misma manera se realizó la segunda aplicación a los 15 días desde la primera aplicación, de tal manera que la segunda evaluación se realizó a los 28 días, a partir de la primera toma de datos, de igual forma se evaluó frutos brocados, frutos controlados con el hongo *B. bassiana*.

4.6.12. Tercera evaluación

De la misma forma la tercera evaluación se realizó a los 42 días donde se tomaron los mismos datos que la primera y la segunda evaluación, de igual forma se evaluó frutos brocados, frutos controlados con el hongo *B. bassiana*.

4.7. Diseño experimental

El diseño aplicado fue en bloques completamente al azar (BCA) con tres repeticiones. Donde cada unidad experimental tiene 32 plantas haciendo un total en la parcela experimental de 960 plantas, del cual se evaluó 9 plantas de cada cultivar haciendo un total de 90 plantas de los 10 cultivares puestos en estudio y de cada planta se muestreo 3 ramillas para la evaluación.

4.8. Modelo estadístico

Según Salvador (2019) utilizar bloques completamente al azar es una forma de reducir y controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

μ = parámetro, efecto medio

T_i = parámetro, efecto del tratamiento I

B_j = parámetro, efecto del bloque j

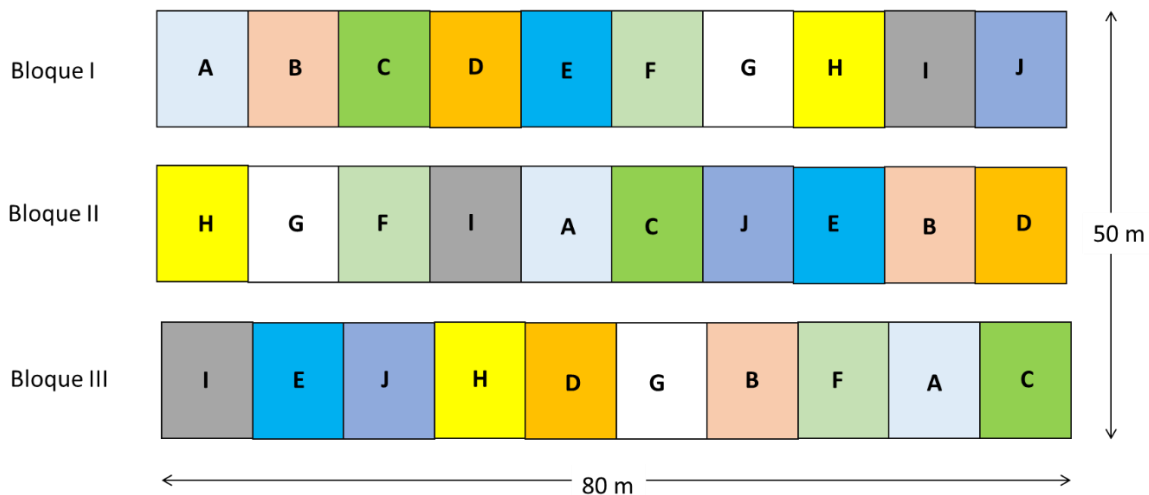
E_{ij} = valor aleatorio error experimental de la $\mu.e.i.j$

Y_{ij} = observación en la unidad experimental

4.9. Unidad experimental

La superficie de la parcela es de 80 metros de ancho y 50 metros de largo.

Croquis de parcela.













CULTIVARES:	REFERENCIA:
 A = CEPAC 1	Sistema de plantación en tres bolillos
 B = CEPAC 2	Número de plantas por unidad experimental = 32
 C = CEPAC 3	Distancia entre hileras = 1.5 m.
 D = CEPAC 4	Distancia dentro hileras = 2.0 m.
 E = ICATU PRECOZ	Distancia entre calles = 2.5 y 2.0 m. de planta a planta.
 F = CATUAI ROJO	
 G = TUPI	
 H = PARAISO	
 I = CASTILLO	
 J=CATUAI ROJ-TESTIGO	

Figura 11: Croquis del diseño experimental de cultivares de café

4.10. Variables de estudio

4.10.1. Incidencia

Es la cantidad de individuos o partes contables de un individuo, afectados por una enfermedad respecto al total analizado expresada en % (Maquera, 2014).

Para determinar la incidencia de la parcela de café se evaluó 9 plantas por cultivar que fueron seleccionados al azar y 90 plantas de toda la parcela de investigación el cual para determinar la incidencia de frutos brocados se utilizó la siguiente formula.

$$\%II = \frac{\text{N}^\circ \text{ de frutos brocados}}{\text{Total de frutos sanos}} * 100$$

Fuente: Vuelta (2017)

4.10.2. Porcentaje de frutos controlados

La efectividad del hongo (EH) de *B. bassiana*, sobre la broca del café expresada en la mortalidad de la plaga en base al potencial agresivo de las cepas aplicadas y la eficiencia de aplicación en campo bajó la siguiente fórmula:

$$\%EH = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de frutos controlados con } B. \textit{bassiana}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de frutos brocados}} * 100$$

Fuente: Cohela (2009)

4.10.3. Análisis de costos de aplicación

Para realizar el análisis económico se trabajó con presupuesto parcial de beneficio neto.

Perez, (2009) indica que el presupuesto parcial se emplea para evaluar los efectos de la implementación de un cambio tecnológico o practica alternativa sobre el comportamiento económico del sistema productivo. Al utilizarlo suponemos que las ganancias netas presentan una medida apropiada del éxito o fracaso relativo en términos económicos.

4.11. Análisis estadístico

El análisis estadístico realizado fue mediante un Análisis de Varianza (ANVA) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

4.12. Procesamiento de datos

Los datos de campo fueron tabulados en hojas electrónicas (Excel) para cada variable y fecha de cada evaluación.

Para obtener los resultados de la investigación se trabajó con el programa InfoStat, versión 2014 (www.infostat.com.ar).

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el presente trabajo de evaluación sobre la efectividad del entomopatógeno *Beauveria bassiana* en diez cultivares de café *Hypothenemus hampei* en campo se complementa con la información referente a la caficultura nacional.

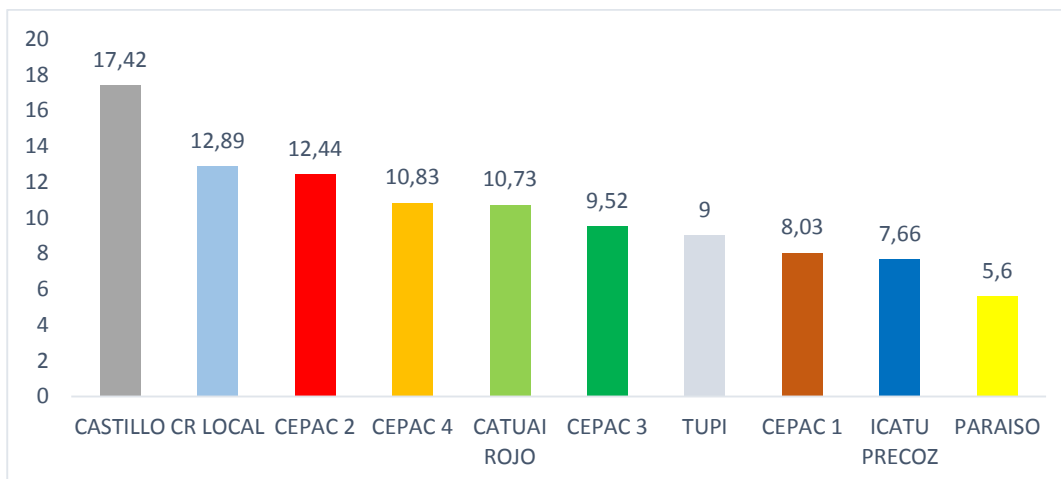
5.1. Porcentaje de incidencia de la broca

Los porcentajes de las incidencias de cada aplicación muestra en el cuadro 8:

Cuadro 8: porcentaje de incidencia de broca

VARIEDAD	% PROMEDIO DE INCIDENCIA INICIO	%PROMEDIO DE INCIDENCIA APLICACIÓN 1	%PROMEDIO DE INCIDENCIA	
			APLICACIÓN 2	APLICACIÓN 3
CEPAC 1	8,03	0,852	1,296	1,519
CEPAC 2	12,44	0,667	1	1,333
CASTILLO	17,42	0,333	0,704	0,815
CEPAC 3	9,52	0,333	0,741	0,778
PARAISO	5,6	0,222	0,63	0,704
ICATU	7,66	0,259	0,296	0,667
PRECOZ	10,83	0,148	0,607	0,63
CATUAI ROJO	10,73	0,444	0,593	0,556
CR LOCAL	12,89	0,222	0,259	0,519
TUPI	9	0	0,182	0,182

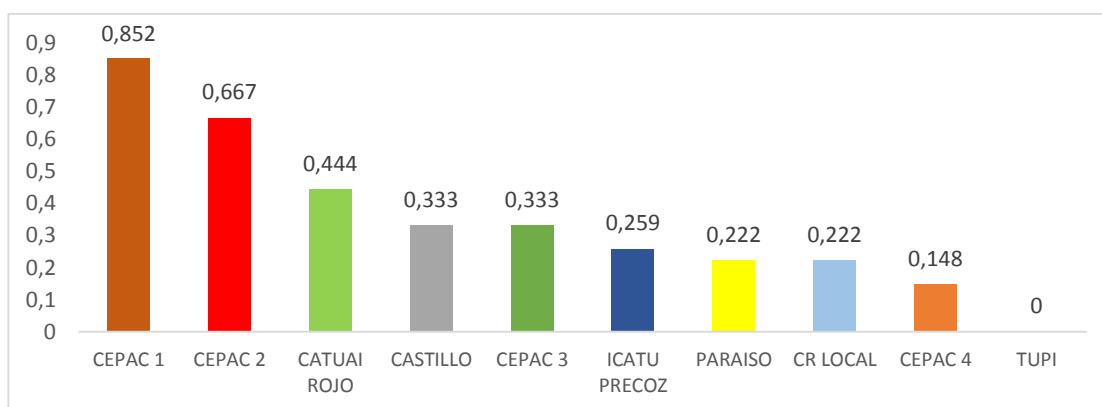
Los datos de incidencia tomados antes de realizar la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* se describen en el grafico 1. Como punto de partida de la investigación



Gráfica 1: Incidencia inicial como punto de partida en cultivares de café

En el cuadro 8 se observa que el cultivar Castillo es el que presenta mayor incidencia con un 17,42 %, el cultivar Paraíso con 5,6 % con la menor y los demás cultivares presentan valores intermedios, considerándose en todos los casos un porcentaje mayor al 5 % por lo que si se justifica realizar algún mecanismo de control.

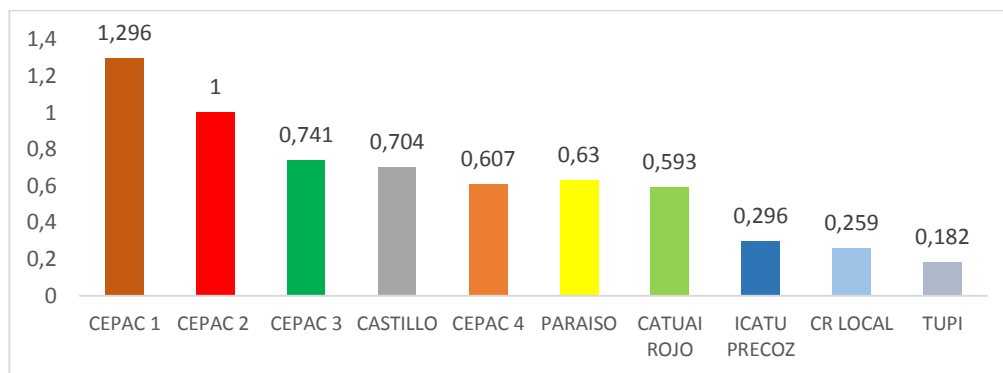
5.1.1. Incidencia con aplicación de *Beauveria bassiana*



Gráfica 2: Primera evaluación de incidencia

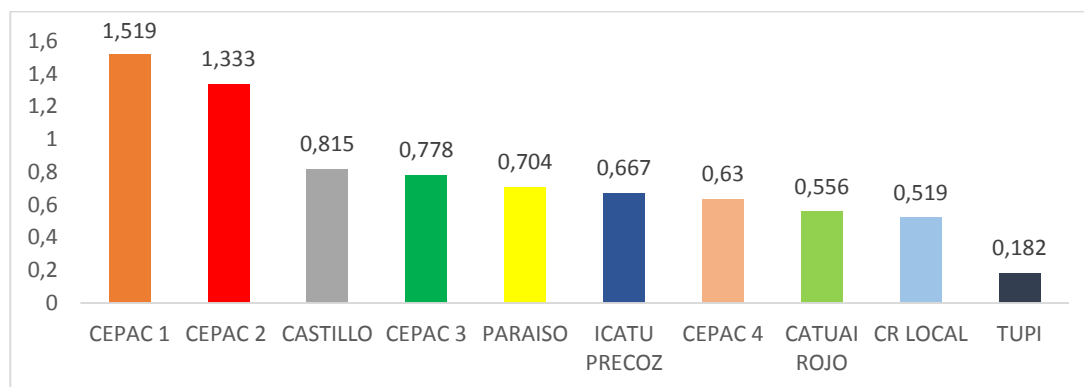
En esta grafica muestra el porcentaje de incidencia a los 14 días después de la aplicación de *Beauveria bassiana*, donde esta grafica muestra que el cultivar Cepac - 1 está con un porcentaje de 0,852 % de frutos brocados y en segundo lugar tenemos

a Cepac - 2 con 0,667% y con el menor porcentaje tenemos a tupi con 0% de incidencia.



Gráfica 3: Segunda evaluación de incidencia

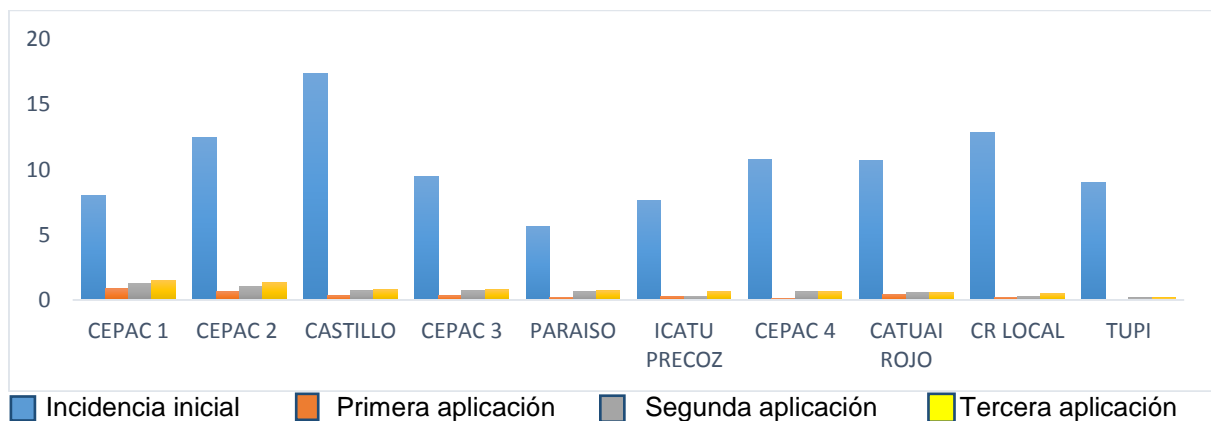
En esta grafica muestra los resultados a los 28 días con dos aplicaciones cada 15 días, donde se puede ver que el cultivar Cepac -1 presenta el mayor porcentaje de frutos brocados que es de 1,296 % y en segundo lugar tenemos a Cepac - 2 con 1% y con el menor porcentaje se tiene a tupi con 0,182 % de frutos brocados.



Gráfica 4: Tercera evaluación de incidencia

Esta grafica muestra el comportamiento de los cultivares a los 42 días de la primera aplicación, donde se puede ver como aumenta el porcentaje de frutos brocados después de cada aplicación, donde el cultivar Cepac – 1 tiene la más alta incidencia de 1,519 % de frutos brocados y en segundo lugar esta Cepac – 2 con 1,333 % y con

el menor porcentaje de frutos brocados está el cultivar Tupi con 0,182 % de frutos brocados.



Gráfica 5: Comparación entre aplicaciones

En esta grafica de comparación de aplicaciones se puede ver el comportamiento de cada aplicación, donde el color celeste es la incidencia inicial donde el cultivar castillo tiene la más alta incidencia y el más bajo es el cultivar paraíso, la primera aplicación que es de color naranja donde muestra que el cultivar Cepac – 1 tiene la más alta incidencia y con el menor porcentaje está el cultivar tupi, la segunda aplicación que es de color plomo donde también tenemos al cultivar Cepac – 1 con el mayor porcentaje y con la menor está el cultivar tupi, la tercera aplicación que es de color amarillo de.

Cuadro 9: Análisis de varianza para el % de incidencia de la tercera evaluación, ataque de la broca al fruto

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
CULTIVAR	0.44	9	0.05		
BLOQUE	0.52	2	0.26	62.40	0.0170*
ERROR	1.94	95	0.02	12.58	<0.0001**
TOTAL	2.9	106			

Coeficiente de variación = 18.06

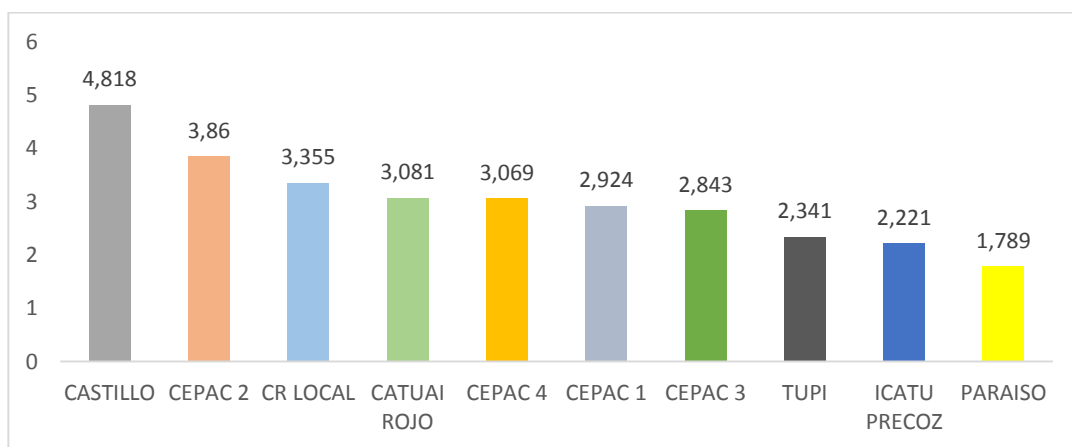
Analizando el cuadro 9 para la variable índice de incidencia, mediante el análisis de varianza (ANVA) se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre cultivares al haber obtenido un valor de P = 0.0170, lo que indica que por lo

menos un cultivar difiere en su porcentaje de incidencia mediante la aplicación de *B. bassiana*.

De la misma manera se tiene diferencia estadísticamente entre bloques al haber obtenido un valor de $p = <0.0001^{**}$ que es altamente significativo.

Por tanto, se acepta la hipótesis alterna que especifica que existe diferencia de incidencia entre los cultivares de café aplicado con *B. bassiana*.

El coeficiente de variación es de 18,06, el cual nos indica que hubo un manejo adecuado de las unidades experimentales y que los datos obtenidos son confiables.



Gráfica 6: Prueba de significancia de incidencia tukey al 0,05

En la gráfica 6 nos muestra que solo se diferencian dos cultivares castillo y paraíso, el resto de los cultivares no son significativamente diferentes, como se observa en el cuadro, el cultivar castillo tiene una incidencia mayor de 4,818%, seguido por el cultivar cepac-2 con 3,860% y con el menor porcentaje de incidencia el cultivar paraíso con 1,789%.

Bustillo (2005), indica que los hongos entomopatogenos son un control biológico que nos ayudan, tal es el caso de *B. bassiana* que cumplen un rol muy importante en la reducción de broca en cafetales, naturalmente en campo existe, pero de forma

insuficiente para un control eficiente. Por tal razón es importante la aplicación de este hongo al campo de cultivo.

Haciendo la comparación de los datos iniciales (grafica 6) de incidencia de comparación de aplicaciones se puede ver que en todos los casos se obtuvo una disminución sustancial y efectiva de la broca con la aplicación del hongo *B. bassiana*.

Mendoza (2019), afirma que los tratamientos realizados con este hongo entomopatogeno si son efectivos para la broca.

En la investigación realizada se empleó una dosis 70g de *B. bassiana* en seco para una cantidad de 20 litros de agua, similar a la dosis de Mendoza (2019) en su investigación utilizo 4 dosis de *B. bassiana* 1 kg, 2 kg, 3 kg y 4 kg/ha, afirma que con el tratamiento dos de 2 kg/ha obtuvo resultados más eficientes frente a los otros tratamientos, donde de 20 frutos sanos tuvo una infestación de 3,5% de frutos brocados

El porcentaje promedio de incidencia de la parcela a los 42 días fue de 8% de un promedio de 80% frutos por planta, utilizando 2kg/ha con tres aplicaciones cada 15 días, esto nos muestra que se tuvo un control eficiente sobre la broca del café utilizando el control biológico *B. bassiana*. En su investigación Vuelta (2017) obtuvo una infestación de 44% de frutos infectados, este resultado podría haberse manifestado por dos casos, uno porque Vuelta izo solo dos aplicaciones cada 15 días, otra razón podría ser que la parcela estaba con alta infestación de broca.

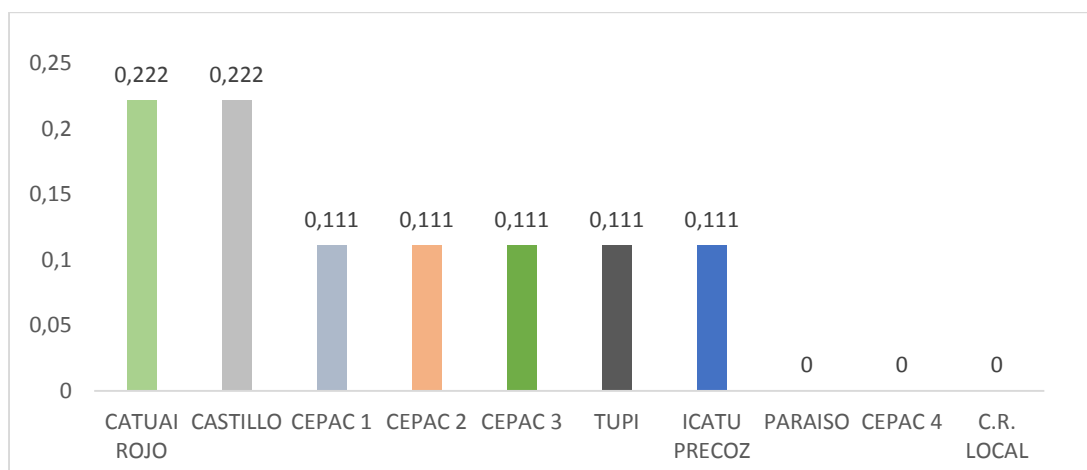
Choque Huanca (2009) en su investigación sobre el control de la broca con *B. bassiana*, de un promedio de 160 granos tuvo una incidencia de 11.7%, donde el testigo sin aplicación tubo una incidencia de 77.5%

De la misma manera Gonzales (1993) en investigación con *B. bassiana* sobre el control de la broca del café, tuvo una incidencia de 14.4% de un promedio de 90

frutos, y sin aplicación del hongo tubo una incidencia de 44.4% de un promedio de 90 frutos.

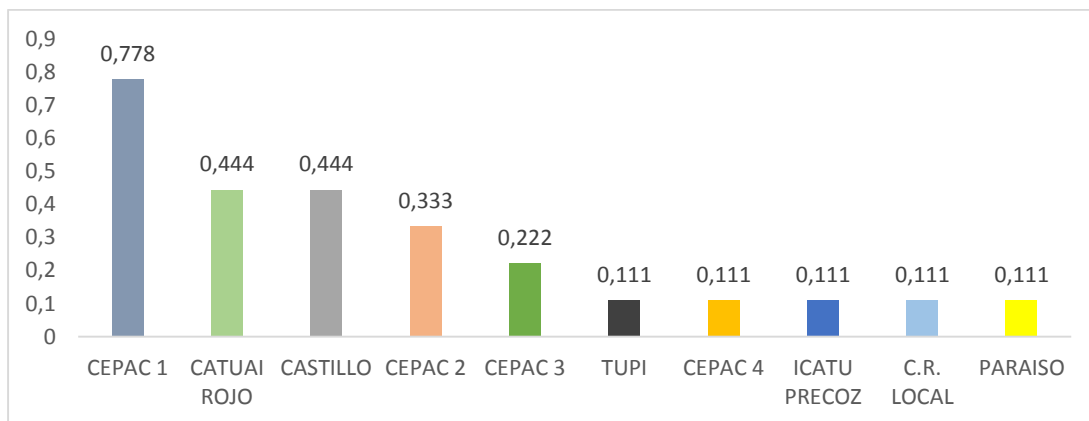
5.2. Porcentaje de frutos controlados

En la primera evaluación de frutos brocados con micelio no se encontró ninguno fruto infectado por el hongo. Al respecto, Méndez (2008) indica que después de 15 días de la aplicación con el hongo, no es posible ver al hongo colonizando a la broca del café.



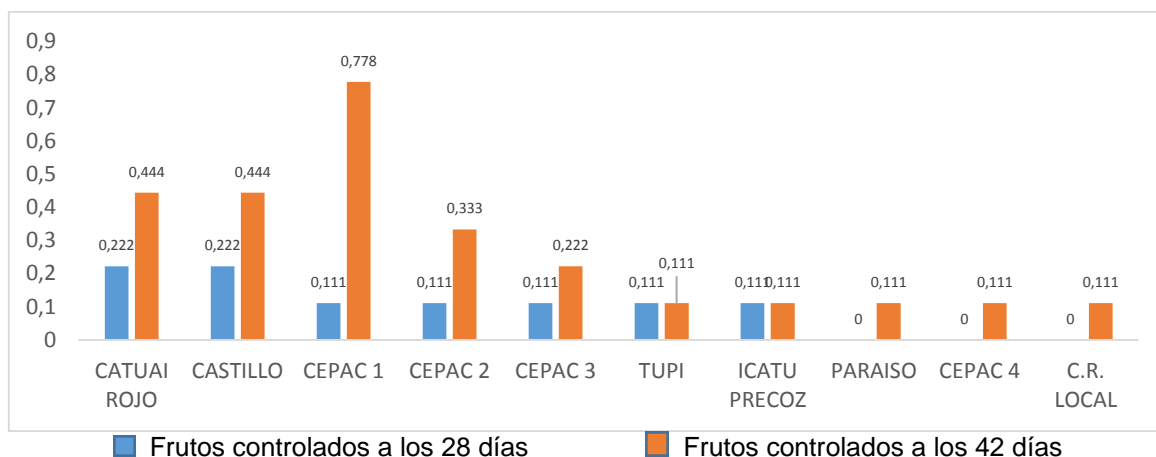
Gráfica 7: Evaluación de % de frutos controlados

Méndez (2008) hace referencia que a los 30 días se puede observar *Hypothenemus hampei* ingresando al grano de café, pero ya colonizados por el hongo, de igual forma en nuestro caso para la segunda evaluación de frutos controlado que fue a los 28 días donde el cultivar catuai rojo con 0,222% de frutos controlados con el hongo, seguido por el cultivar castillo con 0,222%, también se pudo notar que en los cultivos paraíso, Cepac – 4 y catuai rojo local no se ubo frutos controlados por el hongo.



Gráfica 8: Tercera evaluación de % de frutos controlados

Esta grafica nos muestra la evaluación a los 42 días donde el cultivar cepac-1 tiene un mayor porcentaje de frutos colonizados por el hongo con 0,778% y el segundo lugar está el cultivar catuai rojo con 0,444% y con el menor porcentaje tenemos a tupi, Cepac - 4, icatu, precoz, catuai rojo local y paraíso con 0,111 % de frutos controlados.



Gráfica 9: Comparación de frutos controlados

En esta grafica se muestra los periodos de evaluación (1ra a los 28 días y la 2da a los 42 días) hace la comparación de medias, donde notablemente se puede observar el incremento de frutos controlados por el hongo de *B. bassiana*.

Cuadro 10: Análisis de varianza para el % de frutos controlados

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
CULTIVAR	0,08	9	0,01	1,11	0,3735
BLOQUE	0,02	2	0,01	1,59	0,2147
ERROR	0,38	48	0,01		
TOTAL	0,48	59			

Coeficiente de variación = 9,35

Haciendo la observación al cuadro 10, para la variable “frutos controlados”, mediante el análisis de varianza (ANVA) durante la última aplicación, se obtuvo un resultado no significativo ($p > 0.05$) a un nivel de confianza del 95%, lo cual nos indica que no se tiene diferencia estadísticamente significativa. Pero si existe diferencia numéricamente entre variedades.

Por tanto, se acepta la H_0 : No existe diferencia de frutos controlados de la broca entre los 10 cultivares de café aplicados con *Beauveria bassiana*.

De acuerdo al coeficiente de variación ($CV=9,35\%$) el cual nos indica que se tuvo un adecuado manejo de las unidades experimentales ($CV < 30\%$).

En esta variable de frutos controlados con micelio tubo una efectividad de 3% de un total de frutos brocados de 8% de un promedio de 80 frutos por planta.

En la investigación realizada por Vuelta (2017) obtuvo un 43% de frutos con micelio de un 44% de frutos brocados, esta diferencia podría haber sucedido porque también utilizo trampas de metanol.

Cohela (2009) en su investigación de tesis titulado efectividad del entomopatógeno (*Beauveria bassiana*) en el control de la broca del café (*hypothenemus hampei*) en condiciones de campo, tuvo una incidencia de 23.14% de frutos brocados y logrando controlar 13.59% frutos con micelio.

Haciendo la comparación de resultados obtenidos, es evidente la efectividad del hongo *B. bassiana* bajando la infestación de campo. También la efectividad de

control tiene relación con el grado de incidencia, se puede decir a mayor infestación de la broca, mayor control del hongo

5.3. Análisis de presupuesto parcial

Para realizar el análisis económico se consideraron los presupuestos parciales, propuesto por el método de Perrin (Perrin 1976).

Cuadro 11: Análisis del presupuesto parcial de aplicación de *B. bassiana*

Cultivar cepac – 1	Con aplicación de <i>B. bassiana</i>	Sin aplicación de <i>B. bassiana</i>
Rendimiento medio Kg/Ha	777,000	777,000
Perdidas por la broca Kg /Ha	1,132	33,994
Rendimiento ajustado Kg/Ha	775,868	743,006
Beneficio bruto de campo Bs/Ha	13965,624	13384,800
Costo del insumo de 2 kg Bs/Ha	200,000	0
Costo de aplicación Bs/Ha	150,000	0
Costo por alquiler de fumigadora	61,500	0
Total, de costos que varían Bs/Ha	411,500	0
Beneficio neto Bs/Ha	13554,124	13384,800

El cuadro 11 muestra el presupuesto parcial sobre el control de la broca, donde se muestra con y sin aplicación de *B. bassiana* para controlar a la broca del café. El rendimiento anual en pergamino fue 777 Kg/Ha. Respecto a la pérdida de frutos en pergamino fue 1,132 Kg/Ha. con aplicación de *B. bassiana* y sin aplicación la pérdida fue 33,994 Kg/Ha. La tercera línea es el rendimiento ajustado con aplicación que sería de 775,868 Kg/Ha y sin aplicación 743,006 Kg/Ha. Y la cuarta línea es el beneficio broto 13965,624 en Bs/Ha que con aplicación y sin aplicación es de 13384,80 Bs/Ha.

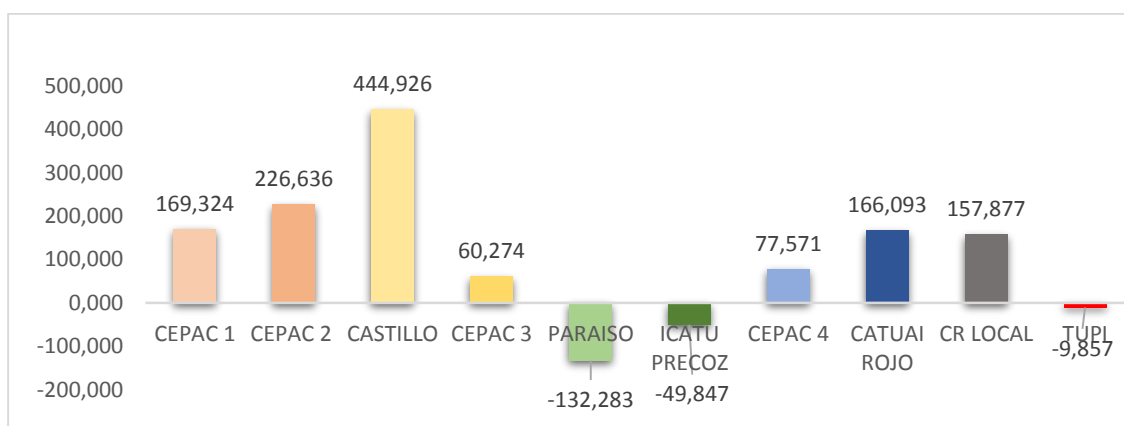
La cantidad de insumo utilizado para una hectárea fue 2 Kg/Ha el cual tuvo un costo de 200 Bs. El costo de aplicación fue 150 Bs/Ha esto para las tres aplicaciones y

también se tomó en cuenta el alquiler de la fumigadora que tiene un costo de 61 Bs/Ha para las tres aplicaciones, tomando todos los gastos incurridos en la investigación suman un total de 411,500 Bs/Ha esto con la aplicación del hongo. Haciendo una diferencia de 169, 324 bolivianos más con la aplicación de *B. bassiana*.

Cuadro 12: comparación de rendimientos con aplicación y sin aplicación

Cultivares	Con aplicación de <i>B. bassiana</i> Bs/Ha	Sin aplicación de <i>B. bassiana</i> Bs/Ha	Ganancias y pérdida
CEPAC 1	13554,124	13384,800	169,324
CEPAC 2	16263,124	16036,488	226,636
CASTILLO	21509,605	21064,678	444,926
CEPAC 3	26998,537	26938,264	60,274
PARAISO	41893,061	42025,344	-132,283
ICATU PRECOZ	18776,742	18826,588	-49,847
CEPAC 4	39092,061	39014,490	77,571
CATUAI ROJO	19652,426	19486,332	166,093
CR LOCAL	15975,895	15818,018	157,877
TUPI	20628,918	20638,775	-9,857

En el cuadro 12 nos muestra los rendimientos de los cultivares con aplicación de *B. bassiana* y sin aplicación del hongo.



Gráfica 10: beneficio de aplicación de *B. bassiana* en los cultivares de café

La grafica 10 muestra los beneficios de la aplicación de *B. bassiana* y al mismo tiempo las perdidas. El cultivar castillo sobre sale con mejores beneficios de 444,926 Bs/Ha en segundo lugar, está el cultivar CEPAC- 2 con 226,636 Bs/Ha y en tercer lugar está el cultivar CEPAC- 1 con 169,324 Bs/Ha. Pero también se tiene cultivares que aplicando el control biológico de *B. bassiana* no genera ganancias más al contrario se tiene perdidas el cual tenemos al cultivar paraíso con una pérdida de 132,283 Bs/Ha y en segundo lugar tenemos al cultivar de Icatu precoz con 49,847 Bs/Ha y también está el cultivar de tupi con 9,857 Bs/Ha.

6. CONCLUSIONES

Con el siguiente trabajo llegamos a las siguientes conclusiones:

- ✓ El porcentaje de incidencia de campo, inicial fue 10,4%, con la aplicación de *Beauveria bassiana* se bajó la incidencia significativamente a 0, 8% de un promedio general, por lo cual podemos decir que el hongo fue muy eficiente para el control de la broca del café en los diez cultivares.
- ✓ Los cultivares Castillo y Cepac-2 resultaron las más susceptibles a la broca del café (4,818 % y 3,86% de frutos brocados respectivamente) y el cultivar paraíso fue la más tolerante a la broca (1,789% de frutos brocados)
- ✓ La susceptibilidad a la broca del café de los diez cultivares presento una notable diferencia entre cultivares y bloques, el cual se puede decir que son diferentes y presenta cada cultivar un grado de susceptibilidad a la broca.
- ✓ En el porcentaje de frutos controlados, se tuvo una incidencia promedio de 8% de frutos brocados, llegando a controlar un promedio de 3% del total de frutos brocados, el cual podemos decir que si es posible controlar a la broca del café y así mismo tener mejores rendimientos
- ✓ Haciendo el análisis de costo beneficio. Se invirtió 411.5 Bs/Ha para todos los cultivares, donde el cultivar Catillo tubo mejores beneficios con 444.926 Bs/Ha y con el menor porcentaje de beneficio esta CEPAC-3 con 60. 264 Bs/Ha. También salieron tres cultivares paraíso, Icatu precoz y tupi que no tuvieron efectos positivos con la aplicación de *B. bassiana*. el cual podemos decir que si se obtuvo beneficios de acuerdo a cada cultivar.
- ✓ Para concluir podemos confirmar que el hongo *B. bassiana* cumple con las funciones de controlador biológico reduciendo la población de broca del café.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Para el control de la broca del café se recomienda realizar investigaciones individuales de cada cultivar de acuerdo a su estado fenológico.
- ✓ Se recomienda realizar labores culturales como cosecha fitosanitaria para el próximo año, de esta manera se puede reducir eficientemente la incidencia de la broca del café.
- ✓ Para concluir realizar ensayos con *B. bassiana* en diferentes dosis y sistemas de producción de café

8. BIBLIOGRAFIA

- Cartas de biología celular y molecular. (2007). *características de Beauveria bassiana*. Italia.
- Alean, C. (2003). *Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca bajo condiciones de invernadero*. Bogotá, Colombia.
- Arcilla, J. (2001). Ciclo de vida y fases fenológicas del cafeto. Colombia.
- Arcilla, J. (2004). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*. Colombia.
- Arias, R. (2009). *Evaluación de la virulencia y patogenicidad del hongo (Beauveria bassiana) sobre la broca del café (Hypothenemus hampei) en laboratorio*. La Paz, Bolivia.
- Badii, M. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas.
- Barrientos, R. (2011). *Café. Manual para escuelas de campo*. La Paz, Bolivia: 1 edición Liliana.
- Borbon, O. (1991). La broca del café. *Programa cooperativo del instituto del café (ICAPE)*. Costa Rica.
- Brocaril. (2002). *Alternativa biológica para el control de la broca del café*. Laverlan división agrícola. Cali, Colombia.
- Bustillo, P. (2002). *Manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café*. Colombia.
- Carballo, et al. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas. Serie técnica CATIE N-° 53*. Managua, Nicaragua.
- Carballo, M. (2004). *Control de plagas agrícolas. Serie técnica, manual técnico CATIE: N-° 53*.

- Carvalho, C. (2008). Cultivares de cafe. *Origen, características y recomendaciones*. Brasil. Obtenido de 334p.:<http://repositorio.unb.br/bitstream>.
- Castillo Z, J.; Alvarado A, G. (1997). *Resistencia incompleta de genotipos de cafe a la roya bajo condiciones de campo en la region de Colombia*. Cenicafe, Colombia.
- Castillo, B. (2001). *Evaluacion agroeconomica de insecticidas para el control de insectos plagas del suelo*. Guatemala.
- CECAD. (2016). *Plan territorial de desarrollo intergral*. La Paz, Bolivia.
- CEPAC. (2012). *Centro de Promocion Agropécuaria Campesina* . Santa Cruz, Bolivia.
- Chipana, M. (2015). *Comportamiento agronomico de ocho variedades de roya en relacion a tres densidades de siembra en la estacion experimental de Sapecho*. La Paz, Bolivia.
- Cuba, N. (2006). *Manual para el cultivo de cafe en yungas. Editor: unidades academicas campesinas . Universidad Catolica Boliviana*. San Pablo, Bolivia.
- Desarrollo Alternativo Integral. (2005). *Estudio de identificacion, mapeo y analisis competitivo del cafe en zonas de intervencion del desarrollo alternativo*. La Paz, Bolivia.
- Desarrollo Alternativo Integral. (2006). *La exelencia del cafe Boliviano*. Bolivia.
- EMBRAPA. (2018). *Biological control. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria*. Brasil.
- FECAFEB. (2006). *Manual de calidad de cafe. para las familias cafetaleras de FECAFEB*. La Paz, Bolivia.
- FECAFEB. (2010). *Produccion de cafe para los periodos 2009, 2010*. La Paz, Bolivia.

- Ferrari 1867 citado por Cohela, R. (2009). Efectividad del entomopatógeno (*Beauveria bassiana*) en el control de la broca del Café (*Hypothenemus hampei*) en condiciones de campo. Caranavi, La Paz, Bolivia.
- Fischers Worring, B., & Robkamp, R. (2001). *Guía para la caficultura ecológica*, Ed 3, p.153. Lima Perú.
- Flores, R. C. (2009). *Evaluación de patogenicidad de cepas promisoras del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana sobre la broca del café en laboratorio*. La Paz, Bolivia.
- García et al. (2008). *Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico*. Juárez, México.
- García, R. (2001). Consecuencias indeseables de los plaguicidas en el medio ambiente. Colombia.
- Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal. (2005). *Observaciones sobre la presencia de broca del café en los frutos que caen al suelo*. La Habana, Cuba.
- Jaramillo, J. (Abril de 2010). *Depredador de la broca del fruto del café*.
- López, O. (2006). *Qué es la calidad en el café*. Chapingo, México.
- Luque, A. (2011). *Micología. Centro de referencia de Micología Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas*.
- Maldonado, C. (2016). *Estación Experimental Sapecho, Universidad Mayor de San Andrés. Cartilla informática sobre café*. La Paz, Bolivia.
- Mamani, J. (2013). *Evaluación de dos variedades de café (Coffea arabica L.) bajo tres formas de producción en vivero en la Estación Experimental Sapecho*. La Paz, Bolivia.
- Marín, M. (2002). *Colección de hongos entomopatógenos. conocimiento de la biodiversidad y recurso biológico para el manejo de plaga CENICAFE*.

- Maya, L. (1987). La broca de la cereza del cafeto. *Resúmenes analíticos, Federación Nacional de Cafetaleros CENICAFE*. Chinchina Caldas , Colombia.
- MDRyMA. (2005). Experiencias del cultivo de café en Bolivia. *Ministerio de desarrollo Rural Agropecuario y medio Ambiente edición de unidad de producción agropecuaria, Agroforestal y Pesca*. Bolivia.
- MDRyT. (2006). Manual de calidad de café. *Para las familias cafetaleras de FECAFEB*. La Paz, Bolivia.
- MDRyT. (2012). *Resultados del censo Nacional del café por departamentos*. Bolivia.
- MDRyT. (2016). Café en Bolivia. *Instituto de Cámara de Comercio*. La Paz, Bolivia: www.ior.org/documents/cy2012-13/presentations7icc-bolivia.pdf.
- Moraes, J. (2019). *Control Biológico* . Colombia.
- Moya, A. (2012). *compendio de resultados de unidades de evaluación, validación y difusión de tecnologías con cultivo de café en el ANMI - A (2007-2012)*. Santa Cruz, Bolivia.
- Nazareno, A. (1998). *Caficultura tecnología para la producción, informe agropecuario*. Velo Horizonte, Brasil.
- Perez, G. (2009). *operaciones fuera de presupuesto*. España.
- Pucheta, M. (2006). *Evaluación del efecto de Beauveria bassiana sobre mosca blanca (Bemiciabaci) en frejol (Phaseolus vulgaris L.* Universidad Aeronoma Metropolitana.
- Revista Colombiana de Entomología . (2006). *Una revisión sobre la broca del café, Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae)* . Bogota, Colombia.
- Suarez, M. (2011). *La revolución verde y sus consecuencias* .

- UFV, B. (2011). *cultivar de cafe resistente a la roya. Paraiso MGH419-1 Folleto*. Minas Gerais, Brasil.
- USDA. (2020). *Eportaciones mundiales de cafe*. Estados Unidos.
- Vuelta, L. (2017). *Evaluacion del efecto del hongo Beauveria bassiana trampas y el metodo Heterorhabditis Bacteriophora en el control de la broca del cafe (Hypothenemus hampei) en las Yaguas*. Cuba.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de total de frutos sanos

TOTAL, DE FRUTOS SANOS												
	BLOQUE I				BLOQUE II				BLOQUE III			
CULTIVAR	p!	p2	P3	MEDIA	p!	p2	P3	MEDIA	p!	p2	P3	MEDIA
CEPAC 1	28	10	28	21,89	103	108	89	99,89	89	119	112	106,4
CEPAC 2	68	78	33	59,89	68	104	35	69,11	101	91	87	93,22
CEPAC 3	27	132	70	76,44	108	156	102	122,2	161	128	195	161,3
CEPAC 4	73	70	46	62,89	126	66	107	99,78	94	93	105	97,11
ICATU PRECOZ	136	153	83	124,1	18	56	55	43	111	120	108	113,2
CATUAI ROJO	56	52	79	62,44	80	36	82	65,89	130	81	112	107,6
TUPI	122	125	94	113,4	78	115	79	90,67	117	100	148	121,4
PARAISO	22	14	40	25,33	116	174	116	135,3	106	61	59	75,44
CASTILLO	142	105	64	103,8	34	101	39	58,22	59	88	30	59
C R LOCAL	118	100	35	96,44	113	70	53	78,67	187	74	85	115,3

Anexo 2: Promedio de frutos brocados

	BLOQUE I				BLOQUE II				BLOQUE III			
CULTIVAR	p!	p2	P3	MEDIA	p!	p2	P3	MEDIA	p!	p2	P3	MEDIA
CEPAC 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,67	0,67	0,89	5,67	2,00	3,33	3,67
CEPAC 2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,67	0,00	0,56	5,33	3,00	2,00	3,44
CEPAC 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,22	0,33	4,00	2,00	2,11
CEPAC 4	0,33	0,33	0,00	0,22	0,00	0,00	0,67	0,22	2,33	1,00	1,00	1,44
ICATU PRECOZ	2,00	0,67	2,00	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	1,00	0,44
CR	0,00	0,33	0,00	0,11	0,00	1,00	1,00	0,67	0,67	1,33	0,67	0,89
TUPI	0,00	0,33	0,00	0,11	0,33	0,00	0,67	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
PARAISO	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,67	2,33	1,67	0,33	0,00	1,00	0,44
CASTILLO	1,67	0,33	0,33	0,78	1,33	0,00	0,00	0,44	0,00	0,33	0,33	0,22
CR LOCAL	2,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,33	0,11	0,00	1,33	0,00	0,44

Anexo 3: Promedio de frutos sanos y frutos brocados

CULTIVAR	Promedio total de frutos sanos	Promedio total de frutos brocados
CEPAC 1	76,074	1,222
CEPAC 2	74,074	1,000
CEPAC 3	120,000	0,617
CEPAC 4	86,593	0,481
ICATU PRECOZ	93,444	0,407
C ATUAI R OJO	78,630	0,531
TUPI	108,519	0,111
PARAISO	78,704	0,519
CASTILLO	73,667	0,432
CR LOCAL	92,741	0,333

Anexo 4: Fotografía de frutos brocados antes de la aplicación del hongo



Anexo 5: Material biológico *Beauveria bassiana* en grano de arroz



Anexo 6: Aplicación del control producto en campo abierto



Anexo 7: Toma de datos en campo



Anexo 8: Fotografía de cultivares implementados en la estación experimental



Anexo 9: Fotografía de frutos con broca colonizados por el hongo



Anexo 10: Fotografía de frutos con broca

