



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de
Ciencias Agropecuarias, como requisito previo a la obtención del
título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de
broca del café *Hypothenemus hampei*

AUTOR:

Jean Maykool Molina Castillo

TUTOR:

Ing. Agr. Oscar Caicedo Camposano, PhD.

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin ha sido registrado como enemigo biológico de la broca del café, siendo aislado en todos los países a los que ha migrado este insecto. La infección de *H. hampei* es predecible a partir de la precisa susceptibilidad de este insecto al ataque de la broca. Al igual que con los máximos entomopatógenos formulados para el control de insectos plaga dentro de la disciplina, se deben tener en cuenta componentes positivos que definen el éxito en su implementación en aplicaciones de control. La broca ataca y se reproduce en los frutos que alcanzan el 20% o más de su peso seco, lo que tiene lugar, según la temperatura, entre 90 y ciento veinte días después de la floración. Este es el momento más oportuno para pulverizar con *B. bassiana* y conseguir que las esporas del hongo entren en contacto con los adultos de la broca que están penetrando en el fruto. Si la broca ya ha entrado en el fruto, el contacto es difícil y el impacto del hongo es casi nulo. La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*. Por lo anteriormente detallado se determinó que la producción de *B. bassiana* en botella ($3,87 \times 10^{11}$ conidios), es suficiente para rociar 400 cafetos de 4 años de edad y el uso de un dispositivo de pulverización con presión previa retenida a 40lbs/in", con una boquilla HC-3 de baja descarga (190 cc/min) y con una extensión de aplicación de 50 cc de agregado según el árbol. La alta concentración de *B. bassiana* y su verdadera calidad (viabilidad y patogenicidad) crean una fuerte presión de inóculo sobre la población de la broca. La eficacia de *B. bassiana* en el control de la broca asociada a la ubicación de la rama en el árbol en la que el insecto ataca el fruto es variable. Se ha encontrado una mayor mortalidad en las ramas más bajas, probablemente debido a una mayor humedad y una menor radiación solar. Mediante varias evaluaciones de cuatro dosis entre 1×10^8 y 5×10^9 esporas/árbol de Bb9205 se confirmó que, a mayor dosis, mayor mortalidad sobre la broca del café.

Palabras claves: *Beauveria bassiana*, *Hypothenemus hampei*, producción, aplicación, control.

SUMMARY

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin has been registered as a biological enemy of the coffee berry borer, being isolated in all countries where this insect has migrated. Infection of *H. hampei* is predictable from the precise susceptibility of this insect to CBB attack. As with the maximum entomopathogens formulated for the control of pest insects within the discipline, positive components that define success in their implementation in control applications must be taken into account. The CBB attacks and reproduces in fruits that reach 20% or more of their dry weight, which takes place, depending on the temperature, between 90 and 120 days after flowering. This is the most opportune time to spray with *B. bassiana* and get the fungal spores in contact with the CBB adults that are penetrating the fruit. If the CBB has already entered the fruit, contact is difficult and the impact of the fungus is almost nil. The information obtained was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, with the purpose of informing the reader about the production and use of the fungus *Beauveria bassiana* in the control of coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. From the above detailed it was determined that the production of *B. bassiana* in bottle (3.87×10^{11} conidia), is sufficient to spray 400 coffee trees of 4 years of age and the use of a spray device with previous pressure retained at 40lbs/in", with a HC-3 nozzle of low discharge (190 cc/min) and with an extension of application of 50 cc of aggregate according to the tree. The high concentration of *B. bassiana* and its true quality (viability and pathogenicity) create a strong inoculum pressure on the CBB population. The efficacy of *B. bassiana* in CBB control associated with the location of the branch on the tree where the insect attacks the fruit is variable. Higher mortality has been found on lower branches, probably due to higher humidity and lower solar radiation. Through several evaluations of four doses between 1×10^8 and 5×10^9 spores/tree of Bb9205, it was confirmed that the higher the dose, the higher the mortality on CBB.

Key words: *Beauveria bassiana*, *Hypothenemus hampei*, production, application, control.

ÍNDICE

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.1. Broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>).....	4
1.5.2. <i>Beauveria bassiana</i>	6
1.5.2.1. Mecanismo de acción	6
1.5.3. Producción del hongo <i>Beauveria bassiana</i>	8
1.5.3.1. Preparación del medio de cultivo	9
1.5.3.2. Esterilización de los medios de subcultivo	9
1.5.3.3. Siembra del hongo	10
1.5.3.4. Maduración del hongo en el medio de cultivo.....	12
1.5.3.5. Calidad del hongo producido	13
1.5.3.6. Recolección del hongo.....	14
1.5.3.7. Aplicación del hongo	14
1.5.3.8. Formas de obtener el inóculo o la semilla para iniciar la producción de hongos.....	16
1.5.3.9. Costos de producción de <i>B. bassiana</i>	17
1.5.3.10. Costos de aplicación del hongo por hectárea	18
1.5.4. Uso del hongo <i>Beauveria bassiana</i> en el control de broca del café <i>Hypothenemus hampei</i>	19
1.6. Hipótesis.....	22
1.7. Metodología de la investigación	23

CAPITULO II.....	24
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1. Desarrollo del caso	24
2.2. Situaciones detectadas	24
2.3. Soluciones planteadas	24
2.4. Conclusiones	25
2.5. Recomendaciones	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos de producción por botella, del hongo *B. bassiana* en escala artesanal..... 17

Tabla 2. Costos de control de broca con *B. bassiana* producido a nivel artesanal, según distintas densidades de siembra..... 18

INTRODUCCIÓN

La producción del cultivo de café se ve limitada por la presencia de plagas y enfermedades, en la cual existe un insecto plaga de importancia económica conocido como la broca del café (*Hypothenemus hampei*), es considerada una de las plagas que causa el mayor daño económico al cultivo de café, con la capacidad de disminuir los rendimientos y afectar las cualidades físicas de los granos (INIAP 2016).

La broca del café es originaria de África, la misma que después se introdujo al continente americano en el siglo pasado, distribuida en 63 países, de los cuales 19 son de América latina, representando un grave problema en el cultivo de café por su rápida propagación y daños que ocasionan, en donde se han venido perdiendo hasta 500 millones de dólares anuales (Álvarez 2019).

La broca del café tiene a volar en forma vertical siendo arrastrada por corrientes de aires hasta llegar a otros lugares para su infestación, en la cual la hembra adulta taladra y perfora el endosperma del grano de café, generando tres tipos de daños (Vela *et al* 2018).

Para el control de la broca del café se han implementado varias estrategias de manejo tales como: control físico, control etológico, control biológico y control químico, siendo este último el más utilizado, pero con poca efectividad, contaminando el medio ambiente y la salud humana (Fernández y Cordero 2017).

Actualmente se han realizado varias investigaciones con hongos entomopatógenos en varias especies de insectos plagas, como es el caso *Beauveria bassiana* sobre el insecto plaga *Hypothenemus hampei*, en donde se ha evidenciado un control eficiente a nivel de laboratorio y campo (Fernández y Cordero 2017).

Beauveria bassiana es un hongo entomopatógeno que genera efectos permanentes en las poblaciones de insectos plagas de importancia económica, utilizado ampliamente como agente de control biológico en programas de manejo integrado de plagas. Este hongo parasita a los insectos, causándole una enfermedad conocida como muscardina, al ingresar dentro del insecto

coloniza la pared intestinal, ocasionado septicemia, y posterior su muerte (Mendoza *et al* 2021).

La producción, activación, conservación y formulación de *Beauveria bassiana* es factible a nivel de laboratorio, en la cual se debe asegurar la virulencia de este hongo y su capacidad controladora en el campo (Mendoza *et al* 2021).

El presente trabajo se desarrolló para adquirir y mejorar los conocimientos sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso estudio

El presente documento trata sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

1.2. Planteamiento del problema

La broca del café es uno de los insectos plagas más importantes en las plantaciones de café, provocando grandes pérdidas de hasta el 80 % de la producción. Este insecto vive dentro del fruto del café, en la cual las hembras hacen galerías en el endospermo, depositando sus huevos, para luego emerger, aparearse y buscar otra baya para ovopositar.

Las estrategias de manejo implementadas para controlar a la broca del café, no son eficientes debido a que el insecto lleva a cabo su ciclo biológico dentro de los frutos. Los productores de café con gran frecuencia utilizan insecticidas sintéticos para controlar *Hypothenemus hampei*, tales como endosulfan y el clorpirifos, los mismos son altamente tóxicos para el medio ambiente, afectando la salud humana.

1.3. Justificación

En la actualidad existen alternativas de control amigables con el ambiente y la salud humana del productor para controlar la broca del café, teniendo en cuenta el control biológico como alternativa de manejo, en donde se han evaluados en distintos lugares el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, frente a *Hypothenemus hampei*, evidenciado una eficacia de control del 90 % en 21 días.

Las esporas del hongo entomopatógeno se adhieren al cuerpo del insecto plaga germinando, la conidia penetra al insecto en la cutícula, realizando la multiplicación de hongo, para luego producir toxinas que matan al insecto. Es importante conocer que se puede lograr captar *Beauveria bassiana* de forma natural a nivel del suelo, o de algún insecto plaga infectado, para luego producirlo de forma artesanal a nivel de laboratorio.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Compilar información sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar la producción del hongo *Beauveria bassiana*.
- Describir el uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Broca del café (*Hypothenemus hampei*)

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867) se considera la plaga que causa el mayor daño monetario al cultivo del café, tiene la capacidad de reducir la cosecha y disminuir las cualidades corporales del grano, afectando a la seguridad de la bebida por la presencia de ocratoxinas (CropLite 2020).

Es originaria del África ecuatorial y se incorporó al continente americano a principios del siglo pasado, convirtiéndose en un problema debido a su rápida propagación y a la profundidad de los daños que provoca en los granos de café. La broca del café, es la máxima plaga esencial del café en el mundo. Se calcula que la broca causa pérdidas de 500 millones de dólares al año en todo el mundo (Bustillo 2016).

Portilla *et al* (2016) expresa que la broca adulta perfora y hace galerías dentro del endospermo del grano de café expreso, produciendo 3 tipos de daños al cultivo:

- La perforación de los granos para la alimentación por parte de los adultos y su progenie, que reduce el rendimiento y la excepcionalidad del producto final. El ataque de la perforación ofrece una puerta de entrada a los microorganismos que, bajo condiciones favorables, pueden crecer y decidir modificaciones dentro de lo excepcional de la bebida de café.

- Daño físico por la broca que permite que los granos maduros atacados estén en riesgo de infestación y ataque por medio de diferentes plagas.
- El tercer daño es cuando no hay suficientes granos maduros dentro del cultivo, la broca ataca además a los granos verdes, en los que ahora no se reproduce, pero provoca la caída prematura de los granos.

Las estimaciones de las pérdidas a causa de la broca se basan principalmente en la proporción de frutos perforados y de granos dañados. Por esta razón, la literatura de referencia cita pérdidas de hasta el ochenta por ciento. El fruto del café es alimento para todas las etapas de la mejora, por la razón de que las larvas y las hembras adultas se alimentan del fruto del café, causando su destrucción, y los adultos completan su ciclo de existencia dentro del fruto donde además se alimentan, impartiendo además un medio para su crecimiento y réplica (Bustillo 2016).

Villalba (2017) manifiesta que se ha afirmado que los daños monetarios causados por la broca del café son:

- Pérdida de peso del grano de café expreso debido a su destrucción durante la fase larvaria. La pérdida puede ser de 1 a 10 Kg por fanegada.
- Pérdida de finura, depreciación del producto en su tipo por uso dado que 5 o más granos dañados representan una enfermedad.
- Caída prematura del fruto al ser perforado, el resultado final más joven que sufre el ataque de la broca cae al suelo, que puede representar entre el 5 al 23% de las pérdidas.
- Pudrición de la semilla en los frutos rotos, lo que conlleva una maduración temprana y la caída al suelo.
- Imposibilidad de suministrar semillas de café, dado que los frutos dañados se descartan.
- Pérdida de mercados en el extranjero, dado que los países importadores de café ya no aceptan los granos perforados.

1.5.2. *Beauveria bassiana*

Este hongo fue descrito por primera vez por Jean Beauverie en 1911 con el nombre de *Botrytis bassiana*. Posteriormente, Vuillemin lo catalogó en su elegancia actual. Ensayos enzimáticos posteriores determinaron el género como *Beauveria* spp. y diferenciaron seis especies: *B. alba*, *B. amorpha*, *B. bassiana*, *B. brongniartii*, *B. velata* y *B. caledonica* (Noboa y Quelal 2017).

Beauveria bassiana es un hongo saprofito facultativo que tiene células quitinizadas y parasita a los insectos, a modo de sus mecanismos corporales y químicos de contaminación. Este hongo provoca una dolencia mortal en los insectos denominada muscardina blanca que ofrece visualmente el advenimiento de la momificación al insecto atacado (Noboa y Quelal 2017).

Beauveria bassiana, un hongo menos que perfecto, tiene hifas septadas que contienen sistemas reproductivos denominados conidióforos, en los que se ensanchan las conidias (Bustillo y Marín 2018).

1.5.2.1. Mecanismo de acción

Cedeño y Ames (2019) expresan que la mejora de *Beauveria bassiana* sobre los insectos se divide en los siguientes procesos:

- **Adhesión de los conidios a la epicutícula del insecto:** consiste en la fijación de los propágulos del hongo a la superficie del insecto.
- **Germinación de la unidad infecciosa en la cutícula:** Proceso mediante el cual una conidia emite uno o varios tubos germinativos que con la ayuda del crecimiento y la elongación dan lugar a hifas.
- **Penetración de la cutícula del insecto a través del tubo germinal:** La penetración de las hifas a través del tegumento conlleva factores mecánicos y enzimáticos, la mejora del apresorio (forma celular que ejerce presión contra las capas cerosas del exoesqueleto), al mismo

tiempo que libera varios estilos de enzimas que incluyen quitinasas y cutinasas.

- **Producción de metabolitos venenosos:** El tegumento de los insectos está formado por proteínas y quitina asociadas a lípidos y compuestos fenólicos, la capa más externa o epicuticle está formada por lípidos (ácidos grasos y querosenos). El complejo enzimático (lipasas, quitinasas y enzimas proteolíticas) de este hongo entomopatógeno es capaz de atacar el complejo proteico-quitínico del insecto. Tras atravesar la barrera del tegumento, el hongo se desarrolla en el interior del hemocele en presencia de reacciones celulares de defensa. *Beauveria bassiana* produce contaminantes que erosionan el granuloma y permiten que las blastosporas invadan el hemocele, los cuerpos hifales proliferan más eficazmente después de la muerte del huésped, como resultado la posición de la contaminación entomógena es de singular importancia dentro de la forma de contaminación. Las toxinas consistentes en beauvericina, beauverólidos, bassianólidos, isarólidos, ácido oxálico, destruxinas y tochalasinas causan la pérdida de la vida del insecto debido a la degeneración del tejido atribuible a la falta de integridad estructural de las membranas observada a través de la deshidratación de las células con la ayuda de la pérdida de líquido.
- **Muerte del hospedador:** Cuando el insecto hospedador muere, *Beauveria bassiana* sigue desarrollándose saprofiticamente y se extiende en algún punto de los tejidos del insecto en competencia con las flores bacterianas intestinales produciendo oosporeína, un pigmento antibiótico rojo que ofrece un color característico al cadáver, apagando el incremento bacteriano.
- **Producción de artilugios infecciosos en el exterior del insecto:** Después de la invasión completa del cadáver del insecto, además la mejora del hongo en el insecto momificado depende de la humedad relativa ambiental. En la broca del café en situaciones de laboratorio, el micelio de *Beauveria bassiana* emerge y esporula en cualquier parte del insecto, dejando regularmente los élitros y la cabeza libres de micelio.

1.5.3. Producción del hongo *Beauveria bassiana*

La broca ataca y se reproduce en los frutos que alcanzan el 20% o más de su peso seco, lo que tiene lugar, según la temperatura, entre 90 y ciento veinte días después de la floración. Este es el momento más oportuno para pulverizar con *B. bassiana* y conseguir que las esporas del hongo entren en contacto con los adultos de la broca que están penetrando en el fruto. Si la broca ya ha entrado en el fruto, el contacto es difícil y el impacto del hongo es casi nulo (Echeverría 2017).

Las esporas o conidios del hongo *B. bassiana* son los sistemas infecciosos y una vez que llegan al contacto con el tegumento del barrenador germinan y penetran en el cuerpo, inmovilizándolo al cabo de 48 horas como máximo. Luego conservan su desarrollo internamente en el insecto hasta que razonan su desaparición (Echeverría 2017).

Los sistemas reproductores emergen del armazón del barrenador al cabo de ocho días y medio, generando de nuevo conidios que pueden iniciar un nuevo ciclo de infección. De este modo, el hongo puede instalarse en el interior del cafetal y reproducirse en situaciones favorables de humedad y temperatura. La broca del café es actualmente la máxima plaga de insectos perjudicial para el café en Ecuador. Es un insecto añadido que ha llegado a un hábitat en el que no tiene enemigos herbívoros, aparte de *B. bassiana*, que se encuentra en estadios muy bajos en los cafetales (Galán *et al* 2016).

La importancia de introducir este patógeno en todas las regiones con broca en un esfuerzo por contribuir como agente de control orgánico dentro de un programa de Manejo Integrado. Para lograr este objetivo es imprescindible su suministro y aplicación masiva. En la actualidad, existen opciones de fabricación a escala industrial y a pequeña escala en una finca (Galán *et al* 2016).

Existe una forma en la que los cafeteros pueden producir y observar el hongo en sus fincas, el uso de un cereal que incluye arroz como sustrato de

desarrollo, a través de una tecnología fácil, monetaria y verde, con materiales fáciles de tener. El hongo producido de esta manera puede estar disponible para el agricultor en porciones suficientes y oportunas (González *et al* 2017).

1.5.3.1. Preparación del medio de cultivo

Para la elaboración de los hongos se utilizan frascos de vidrio previamente empapados en una solución de detergente e hipoclorito de sodio "límpido" y se les quitan las etiquetas. Los frascos deben ser de boca fina para disminuir el riesgo de contaminación y preferiblemente transparentes, para facilitar la evaluación del auge y desarrollo del hongo, y la observación de posibles minoristas contaminantes. Además, es necesario el sustrato (Grabowska *et al* 2016).

Hay que tener cuidado de que los tapones se ajusten bien a la boca del frasco para evitar la contaminación del medio de tradición después de la esterilización. El tapón no debe penetrar más allá del cuello de la botella (Grabowska *et al* 2016).

1.5.3.2. Esterilización de los medios de subcultivo

En la etapa de cultivo, la esterilización puede terminarse en una olla a presión (pitadora) o en ollas de uso corriente, al baño de María (Martínez *et al* 2017).

Se introduce agua en el fondo de la olla a la altura de una rejilla o ayuda sobre la que se colocan las botellas en posición horizontal, apenas inclinadas, cuidando de que el arroz se envíe uniformemente y de que el tapón de algodón no se moje ahora. Las botellas se colocan una sobre otra hasta que la olla esté llena. Se cubre la olla con una manta y se coloca en la estufa. Una vez que comienza la evaporación y la válvula se levanta por completo, se deja "silbar" durante 15 minutos más en la estufa. Este es el tiempo en el que el arroz se cuece y se esteriliza. Luego se debe eliminar el vapor de la olla y dejar que se enfríe (Martínez *et al* 2017).

Para esterilizar el medio de vida en un "baño de María", lo máximo indicado es una olla alta, con tapa, idealmente de gran capacidad para poder esterilizar una gran variedad de frascos en una sola técnica. La olla no debe

colocarse en la parte inferior. Los frascos deben colocarse en posición vertical, juntos y apretados para evitar que se den la vuelta mientras el agua empieza a hervir, o que los tapones se mojen y el agua de la olla penetre en el medio de subcultivo (Martínez *et al* 2017).

Después de colocar las botellas, se suministra agua a la olla y la extensión tiene que superar la del agua de las botellas. La olla se cubre con una manta y se coloca en el fuego. Después de que empiece a hervir, se cuenta media hora, tiempo en el que el arroz se cuece y se esteriliza (Ríos *et al* 2020).

Si el medio de cultivo, en ambos casos, se deja más tiempo del indicado, puede quemarse o deshidratarse en exceso, lo que influye en el normal auge y desarrollo del hongo. La técnica de esterilización puede completarse dentro de la cocina de la granja. Se pueden esterilizar varias organizaciones de biberones en un día de trabajo (Ríos *et al* 2020).

Después de la esterilización, si los biberones están todavía calientes mientras se retiran, deben colocarse sobre una superficie de madera, cartón o material para evitar que se rompan, como ocurre cuando se colocan sobre una superficie fría de baldosas o cemento. Los frascos con los medios esterilizados se trasladan a la sala de siembra, sin eliminar las tapas, en la que tienen que ser inoculados en una consulta de siembra de hongos sin más (Ríos *et al* 2020).

1.5.3.3. Siembra del hongo

Para la multiplicación, se debe utilizar una tradición pura del hongo como punto de partida. La siembra consiste en tomar un trozo del estilo de vida puro y esporulado e introducirlo en los frascos con el medio esterilizado para que el hongo se multiplique. Para ello, se prepara una zona dentro de la residencia de la granja en la que no haya corrientes de aire, que pueda limpiarse sin dificultad y que en el momento de la siembra no sea siempre frecuentada por muchos seres humanos o animales (Namesny 2020).

Este sitio en línea debe tener una pieza de escritorio donde se acumulan todos los materiales esenciales para la siembra del hongo, incluyendo: el

cultivo natural que se va a utilizar como semilla, encendedores (2 a 4) para que se pueda mantener un ambiente libre de contaminantes, pinzas o alambres con el extremo se convirtió en el camino equivocado, para realizar la siembra y alcohol antiséptico. Además, un marcador o cinta adhesiva para marcar los frascos y una tabla de registro para informar de la fabricación del hongo (Namesny 2020).

Los frascos que se van a utilizar para multiplicar el hongo deben estar a una temperatura inferior a 30 °C si se tiene en cuenta que las temperaturas superiores matan el hongo que se utiliza como semilla o inóculo (Namesny 2020).

Para comenzar la siembra, se limpia el suelo de la mesa con alcohol o "límpido", se encienden los mecheros, se limpian las pinzas con alcohol y además con esto se impregna un algodón absorbente donde se han de enfriar las pinzas consecutivamente en el transcurso del método de siembra (Namesny 2020).

El cultivo natural se agarra entonces con una mano y el tapón se elimina con la alternativa, evitando cogerlo con la mano completa o depositarlo en el escritorio (Namesny 2020).

Siempre que se quiera introducir la pinza en el frasco con el subcultivo puro, se flamea en la llama del quemador y se enfría con un algodón humedecido en alcohol. Para tomar la parte de hongo esporulado que va a servir de inóculo o semilla, se trae la pinza, se toma un trozo de arroz esporulado y se elimina rápidamente. Todo debe realizarse cerca de la llama del quemador (Namesny 2020).

Se toma el frasco a sembrar, se destapa, se entrega el trozo eliminado del opuesto y se vuelve a proteger. El método se repite para inocular otras botellas (Carballo *et al* 2016).

El componente del inóculo debe ser de aproximadamente 1 cm'. Con un solo componente la botella queda bien inoculada o sembrada y se evita tener que destaparla varias veces, lo que crea un excesivo peligro de infección (Carballo *et al* 2016).

Con una botella de tradición pura del hongo, se pueden sembrar una media de 100 botellas para su multiplicación. Las botellas que pueden ser esterilizadas deben ser sembradas el mismo día y la botella de cultivo natural que se utiliza como inóculo o semilla debe ser utilizada para la siembra en días extraordinarios, ya que ha sido abierta varias veces y tiene una alta posibilidad de infección (Carballo *et al* 2016).

Una vez terminada la forma de siembra, los frascos inoculados se marcan con bastante número indicando el lote, la fecha y la identificación de la cepa o aislado que se está mejorando. La fabricación del hongo debe quedar registrada para que el agricultor pueda comparar los precios y el rendimiento con el que se está produciendo el hongo (Carballo *et al* 2016).

1.5.3.4. Maduración del hongo en el medio de cultivo

Los frascos sembrados se colocan en estanterías o en un lugar fácil y seguro donde deben permanecer hasta que se determine el aseguramiento general del arroz por medio del aumento del blanco. En este momento, el hongo está totalmente avanzado (Monzón 2017).

El desarrollo del cultivo es preferible si la temperatura predominante de la sala de maduración está entre 25 y 30 °C. En estas condiciones los cultivos pueden completar su desarrollo en doce días (Monzón 2017).

El hongo, después de cubrir absolutamente el medio de vida, puede continuar a temperatura ambiente durante una media de 30 días sin que se vea afectada su primacía (conocimiento, viabilidad y patogenicidad). Si después de este tiempo el hongo no se ha aplicado dentro de la zona, puede almacenarse en la parte inferior de un frigorífico, a 4°C. En estas condiciones puede almacenarse hasta 6 meses sin que se vea afectada su calidad (Monzón 2017).

Estos cultivos pueden adquirir colores amarillos o violetas que se deben al metabolismo del hongo y cuya función es inhibir el desarrollo de contaminantes dentro del medio. Esto ahora no debe ser presionado con el auge de diferentes hongos contaminantes incluyendo *Penicillium* sp., *Aspergillus* y *Rhizopus* sp. que producen coloraciones verdes, negras, marrones y naranjas. Ocasionalmente, puede surgir una infección a través de

levaduras y microorganismos que imparten un aspecto líquido y cremoso y un mal olor al medio de la tradición. La contaminación puede deberse a errores cometidos en la siembra del hongo, a la presencia de contaminantes en el interior de la tradición natural o a que el tapón de las botellas se haya quedado suelto o haya sido mal manipulado (Téllez *et al* 2019).

La contaminación por ácaros se produce cuando se deposita una cantidad de polvo en los estantes donde madura el hongo, o cuando no se elimina la suciedad periódicamente. La gran manera de prevenir la presencia de ácaros es limpiar periódicamente. Los cultivos con presencia de contaminantes no deben seguir siendo utilizados como semilla para proporcionar nuevos cultivos del hongo. Deben desecharse vertiendo hipoclorito de sodio en los frascos para eliminar los contaminantes. Una vez transcurrido un tiempo mínimo de 1 hora, se desecha el contenido de la botella. Al descorchar las botellas con contaminantes, el operario tiene que región un pañuelo sobre su fosa nasal para evitar respirar los conidios. Los hongos, bacterias y ácaros que contaminan los medios de vida ya no atacan a las plantas de café (Téllez *et al* 2019).

Para entregar las botellas con hongos completamente evolucionados, hay que tener un mínimo de cuidado. Si la botella está destinada a iniciar nuevos cultivos, debe envolverse en algún momento del transporte para que la suciedad no caiga sobre el tapón, lo que podría motivar peligros de contaminación (Téllez *et al* 2019).

En todos los casos, mientras dure la entrega no deben exponerse al sol ni seguir en lugares muy cálidos, como el suelo de los motores, ya que las altas temperaturas son perjudiciales para el hongo (Téllez *et al* 2019).

1.5.3.5. Calidad del hongo producido

Las pruebas indican que el hongo producido es el más seguro para el manejo de la broca. Los recuentos en cultivos completamente avanzados de frascos de arroz de cincuenta gramos y edad común de 20 días han alcanzado $3,87 \times 10^{11} \pm 0,44 \times 10^{11}$ conidios, en promedio. En diferentes comprobaciones, la viabilidad de los conidios ha sido normalmente superior al 85% y se han alcanzado estadios de hasta el cien por cien. La prueba de patogenicidad, que

en condiciones de laboratorio establece la capacidad del hongo para matar a la broca, ha arrojado mortalidades superiores al 97%, con una concentración de 1×10^7 conidias/mililitro (Franquil y Medina 2016).

1.5.3.6. Recolección del hongo

Para cosechar el hongo, el primer paso es añadir 10 ml de un aceite vegetal emulsionable de uso agrícola a cada frasco que contenga 50 g de arroz. La mayoría de ellos no tienen ningún efecto negativo sobre la viabilidad de los conidios. En las pruebas de viabilidad con aceites, se obtiene una germinación del hongo superior al 80%. Se supone que el uso de aceites proporciona una película que protege a las conidias de la radiación solar y permite un mayor tiempo de supervivencia en el entorno (Franquil y Medina 2016).

Utilizando una paleta de madera o un palo fino, se remueve el arroz con el aceite dentro de la botella hasta que se mezcle por completo, luego se añade agua y se agita enérgicamente para crear una emulsión (Franquil y Medina 2016).

Todo el contenido de la botella se vierte en un colador, cuya malla no permite que el arroz salte, colocado sobre un cubo. El arroz se macera lavándolo con agua, evitando que se convierta en harina, ya que las grandes porciones pasarían por la malla y obstruirían las boquillas del aparato pulverizador. La cantidad de agua con la que hay que enjuagar el arroz de la botella es de 1 litro. Los residuos que quedan dentro del colador se tiran en las matas de café, en los lugares de la finca en los que hay mejores poblaciones del hongo (Franquil y Medina 2016).

1.5.3.7. Aplicación del hongo

La premezcla obtenida tras el lavado de la botella se agita enérgicamente y se deposita en una bomba de aspersion. Si tiene una bomba de 20 litros, tome toda la premezcla (1 litro) y llénela de agua hasta alcanzar los 20 litros. Si tiene una bomba de 10 litros, utilice la mitad de la premezcla (0,5 litros). Con la combinación obtenida de una botella, se pueden rociar 400 maderas de una edad media de cuatro años y cada árbol recibe

aproximadamente 50 cc del bioinsecticida. Si las aplicaciones de hongos se ejecutan con un aparato previamente calibrado y deliberando que la producción en paso con la botella es de $3,87 \times 10^{11}$ conidios, que podrían ser suspendidos en 20 litros de agua, cada árbol recibe $9,7 \times 10^8$ (970 millones) conidios. Esta alta concentración y su verdadera calidad (viabilidad y patogenicidad) crean una fuerte presión de inóculo sobre la población de la broca (Sunshine 2020).

Se suele recomendar dirigir la pulverización del hongo a la parte productiva del árbol, en las horas de la tarde, idealmente después de la puesta de sol, debido a que los rayos ultravioleta tienen movimiento germicida y matan las conidias. El hongo también puede aplicarse en días nublados. Las aplicaciones en las horas nocturnas hacen que las conidias permanezcan durante un largo periodo en un entorno de alta humedad, proporcionada por el rocío durante la noche, lo que favorece su germinación. Esto ya no se produce cuando los programas se realizan en horas de la mañana porque el agua con la que se lleva a cabo se evapora con las altas temperaturas que pueden surgir al mediodía, situación que impide la germinación por la escasez de humedad y puede provocar la muerte de los conidios (Sunshine 2020).

El hongo cosechado debe aplicarse el mismo día. Si se ha preparado la premezcla y por algún motivo no se puede aplicar, se puede guardar en el frigorífico a 4°C. De lo contrario, las conidias morirán. De lo contrario, los conidios germinarán. Lo mismo ocurre cuando se tiene el agregado. Si se prevén lluvias después del programa, se debe utilizar un adherente (Choquetarqui *et al* 2016).

El hongo no debe ser implementado en combinación con pesticidas, fungicidas o fertilizantes foliares, para no afectar la viabilidad de las conidias. El hongo puede implementarse en cualquier mes del año que coincida con un ataque de broca, ya que, en la zona cafetalera, aunque hay meses secos, la humedad relativa mensual común se mantiene por encima del 70% y constantemente hay aguaceros que aportan humedad al entorno (Choquetarqui *et al* 2016).

Choquetarqui *et al* (2016) expresan que con las aplicaciones del hongo se persiguen los siguientes objetivos:

- Establecer el hongo *B. bassiana* como factor de mortalidad permanente de la broca. Los sitios del cafetal que más desean el establecimiento o colonización son las riberas de los ríos o arroyos y debajo de la madera de color. El agroecosistema del café, al ser un cultivo perenne, tiene situaciones microclimáticas adecuadas debajo de la madera, favorables para la supervivencia del hongo.
- Controlar la broca. La frecuencia de las pulverizaciones debe determinarse en función de los rangos de infestación de la broca. Si, tras los dictámenes quincenales para establecer el grado de infestación, éste resulta ser superior al 5% (umbral de daño económico) y los efectos de las medidas de gestión implican que la moda de infestación es creciente, se puede optar por hacer una aplicación del hongo.

Para la pulverización hay que tener en cuenta además los ciclos de cosecha en cada región de producción. Cuando el fruto alcanza el nivel de semiconsistencia (90-120 días después de la floración), se pueden realizar una o dos pulverizaciones con un intervalo de 30 días, si, a través de las revisiones, se encuentran adultos perforando el resultado final (Choquetarqui *et al* 2016).

1.5.3.8. Formas de obtener el inóculo o la semilla para iniciar la producción de hongos

Sierra (2017) manifiesta que un agricultor puede conseguir el hongo para iniciar la producción en la finca dentro de las siguientes formas:

- A partir de frascos recibidos de los técnicos de algún laboratorio autorizado.
- De un agricultor que haya iniciado la fabricación en su explotación.
- Directamente del sector, tomando los granos que muestren una pluma blanca en el ombligo, que indica la presencia de barrenadores atacados por el hongo.

Este método se define en detalle, ya que permite al cultivador de café expreso la autonomía para la producción del hongo con la ayuda de no tener que depender de ninguna organización para adquirir el inóculo o la semilla preliminar para iniciar la fabricación en la granja y también garantiza la patogenicidad del hongo aislado (Sierra 2017).

El hongo presente en las brocas ya no muere con el tratamiento de desinfección en hipoclorito de sodio. De este modo, se eliminan los contaminantes de la esfera y se obtienen cultivos puros del hongo. La ventaja de esta técnica es que el hongo aislado inmediatamente de la broca es más virulento que el que se cultiva en el arroz utilizando más de generaciones (Sierra 2017).

Los cultivos puros retirados de la broca del café después de la maduración pueden almacenarse en un frigorífico (4°C) para ser utilizados como inóculo o semilla. Cada cultivo natural recibido a la vez de la broca permite adquirir diferentes cultivos, de modo que será la primera generación para su uso en el manejo de la broca en el campo. No se recomienda utilizar una segunda generación del hongo cultivado de forma más sencilla en el arroz, debido a que la viabilidad y la patogenicidad para la broca disminuyen (Sierra 2017).

1.5.3.9. Costos de producción de *B. bassiana*

El hongo puede producirse de forma muy económica en las explotaciones agrícolas. Para el cálculo de los esfuerzos, se predijo que se pueden producir doscientos frascos de hongo con el trabajo de un día, desde el lavado de los frascos hasta el momento de la preparación para la pulverización dentro de la disciplina. También se calculó que se necesita un kW-hora para esterilizar cuarenta botellas de 375 cc en un "Baño de María" utilizando una olla de cincuenta litros de capacidad. Para calcular el valor de uso de la botella, se ha depreciado en 10 estrategias de fabricación. También se tuvo en cuenta el valor del algodón, depreciado en 3 procesos (Tapia y Dussan 2017).

Tabla 1. Costos de producción por botella de 375cc, del hongo *B. bassiana* en escala artesanal.

1.5.3.10. Costos de aplicación del hongo por hectárea

Partiendo del hecho de que la producción de *B. bassiana* en botella es suficiente para rociar cuatrocientos cafetos de 4 años de edad y el uso de un dispositivo de pulverización con presión previa retenida a 40lbs/in", con una boquilla HC-3 de baja descarga (190 cc/min) y con una extensión de aplicación de 50 cc de agregado según el árbol, es muy viable estimar el precio global para la manipulación de la broca con esta alternativa de manipulación biológica (Posada *et al* 2016).

Tabla 2. Costos de control de broca con *B. bassiana* producido a nivel artesanal, según distintas densidades de siembra.

N°. arboles/ha	Botellas de <i>B. bassiana</i>	Valor <i>B. bassiana</i> ha (\$)	Jornales/ha		Costo total (\$)
			N°	Valor (\$)	
2.500	6.25	316	2	6.520	6.836
5.000	12.50	632	4	13.040	13.672
7.500	18.75	948	6	19.560	20.508
10.000	25.00	1265	8	26.080	27.347

	\$
Costo botella	2.00
Mano de obra	11.00
Arroz	10.00
Tapón de algodón	2.00
Detergentes antisépticos	3.00
Energía	0.60.
Subtotal	28.60
Adición de aceite agrícola	22.00
TOTAL	50.60

1.5.4. Uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

B. bassiana se evaluaron en las condiciones del sujeto y en todos los casos el hongo ha llegado a instalarse en las poblaciones de broca. La Bb es más potente mientras el barrenador entra en contacto con las esporas al intentar penetrar en la cereza. Si el insecto ya ha entrado en la cereza es muy difícil que el hongo le afecte. El impacto del hongo *B. bassiana* dentro de la disciplina es evidente, parece y actúa como un enemigo natural eterno. Las epizootias, después de producirse, permiten apreciar notoriamente el efecto del hongo. Estas no son generalizadas debido a la variabilidad agroecológica de la zona cafetera y debido a que surgen esporádicamente, no siempre es factible anticipar que el hongo por sí solo mantendrá el cultivo libre de la broca (Vuelta *et al* 2017).

La era generada a nivel comercial se ha trasladado a los productores no públicos para que se encarguen de la fabricación del hongo. En realidad, hay numerosos laboratorios comerciales autorizados por el ICA que suministran hongos formulados para la manipulación de la broca del café. Se han utilizado cinco lotes de hongos con una sensibilización de 1×10^8 esporas/gramo para las funciones experimentales. La producción de *B. bassiana* para el control de la broca del café se convirtió en 60 lotes en 1993 y en 1998 se esperaba llegar a trescientos lotes de un producto que contenía como mínimo 1×10^9 esporas/gramo (Ávila 2018).

El desarrollo de bioensayos para elegir los aislados más virulentos, los comandos para su reactivación en los insectos y los protocolos para el manejo excepcional de los hongos producidos manual e industrialmente, han hecho posible gobernar y mejorar el producto que se ofrece comercialmente a los cultivadores de café (Góngora *et al* 2016).

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin ha sido registrado como enemigo biológico de la broca del café, siendo aislado en todos los países a los que ha migrado este insecto. La infección de *H. hampei* es predecible a partir de la precisa susceptibilidad de este insecto al ataque de la broca. Al igual que con los máximos entomopatógenos formulados para el control de insectos

plaga dentro de la disciplina, se deben tener en cuenta componentes positivos que definen el éxito en su implementación en aplicaciones de control. Algunos de esos componentes son: el interés orgánico del sistema, el momento de la pulverización en relación a la mejora del insecto y de su planta hospedera, la cobertura realizada dentro de la planta con el sistema utilizado y la estabilidad del sistema al ser descubierto a condiciones ambientales limitantes consistentes en temperatura, humedad relativa y luz solar, siendo este último el factor que más impacta en la persistencia del entomopatógeno dentro de la disciplina (Diaz *et al* 2017).

Un cadáver de broca debidamente esporulado puede producir alrededor de 10 millones de esporas, lo que permite su dispersión y ordenamiento establecido en los cafetales. Esta circunstancia se descubre dentro del sujeto como una mancha o moho blanco en el marco de la broca. *B. bassiana* ataca a la broca mientras está penetrando en el resultado final del café mientras entra en contacto con sus esporas. Si el insecto ya ha entrado en la fruta, es difícil que el hongo la contamine (Diaz *et al* 2017).

El ciclo de existencia de *B. bassiana* en la broca del café en situaciones de laboratorio se completa en una media de ocho,2 días desde la inoculación del insecto con el hongo hasta la descarga de las esporas. En el sector, dependiendo de las condiciones ambientales, esto llevará de 15 a 30 días. También se ha establecido la importancia de pasar el hongo *B. bassiana* a través de los insectos para reactivar su virulencia. Cuando el hongo se cultiva en medios artificiales durante 3 o más generaciones, su virulencia se reduce sensiblemente, y el tiempo medio para causar mortalidad en la mitad de la población se prolonga, en comparación con el hongo activado en la broca del café (Acuña y Betano 2017).

Otros estudios han explorado el efecto de la radiación solar sobre *B. bassiana* y han determinado que las esporas son muy sensibles a la luz del día, por lo que las formulaciones deberían incluir filtros solares para una mayor permanencia en el ambiente. En relación a la compatibilidad con fungicidas y plaguicidas, en moda las consecuencias muestran que ahora no se deben hacer combinaciones. La mayoría de los insecticidas evaluados disminuyen la viabilidad del hongo y los fungicidas normalmente utilizados para la roya

consiguen matar al hongo *B. bassiana*; por lo tanto, no se avala este tipo de agregados (Ríos *et al* 2020).

La eficacia de *B. bassiana* dentro del tema ha sido notablemente examinada. Los resultados son muy variables y se inspiran en las condiciones climáticas y en la situación de los cultivos; los grados de gestión pueden variar desde valores muy bajos, por ejemplo, el 20%, hasta niveles del 75%. La investigación sobre el sistema de pulverización del hongo *B. bassiana* mostró que *B. bassiana* puede aplicarse con éxito con todos los sistemas disponibles para el cultivo de café expreso. Sin embargo, el dispositivo motorizado Motax de retroceso con una descarga de 60 litros/ha se mostró muy eficiente y más económico (Villacorta 2016).

El efecto patógeno de la presión de *B. bassiana* Bb9295 se estudió bajo aspectos extraordinarios en situaciones de plantación de café. Al comparar el efecto de varios grados de infestación de la broca se encontró que esta es independiente del porcentaje de infestación de broca. En relación con la coloración, se ha observado una inclinación de la eficacia del hongo hacia el crecimiento con coloración creciente, aunque esto se convirtió en algo probablemente no más obvio debido a la auto-sombra que el café expreso generalmente tiene en altas densidades (Vélez y Montoya 2017).

La eficacia de *B. bassiana* en el control de la broca asociada a la ubicación de la rama en el árbol en la que el insecto ataca el fruto es variable. Se ha encontrado una mayor mortalidad en las ramas más bajas, probablemente debido a una mayor humedad y una menor radiación solar. Las mediciones previas de la radiación fotosintética activa (RFA) confirmaron que los tercios superiores reciben una RFA sustancialmente mayor que los inferiores (Posada 2017).

La permanencia o residualidad de *B. bassiana* Bb9205 en un entrenamiento no formulado dentro de la planta de café se evaluó infestando las ramas del árbol con broca el mismo día, 2, 4, 8 y 15 días después de la fumigación con *B. bassiana*. El control obtenido con el hongo llegó a ser de 74, 24, 21, 20 y 19% para cada caso respectivamente, mostrando una disminución de su eficacia a medida que transcurría el tiempo de aspersion. La evaluación

de cuatro dosis entre 1×10^8 y 5×10^9 esporas/árbol de Bb9205 confirmó que, a mayor dosis, mayor mortalidad sobre la broca (Monterroso 2018).

Se espera que el impacto de este hongo sea extra a medida que se desarrollen formulaciones que confieran una resistencia extra en el medio a este entomopatógeno. En estas revisiones se determinó la virulencia de los aislados hacia la broca del café. Bb 9212 y Bb9205 mataron a la broca del café más rápidamente, con un tiempo medio de mortalidad de $2,63 \pm 0,79$ y $4,16 \pm 1,14$ días, respectivamente, en comparación con otros diez aislados, mientras que Bb 9023 tardó $5,80 \pm 0,81$ días. Se estudió el promedio de fabricación de esporas en el paso con el barrenador sin vida y se observó que el aislado Bb9114 produce hasta $8,8 \times 10^6$ esporas (e) en línea con el barrenador adulto. Esto equivale a una aplicación de $4,4 \times 10^{10}$ e/ha en la que se encuentra una mediana de un barrenador atacado y esporulado con el hongo en cada árbol de una hectárea de 5.000. Estos efectos son esenciales porque indican la oportunidad de recoger aislados que al producir un alto número de esporas dentro del campo producirán una infección secundaria mediante la retención del inóculo importante para reinfectar la población de la broca (Calel 2019).

Se han investigado dos procedimientos para la fabricación de Bb, el empresarial y el artesanal. En la etapa industrial, la fabricación de Bb comienza con cultivos naturales recibidos de la broca del café en placas de Petri en medio SDA; este inóculo se utiliza entonces para hacer crecer el hongo en matraces que contienen un medio líquido nutritivo aséptico, bajo condiciones de fermentación y agitación a 110 rpm durante 72 horas. Esta forma de vida produce blastosporas que pueden utilizarse para inocular bandejas con un sustrato líquido químicamente definido para la fabricación de esporas aéreas. Después de 15-20 días (dependiendo de la temperatura) el hongo se prepara para ser cosechado, homogeneizado, formulado y secado en forma de polvo (Gómez *et al* 2014).

1.6. Hipótesis

Ho= No es de vital importancia conocer sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

Ha= Es de vital importancia conocer sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

1.7. Metodología de la investigación

Para el desarrollo del presente documento se recolecto información actualizada de libros, páginas web, tesis de grado, bibliotecas virtuales y artículos de revistas de alto impacto, manuales técnicos y congresos.

La información obtenida fue realizada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La finalidad de este documento fue recolectar información referente a la producción y uso del hongo *Beauveria bassiana* en el control de broca del café *Hypothenemus hampei*.

2.2. Situaciones detectadas

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin ha sido registrado como enemigo biológico de la broca del café, siendo aislado en todos los países a los que ha migrado este insecto. La infección de *H. hampei* es predecible a partir de la precisa susceptibilidad de este insecto al ataque de la broca. Al igual que con los máximos entomopatógenos formulados para el control de insectos plaga dentro de la disciplina, se deben tener en cuenta componentes positivos que definen el éxito en su implementación en aplicaciones de control.

La broca ataca y se reproduce en los frutos que alcanzan el 20% o más de su peso seco, lo que tiene lugar, según la temperatura, entre 90 y ciento veinte días después de la floración. Este es el momento más oportuno para pulverizar con *B. bassiana* y conseguir que las esporas del hongo entren en contacto con los adultos de la broca que están penetrando en el fruto. Si la broca ya ha entrado en el fruto, el contacto es difícil y el impacto del hongo es casi nulo.

2.3. Soluciones planteadas

Es necesario introducir *B. bassiana* en todas las regiones con broca del café en un esfuerzo por contribuir como agente de control biológico dentro de un programa de Manejo Integrado de plagas. Para lograr este objetivo es imprescindible su suministro y aplicación masiva. En la actualidad, existen

opciones de producción de *B. bassiana* a escala industrial y a pequeña escala de forma artesanal en una finca cafetalera.

La forma artesanal es un método en la cual los cafeteros pueden producir y observar el hongo *B. bassiana* en sus fincas, el uso de un cereal que incluye arroz como sustrato de desarrollo, a través de una tecnología fácil, económica y con materiales fáciles de conseguir.

2.4. Conclusiones

Por lo anteriormente detallado se concluye:

El hongo *B. bassiana* puede producirse de forma muy económica en las explotaciones agrícolas.

Pueden producir doscientos frascos de hongo con el trabajo de un día, desde el lavado de los frascos hasta el momento de la preparación para la pulverización dentro de la disciplina.

La producción de *B. bassiana* en botella ($3,87 \times 10^{11}$ conidios), es suficiente para rociar 400 cafetos de 4 años de edad y el uso de un dispositivo de pulverización con presión previa retenida a 40lbs/in", con una boquilla HC-3 de baja descarga (190 cc/min) y con una extensión de aplicación de 50 cc de agregado según el árbol.

La alta concentración de *B. bassiana* y su verdadera calidad (viabilidad y patogenicidad) crean una fuerte presión de inóculo sobre la población de la broca.

La eficacia de *B. bassiana* en el control de la broca asociada a la ubicación de la rama en el árbol en la que el insecto ataca el fruto es variable. Se ha encontrado una mayor mortalidad en las ramas más bajas, probablemente debido a una mayor humedad y una menor radiación solar.

Mediante varias evaluaciones de cuatro dosis entre 1×10^8 y 5×10^9 esporas/árbol de Bb9205 se confirmó que, a mayor dosis, mayor mortalidad sobre la broca del café.

2.5. Recomendaciones

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Es importante fomentar la producción del hongo *B. bassiana* para su utilización como biocontrolador del insecto plaga *H. hampei* en el cultivo de café.

Realizar aplicaciones continuas para mantener la permanencia o residualidad de *B. bassiana* dentro de las plantaciones de café, con la finalidad de seguir con el control del insecto plaga broca del café.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, P., Betano, W. 2017. Evaluación de la incidencia natural de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill, sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) y *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) en el cultivo de café en dos zonas cafetaleras de Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Managua. UNA. 50 p.
- Ávila, O. 2018. Control de broca del café (*Hypothenemus hampei*) utilizando once cepas del hongo *Beauveria bassiana* y el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora*. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 20 p.
- Álvarez, E. 2019. Control biológico con *Beauveria bassiana* para insectos plagas en los cultivos de importancia económica (café, maíz y banano). Tesis Ing. Agr. El Triunfo, Ecuador. UAE. 52 p.
- Bustillo, A., Marín, P. 2018. Reactivación de la virulencia de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. CATIE. 4 p.
- Bustillo, A. 2016. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2): 101-116.
- Cadeño, V., Ames, T. 2019. Manual de laboratorio de hongos entomopatógenos. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa. 29 p.
- Calel, P. 2019. Evaluación de medios de cultivo y tipos de envases para almacenaje en la producción de *Beauveria bassiana* en Finca Santa Anita, Zunilito, Suchitepéquez. Tesis Ing. Agr. Mazatenango. USCG. 93 p.
- Carballo, M., Hidalgo, E., Rodríguez, A. 2016. Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógenos. CATIE. Nicaragua. 232 p.
- Choquetarqui, D., Almanza, L., Loza, M. 2016. Selección de tres cepas criollas de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin como alternativa para el control biológico de la broca de café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari

- 1867) (Coleoptera: Scolytidae) a diferentes temperaturas. *Journal of the Selva Andina Research Society* 2(1): 17-25.
- CropLite. 2020. Broca del café, el enemigo principal de los cafetales. CropLite Latin America. Ecuador. 10 p.
- Echeverría, F. 2017. Caracterización biológica y molecular de aislamientos del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Cartago* 14(4): 1-13.
- Díaz, V., Pérez, J., Pinson, P., Magallanes, R., De Coss, M., Cabrera, M. 2017. Producción de *Beuaveria bassiana* (Bals.) Vuill. Para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). *Agroproductividad* 10(2): 1-5.
- Fernández, S., Cordero, J. 2017. Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en condiciones de laboratorio. *Bioagro* 19(1): 1-18.
- Franquil, R., Medina, S. 2016. La Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari): Biología y Aspectos Básicos de Control. *Protección de cultivos* 9(3): 1-12.
- Góngora, C., Marín, P., Benavides, P. 2016. Claves para el existo del hongo *Beauveria bassiana* como controlador biológico de la broca del café. *Revista Cenicafe* 6(3): 1-8.
- Gómez, H., Zapata, A., Torres, E., Tenorio, M. 2014. Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos. SENASA. 37 p.
- Galán, L., Gandarilla, L., Arévalo, K., Elías, M., Quintero, I. 2016. Evaluación de aislados nativos mexicanos de *Beauveria bassiana*. *Agrociencia* 8(4): 255-266.
- González, M., Valencia, A., Bustillo, A. 2017. Incremento de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*, utilizando integumento del insecto en el medio de cultivo. *Manejo Integrado de Plagas* 12(4): 31-35.

- Grabowski, C., Orrego, A., Stauffer, A. 2016. Eficiencia de sustratos sobre la esporulación de hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces sp.* Investigación Agraria 9(3): 1-15.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2016. Producción artesanal del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. PROMSA, Ecuador. 18 p.
- Martínez, F., Hernández, L., Carrión, G. 2017. Efecto del hongo *Beauveria bassiana* sobre solubilización de fosfatos y la disponibilidad de fósforo en el suelo. Ciencias Biología y Agronomía 10(3): 1-8.
- Mendoza, G., Guzmán, O., Salinas, A. 2021. Manejo de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae), con atrayentes etanólicos en cultivos de café de Coatepec, Veracruz, México. Revista Chilena de Entomología 47(2): 1-15.
- Monzón, A. 2017. Producción y uso de hongos entomopatógenos. CATIE. Nicaragua. 63 p.
- Monterroso, J. 2018. Incidencia de *Beauveria Bassiana* sobre la broca del café y su reproducción en coco en Guatemala. Revista Cafetalera 24(10): 1-17.
- Namesny, A. 2020. *Beauveria bassiana*: utilizado como bioinsecticida, también promueve el crecimiento de las plantas. Nutrifitos 5(2): 1-10.
- Noboa, G., Quelal, A. 2017. Diseño e implementación de un protocolo para mejorar la producción y conservación de *Beauveria bassiana* Y *Trichoderma harzianum* como aporte a los productores de café orgánico de la asociación “Río Intag”, Cantón Cotacachi. Tesis Ing. Biotec. Quito, Ecuador. UPSQ. 132 p.
- Posada, F. 2014. Los insecticidas y el hongo *B. bassiana* en el control de la broca del café. Cenicafé 55(2): 136-149.
- Posada, F., Salazar, M., Aristizábal, F., Mejía, C., Jiménez, M. 2016. Taller de evaluación de *Beauveria bassiana* con caficultores experimentadores

- para el control de *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Scolytidae). Revista Colombiana de Entomología 29(1): 63-69.
- Portilla, M., Mumford, J., Baker, P. 2016. Reproductive potential response to continuous rearing of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) developed using Cenibroca-artificial diet. Revista Colombiana de Entomología 26 (3-4): 99-106.
- Ríos, R., Vargas, J., Sánchez, J., Oliva, R., Castillo, A, Villegas, P. 2020. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como controladores compatibles y eficientes de insectos plaga en cultivos acuapónicos 11(3): 419-426.
- Sunshine, F. 2020. Control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Revista Vinculando 8(3): 1-15.
- Sierra, C. 2017. Control de Broca de Café (*Hypothenemus hampei*) por medio del microorganismo benéfico *Beauveria bassiana* en la zona de reserva La Botija, San Marcos de Colón. Revista Portal de la Ciencia 4(2): 1-7.
- Téllez, J., Cruz, R., Mercado, F. 2019. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Revista Mexicana de Micología 15(4): 1-16.
- Tapias, S., Dussan, J. 2017. Evaluación de grado de seguridad del hongo *Beauveria bassiana* utilizado para el control biológico de insectos plagas. Actual Biol 22(72): 17-27.
- Vuelta, D., Rizo, M., Basile, R. 2017. Evaluación del efecto del hongo *Beauveria bassiana*, trampas y el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* en el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en las yaguas. Ciencia en su PC 4(2): 38-52.
- Vela, P., Pineda, J., Duarte, A., Soto, C., Pineda, C. 2018. Cepa nativa ecuatoriana de *Beauveria bassiana* con potencial industrial. Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente 1(1): 23-31.
- Villacorta, A. 2016. Ocorrência de *Beauveria* sp infectando a Broca do café – *Hypothenemus hampei*- (Ferr 1867) (Coleoptera: Scolythidae), em

Lavouras no Estado do Paraná. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil (Brasil). 28 p.

Vélez, P., Montoya, E. 2017. Supervivencia del hongo *Beauveria bassiana* bajo radiación solar en condiciones de laboratorio y campo. Revista CENICAFE. 111 p.

Villalba, D. 2017. El uso de coadyuvantes para incrementar la eficacia de insecticidas en el control de la broca. Informe de labores no publicado, Disciplina de Entomología. Cenicafé. Colombia. 15 p.