UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

"Análisis de resultados del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía Ecuatoriana"

AUTORAS:

Esthela Janneth Cardenas Toro
Sandra Isamar Quillay Rochina

DIRECTOR:

Dr. Segundo Benedicto Valle Ramírez, Ph.D.

PUYO-ECUADOR

2020

DECLARACÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Sandra Isamar Quillay Rochina, con C.I: 1501245276 y Esthela Janneth Cardenas Toro con C.I: 2100637855, hacen constar que son autoras del Proyecto de Investigación titulado: **"Análisis de resultados del hongo entomopatógeno** *Beauveria bassiana* **para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía Ecuatoriana",** el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, Ph.D. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 24 días del mes de agosto del 2020.

_____

Sandra Isamar Quillay Rochina

1501245276

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación titulado: "ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL HONGO ENTOMOPATOGENO BEAUVERIA BASSIANA PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS EN CULTIVOS TROPICALES DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA", fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

_____

Dra. Karina M. Carrera Sánchez, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

_____

MSc. Patricio F. Naranjo Delgado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

_____

Dr. Javier Domínguez Brito, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Oficio No. 207-SAU-UEA-2020

Puyo, 27 de agosto de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a las egresadas ESTHELA JANNETH CARDENAS TORO con C.I. 2100637855; y SANDRA ISAMAR QUILLAY ROCHINA con C.I. 1501245276, con el Tema: **"Análisis de resultados del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía Ecuatoriana"**, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director del proyecto Dr.C. Segundo Valle Ramírez, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 24 de agosto de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND -_ UEA

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida. Brindarme sabiduría, amor y la fuerza necesaria para continuar con este anhelo, y no caer en circunstancias y problemas que se me presenten en mi diario caminar, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación personal.

A mis padres Francisco Quillay Vargas y Hermelinda Rochina por su amor, confianza, trabajo y sacrificio durante estos años de formación académica., por sus sabios consejos y apoyo incondicional para alcanzar tan anhelado sueño, gracias por inculcar en mí el ejemplo de perseverancia y esfuerzo.

A mis hermanos Erika, Paul, Widinson y especialmente a mi hermana Marimar por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mis amigos y compañeros de estudios quienes formaron parte de mi carrera profesional.

Sandra Isamar Quillay Rochina

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y sobre todo por continuar dándome la oportunidad de compartir con mi familia y seres queridos.

A mis padres, por su infinito amor, trabajo y sacrificio además por ser el pilar fundamental de mi vida, quienes constantemente me han brindado su apoyo y estarán siempre a mi lado incondicionalmente.

A mi director de proyecto de investigación Dr. Segundo Benedicto Valle Ramírez, Ph.D.

Por su paciencia y apoyo sobre todo por guiarme en cada paso de este proyecto, su ayuda fue una guía fundamental en el desarrollo del mismo.

Agradezco a los miembros del tribunal: Ms.C. Patricio Naranjo, Dra. C. Karina Carrera Sánchez, Ph.D. y Dr. Ing. Javier Domínguez Brito, quienes contribuyeron con sus conocimientos y experiencia profesional en la ejecución de este proyecto.

A los docentes de la Universidad Estatal Amazónica, por ser nuestro soporte institucional para nuestra formación académica y personal.

A mis amigos y compañeros por brindarme su amistad y su absoluto apoyo en el transcurso de nuestra carrera universitaria compartiendo tristezas y alegrías juntas.

A la Universidad Estatal Amazónica que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día

Sandra Isamar Quillay Rochina

DEDICATORIA

A Dios por guiarme, cuidarme y darme fortalezas para continuar con mi vida.

A mis padres que han sido el pilar fundamental en mi vida. En especial a mi madre Sara Berenice Toro quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en mí, en cada reto propuesto sin dudar en mi inteligencia y capacidad de lograrlo. .

A mis hermanos y demás familiares porque comparten conmigo esta meta lograda.

Esthela Janneth Cardenas Toro

AGRADECIMEINTO

Agradezco infinitamente a Dios, por guiarme por el camino correcto de la vida.

A mis padres Aurio Pastor Cardenas Andrade y Sara Berenice Toro por confiar en mí, inculcarme valores que me han fortalecido en la vida.

A mis hermanos Leodan, Abel, Wilmer, Julio y Ana por apoyarme económicamente para que alcance mi meta.

A mi director de proyecto de investigación Dr. Segundo Benedicto Valle Ramírez, Ph.D. por su paciencia y apoyo por guiarme en cada paso de este proyecto.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria que aportaron a mi formación académica durante mis años de estudio.

A mis amigos y compañeros de estudio que me apoyaron durante esta etapa.

Agradezco a los miembros del tribunal Dra. C. Karina Carrera Sánchez, Ph.D, Ms.C. Patricio Naranjo y Dr. Ing. Javier Domínguez Brito, quienes aportaron con sus conocimientos y experiencia profesional en este proyecto.

A la Universidad Estatal Amazónica por la educación brindada durante estos años de formación académica.

Esthela Janneth Cardenas Toro

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la situación actual del conocimiento sobre el potencial uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía Ecuatoriana e identificar los sustratos que garantizan una mayor producción de conidios y la compatibilidad con insectos benéficos. Se realizaron revisiones sistemáticas que permitieron recopilar y sintetizar artículos de investigaciones científicas relacionados con el uso de *B. bassiana* en el control de insectos plagas de cultivos tropicales. Para ello, se analizaron las bases de datos Scopus, Science, Annual Reviews, Scielo y Redalyc; al igual que libros y tesis de posgrado y pregrado. Para la selección de los artículos se consideró los resultados de eficacia en insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de laboratorio y campo, producción de conidios y compatibilidad con insectos benéficos. La síntesis de la información se realizó en tablas de análisis que incluyen el nombre de la cepa de *B. bassiana*, insecto plaga, cultivo, resultados de eficacia en laboratorio y campo, producción de conidios y compatibilidad con insectos benéficos. En condiciones de laboratorio los aislamientos alcanzaron el 100% de mortalidad respectivamente; *B.bassiana*13 (1×10^7 conidios.mL^{-1}) y Bb18 (1×10^8 conidios.mL^{-1}*)* en el control de *H. hampei y* gusano cogollero; y en condiciones de campo la mezcla de cepas de Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119) se reporta que tuvieron una efectividad del 95% sobre *H. hampei*, a una concentración de 1×10^6 conidios.mL^{-1}. Para la multiplicación masiva de *B bassiana* se evidencia que el sustrato combinado de cascar de maní molido + ñelen + levadura de cerveza produjo un rendimiento de conidios alto 5,98 x 10^9conidios.g^{-1}, mientras que el sustrato polvo de arroz se encuentra intermedio con una producción de 3,4 x 10^{10} conidios. g^{-1}. Este hongo entomopatógeno es compatible con insectos benéficos como: *Anagyrus kamali* (Moursi), *Cotesia flavipes* (cameron) y *Chrysoperla externa* (Hagen). Por lo que constituye una alternativa ecológica su utilización en el control biológico de plagas.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, control biológico, hongo entomopatógeno

Abstract

The objective of this research was to analyze the current situation of knowledge about the potential use of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin for the biological control of plagues in tropical crops of the Ecuadorian Amazon and to identify the substrates that guarantee a greater production of conidia and compatibility with beneficial insects. Systematic reviews were carried out that allowed compiling and synthesizing scientific research articles related to the use of *B. bassiana* in the control of insect pests in tropical crops. For this purpose, the databases Scopus, Science, Annual Reviews, Scielo and Redalyc were analyzed; as well as books and thesis of postgraduate and undergraduate courses. For the selection of the articles, it was considered the results of effectiveness in insects plagues of tropical cultivations in laboratory and field conditions, conidia production and compatibility with beneficial insects. The synthesis of the information was carried out in analysis tables that include the name of *B. bassiana* strain, insect plague, cultivation, results of efficacy in laboratory and field conditions, conidia production and compatibility with beneficial insects. Under laboratory conditions, the isolations reached 100% of mortality respectively; *B.bassiana13* (1×10^7 conidia. mL-1) and Bb18 (1×10^8 conidia. mL-1*)* in the control of *H. hampei and* screwworm; and under field conditions the mixture of Cenicafé strains (Bb9001, Bb9024, Bb9119) is reported to be 95% effective on *H. hampei,* at a concentration of 1×10^6 conidios.mL-1. For the mass multiplication of *B bassiana* it is evident that the combined substrate of ground peanut shell + ñelen + brewer's yeast produced a high yield of conidia 5.98 x 10^9conidia·g-1, while the substrate rice powder is intermediate with a production of 3.4 x 10^{10} conidia. g-1. This entomopathogenic fungus is compatible with beneficial insects such as: *Anagyrus kamali* (Moursi), *Cotesia flavipes* (cameron) and *Chrysoperla externa* (Hagen). Therefore, its use in biological pest control constitutes an ecological alternative.

Keywords: *Beauveria bassiana,* biological control, entomopathogenic fungu

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I. INTRODUCCION 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.2. OBJETIVOS 3

1.2.1. Objetivo General 3

1.2.2. Objetivos específicos 3

1.3. Justificación 4

CAPITULO II. FUNDAMENTACION TEÓRICA 5

2.1. Hongos Entomopatógenos 5

2.2. Hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* 6

2.3. Clasificación taxonómica de *B. bassiana* 7

2.4. Características morfológicas y culturales de *B. bassiana* 7

2.5. Ciclo de vida de *B. bassiana* 8

2.6. Factores responsables de la germinación de conidios de *B. bassiana* 8

2.7. Características de crecimiento y esporulación de *B. bassiana* 10

2.8. Patogenicidad de *B. bassiana* 10

2.9. *Beauveria bassian*a como agente de biocontrol de plagas 12

2.10. Descripción de los cultivos tropicales de mayor interés de la Amazonia ecuatoriana y control de plagas a base de *B. bassiana.* 12

2.10.1. Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) 13

2.10.2. Cultivo de Yuca (*Manihot esculent*a Crantz) 13

2.10.3. Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinaru*m L.) 13

2.10.4. Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa) 14

2.10.5. Cultivo de Café (*Coffea* spp.) 14

2.10.6. Cultivo de papaya (*Carica papay*a L.) 15

2.10.7. Cultivo de plátano (*Mus*a spp.) 15

2.10.8. Cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq) 16

2.11. Beneficios socio económicos y ambientales por el uso de bioinsecticidas a base de conidios de *B. bassiana* 17

3.1. Tipo de Investigación 19

3.2. Métodos de Investigación 19

CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS 20

4.1. Descripción de los resultados de estudios de eficacia de *B. bassiana* en el control biológico de insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de laboratorio 21

4.2. Descripción de los resultados de estudios de eficacia de *B. bassian*a en el control biológico de insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de campo 25

4.3. Identificación de los distintos sustratos que garanticen una mayor producción de conidios y resultados de estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con especies de insectos benéficos 28

4.4. Resultados de estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con especies de insectos benéficos 31

Conclusiones 34

Recomendaciones 35

REFERENCIAS 36

ANEXOS 49

Lista de Tablas

Tabla 1. Taxonomía de *B. bassiana* 7
Tabla 2. Condiciones que necesita *B. bassiana* para su crecimiento. 9
Tabla 3. Resultados de eficacia de *B. bassiana* en condiciones de laboratorio sobre diferentes insectos plagas de cultivos tropicales 22
Tabla 4.Resultados de eficacia de *B. bassiana* en condiciones de campo sobre diferentes insectos plagas de cultivos tropicales.....27
Tabla 5. Resultados de producción de conidios de *B. bassiana* en diferentes sustratos.....29
Tabla 6. Resultados de estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con insectos benéficos.....33

Lista de Anexos

Anexo 1.*C. sordidus* del Banano (*Musa paradisiaca*) en etapa adulta infectado por la cepa de *B. bassiana* BI12H.....50
Anexo 2.Desarrollo de *B. bassiana*, aislada de *C. sordidus* sobre adultos de picudo negro (*R. palmarum* L) de la Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq). 50
Anexo 3.Desarrollo de la Cepa de *B. bassiana* 13 sobre *H. hampei* en etapa adulta del cultivo de Café (*Coffea* spp). 50
Anexo 4.Adulto de *Cosmopolites sordidus* con esporulación característica blanca de la cepa *B. bassiana* 26. 50
Anexo 5.Etapas del proceso infectivo (inicio, cubrimiento y esporulación) de *B. bassiana* nativa sobre Crisomélido fitófago masticador ((*Syphrea* spp) del Sacha inchi ((*Plukenetia volubilis* L) en su etapa adulta. 50
Anexo 6.Larva de Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) infectada cubierta completamente con micelio de *B. bassiana*. 50
Anexo 7.Larvas muertas de *Dione juno* por infección de Bb SENASA, se observa también el nulo consumo foliar (Concentración 10^8 conidios mL-1). 50
Anexo 8.Sustratos combinados de cascara de maní molido + ñelen + levadura de cereza cuya producción de conidios es de 5,98 x 10^9conidios.g-1. 50
Anexo 9. Sustrato grano de arroz producción de 2,35x10^8 conidios.g-1. 50
Anexo 10.Sustratos combinados de cascara de maní molido + ñelen + CaCO3 producción de conidios de 3,33 x 10^9 conidios.g-1. 50
Anexo 11.Adulto de *Chrysoperla externa* Hagen. 50
Anexo 12.Adulto de *Anagyrus kamal*i Moursi 50
Anexo 13.Adulto de *Cotesia flavipes* Cameron. 50

CAPITULO I. INTRODUCCION

La producción agrícola del Ecuador es un rubro importante para el sector económico y productivo. Los cultivos tropicales que se cultivan son: arroz, maíz, caña de azúcar, plátano y yuca. Estos alimentos garantizan la seguridad y soberanía alimentaria del país ya que son productos de la canasta básica familiar para la población ecuatoriana (Iglesias y Delgado, 2017).

El control biológico es una estrategia muy importante dentro del manejo integrado de plagas, además de cuidar y reforzar la acción de los agentes de control que normalmente están presentes en el medio ambiente, utiliza enemigos naturales algunos de ellos son: depredadores, parasitoides y patógenos para reducir la densidad de la población y los efectos de las plagas (Russo, 2016).

Los hongos entomopatógenos son capaces de causar la muerte directa a sus hospederos a través de la germinación de esporas del hongo sobre la cutícula del insecto plaga, las características que favorecen a los hongos es su capacidad de propagación y dispersión de esporas en el medio ambiente a través del viento, la lluvia e incluso con individuos de la misma población. Este control actualmente está teniendo una mayor participación por los beneficios que representa; por ello los hongos entomopatógenos han recibido mucha atención por su eficacia como enemigos naturales de los insectos (Palacios, 2009).

El empleo del hongo entomopatógeno *B.bassiana* como controlador biológico es una alternativa relevante en el manejo de insectos plagas. A nivel mundial son utilizados, entre ellos está; parásitos, agentes patógenos, predadores para mantener el equilibrio de poblaciones. Una de las ventajas de este control es que su efecto tiende a ser permanente y su acción puede extenderse por grandes extensiones agrícolas, además no deja residuos tóxicos sobre las plantas ni contamina el ecosistema (Bastidas, 2010).

En el presente estudio se realizó una búsqueda de información exhaustiva en el análisis de resultados del hongo entomopatógeno *B. bassiana* para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía ecuatoriana.

1.1. Planteamiento del problema

En Ecuador la gran parte de la población se dedica a la producción de diferentes cultivos, convirtiéndose en una actividad de mucha importancia debido a su gran biodiversidad por ello este rubro constituye un importante ítem económico para el sector agropecuario, asimismo es considerada una actividad estratégica para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria.

En la Región Amazonia Ecuatoriana (RAE) los agricultores se dedican a trabajar sus tierras en un área de dos a tres hectáreas donde siembran en rotación, cultivos de cacao, café, maíz, yuca, plátano, papa china, y algunos frutales como naranjilla, entre otros (Granda, 2015).

En la actualidad los hongos entomopatógenos se han empleado como una alternativa eficiente para el control de diferentes especies de insectos plagas. De hecho, el hongo *B. bassiana* es considerado uno de los agentes de control biológico con mejor eficiencia en el sector agrícola. Por lo que es el más estudiado a nivel mundial por sus beneficios que presenta, siendo eficientes, de bajo costos, de fácil manipulación no causan daños al medio ambiente.

Los cultivos tropicales amazónicos son atacados por algunas plagas en diferentes estadios de desarrollo, que ocasionan daños internos y externos a los cultivos agrícolas en sus diferentes etapas fenológicas, que requieren un control oportuno mediante el uso de alternativas ecológicas mediante el uso de hongos entomopatógenos como *B. bassiana*.

Erper et al. (2016), señalan que las lluvias frecuentes y la alta humedad durante todo el año son condiciones ambientales ideales para el desarrollo de hongos entomopatógenos, condiciones que se manifiestan en la Amazonía ecuatoriana, por lo que el uso de este agente en estudio pudiera constituir en una alternativa de control de plagas en la Amazonía. Sin embargo, es necesario documentar el estado actual del conocimiento disponible en bases de datos científicas, repositorios de tesis de pregrado y posgrado, etc., sobre el uso potencial de este hongo entomopatógeno para analizar los resultados de su eficacia en el control de plagas, así como, la producción de conidios y compatibilidad con insectos benéficos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Analizar la situación actual del conocimiento sobre el potencial uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía ecuatoriana e identificar los sustratos que garantizan una mayor producción de conidios y la compatibilidad con insectos benéficos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir los resultados de estudios de eficacia de *B. bassiana* en el control biológico de insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de laboratorio y campo.

- Identificar los distintos sustratos que garanticen una mayor producción de conidios y la compatibilidad de *B.bassiana* con especies de insectos benéficos.

1.3. Justificación

En las últimas décadas, los hongos entomopatógenos se han convertido en una alternativa importante en la conformación de un espectro más amplio de insecticidas biológicos, dentro de los esquemas contemporáneos de manejo de insectos plagas (Gandarilla-Pacheco et al., 2018).

La mayoría de los hongos producidos comercialmente para el control biológico pertenecen al orden de los Hypocreales. Estos incluyen *B. bassiana* (Bálsamo) Vuillemin, *Metarhizium* spp., *Isaria fumosorosea* Wize y *Lecanicillium* spp. Estos se usan para el control de docenas de plagas en una variedad de cultivos (Bautista, Meza y Gómez, 2018).

En diferentes países del mundo se viene utilizando hongos entomopatógenos para regular las plagas agrícolas como, por ejemplo, *Mahanarva fimbriolata* (Stål) en Brasil, *Schistocerca* en Africa, *Pieris rapae* (el gusano de la col en México) y en Colombia se utilizan cepas de *B. bassiana* para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Cuervo, López, Trujillo, Fernández y Vélez, 2018).

Los conidios de *B. bassiana* se usan con mayor frecuencia en la formulación de bioinsecticidas, debido a su especificidad con respecto al rango de hospedantes, su modo de acción por contacto, su capacidad para evadir las respuestas inmunes del insecto y por tener atributos importantes que facilitan la producción masiva a nivel industrial, como el rápido crecimiento *in vitro* en diferentes medios de cultivo (Lovera et al., 2020).

A pesar de existir evidencias del potencial uso de *B. bassiana* en otros lugares del mundo, en Ecuador y específicamente en la Amazonía ecuatoriana no se utiliza, es por ello que surge la necesidad de conocer el estado actual de estudios para identificar el potencial y las brechas del conocimiento que existan en torno al uso este hongo entomopatógeno.

CAPITULO II. FUNDAMENTACION TEÓRICA

2.1. Hongos Entomopatógenos

"El término entomopatógeno se ha definido como aquellos microorganismos (bacterias, hongos, nematodos y virus) que son capaces de atacar insectos" (García, Cappello, Lesher y Molina ,2008).

García et al. (2008), "se conocen aproximadamente 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos. Entre los más importantes están: *Metarhizium, Beauveria, Aschersonia, Entomophthora, Zoophthora, Erynia, Eryniopsis, Akanthomyces y Verticillium"*.

Según Bonnet (2017), los hongos entomopatógenos se han empleado para el control biológico de una diversidad de especies plagas del sistema agrícola, estos hongos son de producción fácil y económica, manifiestan una alta especificidad y son seguros para el operador que los aplica.

En la actualidad son utilizados los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico, que garantizan la inocuidad en los alimentos y seguridad para la humanidad. El 59,6% de los insectos plaga del orden Hemiptera son afectadas por hongos entomopatógenos, el porcentaje de rango de hospederos dentro de otros nueve órdenes de insectos son los siguientes: Coleoptera (40,9%), Lepidoptera (17,5%), Thysanoptera (14,6%), Orthoptera (9,4%), Diptera (7,0%), Hymenoptera (2,9%), Isoptera (2,3%), Siphonaptera (1,2%) y Dictyoptera (0,6%) (Garza, 2014).

Según Motta y Murcia (2011), refieren que los hongos entomopatógenos son un extenso grupo de microorganismos que proporcionan múltiples servicios a los sistemas agroecológicosos además poseen un gran potencial como agentes controladores, conformando un grupo con más de 750 especies, dispersos en el medio ambiente y ocasionando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos. Así mismo, tienen la capacidad de regular las plagas para mantenerlas en niveles apropiados. Entre los géneros principales: *Metarhizium, Beauveria, Paecilomyces y Verticillium*.

Los hongos entomopatógenos realizan un control natural sobre un extenso rango de artrópodos plagas en numerosos cultivos y en muchas partes del mundo. También están implicados en la regulación de las poblaciones en ecosistemas no agrícolas y pueden ayudar a conservar el balance ecológico, particularmente en los bosques tropicales (Evans, 1993).

2.2. Hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*

Según Malpartida, Narrea y Dale (2013), afirman que *B. bassiana*, así como otros hongos entomopatógenos, antes de eliminar a su hospedero le causa síntomas significativos como son: pérdida de sensibilidad, falla en la coordinación, entumecimiento, inapetencia, melanización e inmovilidad, con la muerte del insecto, las ventajas se incrementan pues la esporulación y próxima propagación del hongo, permite un control más allá de la aplicación. Según Castillo, Cañizales, Valera, Godoy, Guedez, Olivar y Morillo (2012), mencionan que *B. bassiana*, es uno de los hongos controladores biológicos de insectos. Es habitual encontrarlo en sobras de insectos o bien en insectos que están adheridos a las hojas de la planta, es un parásito facultativo, este logra desarrollarse tanto en su hospedero o sobre medios artificiales. La vía de ingreso del hongo es por la cutícula del insecto es la ruta directa más frecuente, no obstante, puede ocurrir por cualquier fragmento del insecto, incluyendo el ano o la boca, después de la germinación de los conidios en la cutícula del insecto, los tubos germinativos penetran el integumento de éste, por acción mecánica y efectos enzimáticos, atravesando la hemolinfa por lo que ataca los tejidos. El periodo de las diferentes fases del ciclo del hongo depende de la especie y de las condiciones ambientales presentes mientras dure la infección. En condiciones propicias para el entomopatógeno, se desarrolla micelio, conidióforos y conidios encima de la cutícula del insecto, proveyendo otra fuente de inóculo para afectar otros individuos.

Según Cuervo et al. (2018), sugieren que *B. bassiana* cuenta con diferentes fases en su modo de acción así: al estar en contacto con las células de la epicutícula del insecto, se adhieren e hidratan. Las esporas brotan e ingresan a la cutícula; una vez dentro las hifas crecen dañando las estructuras internas y provocando la muerte del parásito al cabo de unas horas y con condiciones ambientales favorables las esporas que emergen del cadáver se diseminan para infectar nuevos insectos.

Según Kozlwska et al. (2018), mencionan que *B. bassiana* es un hongo entomopatógeno utilizado como un agente de control biológico. Este hongo es aprovechado en diferentes países del mundo por su eficiencia en el control de algunos insectos plagas de mayor interés en el sector agrícola (García-Gutiérrez et al., 2013).

El empleo de *B. bassiana* como controlador biológico de insectos es eficaz, principalmente por la producción de enzimas como: proteasas, celulasas, xilanasas, pectinasas, amilasas, quitinasas, que son fundamentales en el biocontrol. Además, es capaz de colonizar en diferentes etapas de desarrollo del insecto (Sirpa, Churata, Mollinedo y Siles, 2014).
El modo de infección de este hongo, es a través de la degradación de la quitina presente en la cutícula del insecto, con ayuda de enzimas ya antes mencionadas que favorecen para causarle la muerte al insecto (Paredes, Nolasco, Acuña y Gutiérrez, 2016).

B. bassiana es un hongo cosmopolita que se encuentra presente en muchos agroecosistemas, ocasionando infección a insectos plaga de diferentes órdenes, ha sido encontrando atacando a más de 200 especies de insectos de algunos órdenes, incluyendo plagas de mucha importancia del sector agrícola. Los insectos muertos por causa del hongo muestran una cubierta blanca algodonosa sobre el cuerpo, la cual está constituida por el micelio y esporas del hongo (Gómez, 2014).

2.3. Clasificación taxonómica de *B. bassiana*

En la siguiente tabla se muestra la clasificación taxonómica de la *B. bassiana* de acuerdo a Morocco (2017).

Tabla 1. Taxonomía de *B. bassiana*

Reino	Fungí
División	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Subclase	Sordariomycetidae
Orden	Hypocreales
Familia	Cordycipitaceae
Genero	*Beauveria*
Especie	*B. bassiana*

2.4. Características morfológicas y culturales de *B. bassiana*

Noboa y Quelal (2015) afirman que, *B. bassiana* se desarrolla como un algodón blando al inicio y posteriormente toma una apariencia amarillenta o rosa pálido, con el paso de los días su tonalidad es de aspecto polvoriento crema producto de las esporas, el reverso es blanco o amarillento pálido, por otra parte, es un hongo imperfecto, tienen hifas septadas que comprenden estructuras reproductivas denominadas conidióforos, sobre las cuales se desarrollan los conidios.

Según García, Capello, Lesher y Molina (2011), *B. bassiana* se diferencia por manifestar un desarrollo lento, colonias de forma circular, logrando conseguir 20 mm de diámetro en 10 días. La apariencia de la colonia es lanosa y en modo de polvo debido a los abundantes conidios, es de color blanco en un inicio, tornándose amarillenta más adelante en la parte del centro, de textura blanda y superficie plana, esta especie tiene hifas cenocíticas, lisas, con células conidiógenas creando densos racimos irregularmente agrupados, las fialides se hallan hinchadas en la base que parece la estructura de un frasco sub-globoso y se adelgazan hacia la parte que sujeta las esporas llamado raquis en forma de zigzag.

La dimensión de las células conidiógenas es de 3,8 - 7 x 1,3 - 1,8 µm, el raquis de 2,2 - 4,2 x 1 µm. Los conidios de *B. bassiana* son hialinos, lisos, de estructura globosa a elipsoidal con una medida de 2,2 - 3 µm de diámetro (García et al., 2011).

2.5. Ciclo de vida de *B. bassiana*

B. bassiana se considera ser el anamorfo de *Cordyceps bassiana*, un ascomiceto en el orden *Clavicipitales.* El género *Cordyceps* y su anamorfo *Beauveria* son patógenos endoparasitarios de insectos y otros artrópodos. *B. bassiana* es un hongo polimórfico cuyo ciclo de vida incluye etapas individuales y multicelulares. Además, es un saprofito ubicuo y se puede encontrar en el suelo o material vegetal en descomposición, donde crece como micelios multicelulares mediante la absorción de nutrientes de la materia en descomposición. La reproducción y dispersión de la progenie es logrado por la producción asexual esporas llamadas conidios (Saranraj, Jayaprakash y Bhavani ,2017).

2.6. Factores responsables de la germinación de conidios de *B. bassiana*

Las germinaciones de los conidios requieren de una temperatura óptima de 25 – 30 ºC (mínimo de 10 ºC y máximo 30 °C), el pH óptimo para su crecimiento es de 5,7 - 5,9 y para la formación de conidios de 7 – 9. Los factores ambientales actúan directa e indirectamente afectando la persistencia y sobrevivencia de los hongos en la naturaleza. La temperatura y la humedad tienen influencia en todos los hábitats, el terrestre tiene mayor influencia, la luz en forma de radiación solar (Domsch, Gams y Anderson, 1980).

En la siguiente tabla se muestra las condiciones que necesita *B. bassiana* para su crecimiento de acuerdo a Noboa y Quelal (2015).

Tabla 2. Condiciones que necesita *B. bassiana* para su crecimiento

Factor	Descripción
pH	Crecimiento entre 5,7 – 5,9
Temperatura	Crecimiento entre 25 – 30 °C (Mínimo de 10°C y máximo de 30 °C)
Humedad	Alrededor del 94%
Necesidades Nutricionales	Sacarosa, fuentes de carbono(glucosa, almidón, pectina) y nitrógeno (peptona)

Los factores ambientales poseen gran importancia en la formación, germinación, sobrevivencia y penetración de las esporas en la cutícula del insecto y tanto las esporas como las hifas del hongo permanecen asociados al hospedante o al sustrato influenciado por diversos factores bióticos y abióticos. Los hongos necesitan de cierta temperatura mínima y alta humedad relativa para su buen desarrollo y realizar sus actividades. *B. bassiana* puede hallarse en un extenso rango de temperatura que va desde los 15 °C a los 30 °C y una humedad relativa de 90%. Por otro lado, hay ciertas preferencias de estas condiciones ambientales dependiendo del aislamiento o cepa del hongo (Godoy, Valera, Guedez, Cañizales y Castillo, 2007).

Arubla, Cárdenas y Posada (2010) señalan que, mediante la temperatura, se conoce que la subsistencia de las esporas se logra entre 20 y 30 °C, si las esporas se exponen a temperaturas altas, alrededor de 45 °C, se puede mostrar retardo de la germinación y no reducción en el

número de esporas que germinan. La prontitud de desarrollo de las esporas puede tener beneficios en la infección de los hospedantes en campo, dependiendo del tiempo en que entran en contacto con el parásito contra el que va dirigido la aplicación.

Los factores ambientales que intervienen en la actividad de los hongos entomopatógenos pueden dividirse en abióticos y bióticos. Entre los factores abióticos se encuentra la temperatura, la cual influye directamente en la fase de desarrollo de la enfermedad, así como el desarrollo del huésped; la humedad, factor esencial para la germinación y propagación de las esporas de la mayoría de los hongos, el viento, lluvias que actúan como agentes de diseminación de los hongos, la iluminación, especialmente la luz solar constituye el factor más detrimental. El efecto directo de la radiación solar, específicamente los rayos UV, provocan cambios que pueden disminuir la permanencia en campo de los hongos (Alatorre, 2003).

2.7. Características de crecimiento y esporulación de *B. bassiana*

La producción de esporas y el crecimiento radial de *Beauveria* son más altos en Potato Dextrose Broth (Saranraj, Jayaprakash y Bhavani ,2017).

Según Cedeño y Ames (2004), los medios de cultivos utilizados en micología deben contener los nutrientes suficientes para garantizar el desarrollo y reproducción de los hongos como; carbono, nitrógeno, vitaminas, oligoelementos, etc., y un pH entre (6 - 6,3) para facilitar su crecimiento. Se puede añadir antibióticos antibacterianos para inhibir el crecimiento de bacterias.

La velocidad de crecimiento radial más alta fue de 6,7 mm/d y corresponde al medio MEA, mientras la más baja fue de 5,0 mm/d y corresponde al medio PDA, El medio de cultivo MEA es el que permite la mayor velocidad de crecimiento de *B. bassiana*, ya que mostró diferencias estadísticamente significativas en contraste con el medio PDA (Vela, 2018).

2.8. Patogenicidad de *B. bassiana*

Las agresiones causadas por hongos en los insectos plagas son habitual y se pueden manifestar con facilidad debido al crecimiento de micelio en dichos insectos. Algunos de estos hongos son *B. bassiana, M. anisopliae, Verticillium* sp, *Aschersonia* sp, *y Entomophora* sp. (…) el modo de penetración del hongo es por medio de la cutícula del insecto es la vía directa más frecuente, posteriormente se produce la germinación de los conidios en la cutícula del insecto, los tubos germinativos penetran el integumento de éste, por acción mecánica y efectos enzimáticos, pasando a la hemolinfa donde ataca los tejidos (Castillo et al., 2012).

La fase patogénica comprende las fases de: adhesión, germinación, diferenciación y la penetración. El mecanismo de inoculación de *B. bassiana* inicia cuando el conidio se fija a la cutícula del parásito huésped susceptible, de la misma forma que otros hongos entomopatógenos, antes de descartar a su hospedero le causa sintomatologías importantes como son: ausencia de sensibilidad, falta de coordinación, letargo, inapetencia, melanización e inmovilidad, con el deceso del insecto, el beneficio incrementa, por ello, la esporulación y posterior dispersión del hongo, permite un control más allá de la aplicación (Zapata, 2016).

Según Cardenas,Villalba, Bustillo, Montoya y Gongora (2007) mencionan que, la fase patogénica de *Beauveria* spp, comienza con la adhesión de las esporas sobre su integumento; éstas emergen e ingresan por medio de un proceso físico y químico que involucra la producción de enzimas, posteriormente, el hongo se introduce en la cavidad hemocélica del parásito y ocasiona su muerte debido a carencias nutricionales, deterioro de los tejidos y por la liberación de toxinas. Una vez avanzado el desarrollado del hongo en el interior del insecto emerge de él a través de los tejidos destruidos y lo cubre con estructuras miceliales. Finalmente, bajo circunstancias ambientales apropiadas de humedad y temperatura ocurre el conidio génesis.

Según Peteira et al. (2011), manifiestan que la acción del hongo sobre el insecto es favorecida esencialmente por una gran diversidad de metabolitos secundarios originados a lo largo de la fase de infección. El proceso patogénico se comienza en la cutícula del parásito, con la germinación de los conidios y la obtención de hifas invasoras, las cuales ingresan a los tejidos a través de los intersticios y fragmentos blandos del insecto, dando apertura de

esta forma a la actividad enzimática degradativa de la cutícula. Las hifas se dividen, colonizan y alcanzan hasta la cavidad hemocélica del insecto, en el cual se origina una masa micelial por el crecimiento del hongo. En varios casos, el insecto logra ser colonizado completamente por el hongo. Asimismo, se liberan toxinas, las cuales están comprometidas en el bloqueo del proceso fisiológico y pueden ocasionar el deceso del insecto. La presencia de enzimas hidrolíticas suele facilitar cada etapa de infección del hongo y adicionalmente puede ser significativa en la invasión del hemocele del insecto.

Según Herrero (2011), señala que la manera de contagio de *B. bassiana* es parecida al de *Tolypocladium Cylindrosporum* W. Gams y conlleva la adhesión de las esporas a la cutícula del parásito, seguido de la formación de un tubo germinativo que a través de acciones enzimáticas y mecánicas consigue ingresar a la cutícula. Una vez en el hemocele, el desarrollo de las hifas causa lesiones en los tejidos del insecto y asimila sus nutrientes dentro del insecto *B. bassiana* puede originar metabolitos secundarios, cuya actividad insecticida, permite al hongo terminar con el insecto de una forma más rápida.

2.9. *Beauveria bassiana* como agente de biocontrol de plagas

B. bassiana infecta a más de 200 especies de parásitos de diversos órdenes, entre las que predominan plagas de interés económico como el gusano cogollero (*Spodoptera frugífera* (J. E. Smith)), gusano barrenador (*Diatrea magnifactella* Dyar), broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari (Pacheco, Reséndiz y Arriola, 2019).

2.10. Descripción de los cultivos tropicales de mayor interés de la Amazonia ecuatoriana y control de plagas a base de *B. bassiana.*

La producción agrícola del Ecuador es un rubro importante para el sector económico y productivo. Los cultivos tropicales que se cultivan son; arroz, maíz, caña de azúcar y yuca los cuales garantizan la seguridad y soberanía alimentaria del país ya que son productos de la canasta básica familiar para la población ecuatoriana (Iglesias y Delgado, 2017).

En la Amazonia ecuatoriana la mayoría de los agricultores se dedican a la agricultura, cultivan sus productos con el propósito de obtener ingresos económicos, entre estos cultivos se encuentra: maíz, yuca, caña de azúcar, maracuyá, café, papaya, plátano y palma africana (Viteri, 2013).

2.10.1. Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es un cereal de consumo a nivel mundial, que sirve para la alimentación de la población, también para alimentar a animales de crianza de diferentes especies. Otro aprovechamiento de este producto es en la industria de los biocombustibles. En Ecuador la mayoría de la producción de maíz es de color amarillo (Baca, 2016).

Coveña (2015) señala que, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) es una plaga que ataca con preferencia a las gramíneas como masticador del tejido vegetal, este insecto plaga, perfora el tallo de las plantas a la altura del cuello de la raíz, les causa el marchitamiento de la planta. Para el control de esta plaga se empleó *B. bassiana* en el cual el aislamiento que ocasiono mayor mortalidad fue el obtenido de larvas infectadas de *S. frugiperda* en campo (Bb42), con una mortalidad máxima de 96,6 % a 1 x 10^9 esporas.mL^{-1}, CL50 de 5,92 x 10^3 y TL50 de 3,6 días (valor más bajo) (García, Gonzales y Bautista, 2011).

2.10.2. Cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

La yuca es un cultivo que los siembran en diferentes regiones del Ecuador por los pequeños agricultores, la principal zona de producción de yuca se encuentra en la región Amazonia (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, [INIAP], 2014).

El insecto piojo harinoso (*Phenacoccus herreni* Hemiptera: Pseudococcidae) causa daños al cultivo de yuca en estudios realizados con el control biológico de *B. bassiana* se demuestra que en un tiempo de diez días se controla de manera eficiente sobre el insecto mencionado (Sánchez, 2013).

2.10.3. Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

La caña de azúcar es una gramínea tropical que se cultiva a nivel mundial, es de mayor importancia para la industria y los biocombustibles y la variedad de subproductos de ellos que sirven para alimentación de la humanidad (Rivera, 2010).

En el 2018, la superficie plantada de caña de azúcar para azúcar a nivel nacional fue de 101,898 hectáreas. La producción se concentra en la provincia del Guayas con el 87,1% (Instituto Nacional de Estadística y Censo), [INEC], 2018).

Romero, Salvatore, López y Wilink (2008), manifiestan que el gusano perforador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius) es una plaga que mayormente causa daños al cultivo de caña de azúcar, causando perjuicios directos e indirectos, ya que perfora el tallo causando galerías que son puertas de entrada a hongos y bacterias fitopatógenos, reduciendo el rendimiento y calidad del producto. *D. sacharalis*, fue controlada mediante *B. bassiana* en el cual todos los tratamientos valorados fueron patogénicos a las larvas de *D. saccharalis*, y causaron mortandad entre el 61 y 100%. Las larvas correspondientes al tratamiento testigo no mostraron mortalidad (Zúñiga y Soto, 2018).

2.10.4. Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa)

En Ecuador el cultivo de maracuyá se encuentra distribuido en el territorio ecuatoriano, especialmente en la región costa siendo la provincia del Guayas la mayor productora, teniendo niveles de producción bastante aceptables la provincia de Los Ríos, El Oro, Esmeraldas, Manabí; mientras que la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas presenta la producción más baja (Pereira, 2015).

El insecto gusano defoliador del maracuyá (*Dione juno* Cramer) esta plaga causa daños al cultivo, por lo que controlaron con *B. bassiana* con una cepa (CCB – LE 262) en diferentes concentraciones de conidios que al cuarto día se evidencio con una efectividad de 84% de mortalidad que llego al 100% un día después, estos resultados demuestran la efectividad del hongo *B. bassiana* sobre larvas de lepidópteros y la CL50 y CL95 respectivamente obtenidas bajo condiciones controladas en laboratorio (Malpartida, Narrea y Dale, 2013).

2.10.5. Cultivo de Café (*Coffea* spp.)

El cultivo de café muestra una alta afectación por la broca del café ya que es un insecto que mayor daño ocasiona al cultivo porque ataca específicamente la almendra lo cual reduce seriamente la calidad del café, provocando disminución en los ingresos económicos este es el principal problema entomológico que afecta la caficultura en muchos países del mundo, debido a que ataca los frutos directamente reduciendo su valor comercial y en muchos casos, ocasiona la caída prematura de los mismos (Jaramillo, Montoya, Benavides ,Góngora y Carmenza,2015).

La broca tiene la capacidad de reducir la cosecha en más de un 50% al disminuir la conversión de café uva a pergamino. Igualmente, disminuye las cualidades organolépticas del grano y afecta la inocuidad de la bebida debido a la presencia de ochratoxinas. Cabe recalcar que mediante estudios realizados en donde se demostró que todos los aislamientos nativos de la *B. bassiana*, fueron nocivos para la broca del fruto de café (*H. hampei*), en el rango porcentual del 60% al 100%, principalmente la cepa COMPBb01 (Merino, 2017). Por otro lado, la patogenicidad para todas las valoraciones causó una destrucción de la broca del café superior al 85%. En la primera evaluación, la mortalidad superó el 95%, mientras que, en la segunda, el valor más bajo, 86,7%, para todo el ensayo, se demostró que el tratamiento obtuvo 65% de humedad. En la tercera estimación, la mortalidad para todos los tratamientos fue superior al 90% (Arubla, Cárdenas y Posada 2010).

2.10.6. Cultivo de papaya (*Carica papaya* L.)

En el Ecuador la principal zona de cultivo de papaya se encuentra en las provincias de Manabí (San Mateo, El Carmen, Chone), Los Ríos (Quevedo), Santo Domingo. Las principales zonas de cultivo en la Provincia del Guayas son: Yaguachi, El Empalme, Chongón y la Península de Santa Elena. Además, existen pequeños cultivos en algunas provincias de la Amazonia ecuatoriana entre ellas; Napo, Pastaza y Sucumbíos (Córdova y Loor, 2014).

El insecto mosca del mediterránea (*Ceratitis capitata* Wiedmann) esta plaga causa daños significativos al fruto, con el control biológico de *B. bassiana* sobre la mosca en un periodo de 12 días se alcanza un control del 50% en condiciones controladas en laboratorio (Porras y Leucona, 2008).

2.10.7. Cultivo de plátano (*Musa* spp.)

El cultivo de plátano en el Ecuador tiene 151.441 hectáreas de plátano, de las cuales la mayor parte se encuentran en la costa en la provincia de Manabí, donde se reportan 50.376 ha (33%), seguida de las provincias de Santo Domingo, Esmeraldas, Guayas y Los Ríos con 18.980, 12.034, 10.820 y 10.313 ha. Las variedades más cultivadas son; barraganete y dominico (Cedeño y Zambrano, 2017).

El picudo negro (*Cosmopolites sordidus* German) es la plaga más restrictiva del plátano y el banano a nivel mundial. Es un parásito que cuando se encuentra en fase adulta es negro y mide alrededor de 13mm de longitud y 4 mm de ancho. Cuando afecta a las plantas de plátano este ataca a las raíces y al núcleo de la mata debilitándola por lo que incita un volcamiento, provocando la perdida de la calidad de la fruta. *C.sordidus* controlaron con la cepa 114 de *B. bassiana* la cual demostró su patogenicidad con una mortalidad de 84%, una viabilidad de conidios del 94% y una esporulación promedio de 82%, las mortalidades en campo se inician a los 3 días después de aplicado con una eficacia de 53% de control, estos resultados fueron satisfactorios (Mero, 2017).

Marmolejo, Mejía, Hurtado, Posso y Muñoz (2008), indican que el picudo rayado, *Metamasius hemipterus* sericeus (Olivier), es de mínimo interés económico que el picudo negro; el daño de las larvas dificulta que los frutos consigan el desarrollo completo, causan debilidad, volcamientos y ayuda a esparcir la bacteriosis producida por *Erwinia chrysantemi* var paradisíaca. Cuando las larvas se nutren, construyen galerías y ocasionan perjuicios al deshacer el tejido y debilitar la planta (Jiménez, López y Soto, 2012). En cuanto a condiciones de laboratorio se comprobó la infectividad de la cepa de *B. bassiana* sobre adultos del picudo negro y del picudo café (*M. hemipterus*) (92,80 y 100% en *M. hemipterus* frente a 46,70 y 16,20% en *C. sordidus*) (Armendáriz, Landázuri, Taco y Ulloa, 2016).

2.10.8. Cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq)

La palma africana es una planta tropical y se determina por ser un cultivo de importante valor social y económico es uno de los principales cultivos en el país debido a los variados usos industriales, alimenticios, es estimada como una planta monocotiledónea, procedente de la familia Palmáceas, su tallo obtiene los 25m de altura con hojas largas y arqueadas (Borja, 2013).

Barrenador de raíces de la palma (S*agalassa valida* Walker), es considerada como la plaga más importante del cultivo, se halla distribuida en las áreas tropicales de Panamá, Colombia, Venezuela, Brasil, Ecuador, Perú y Surinam, afectando a las plantas en el campo y en menor grado en vivero. Con el uso de *B. bassiana* se ha registrado un alto porcentaje de mortalidad, alrededor del 96 % del insecto plaga *S. valida*, estos hongos ingresan por medio de la cutícula causando arduos daños a los órganos principales, envolviendo totalmente la larva con un micelio de color blanco (Litardo, 2018).

El picudo de la palma africana (*Rhynchophorus palmarum* L.), es una especie de distribución neotropical, con un extenso rango geográfico que se encuentra dispersa desde el sureste de California y Texas hasta Argentina, Paraguay, Uruguay, Bolivia y Ecuador, el ciclo de vida del picudo tiene una duración de 119 a 231 días, su periodo de vida va a depender del tipo de sustrato colonizado. La aplicación de *B. bassiana* como biocontrolador causo efectos de mortalidad dentro de los 15 días de su inoculación. Dentro de este plazo se lograron obtener los datos necesarios para mostrar que el hongo entomopatógeno *B. bassiana* presenta efectividad en el control de adultos de *R. palmarum*, para hembras y machos, logrando porcentajes de mortalidad del 99,40 % de concentración 1 x 10^8 a los 15 días de evaluación (Guevara, 2018).

2.11. Beneficios socio económicos y ambientales por el uso de bioinsecticidas a base de conidios de *B. bassiana*

Para controlar estos insectos y otras plagas que amenazan la agricultura, se han utilizado diferentes controles de tipo mecánico, orgánico, químico y biológico; pero el uso indis-criminado de insecticidas químicos ocasiona problemas en la salud de los trabajadores y daños irreparables del medio ambiente con mucha incidencia de enfermedades laborales en el sector agrícola, teniendo en cuenta esto, se busca reducir los impactos con la sustitución de químicos por controles biológicos, como los bioinsecticidas y para este estudio a base de esporas filamentosas de hongos entomopatógenos (Cuervo, López, Trujillo, Fernández y Vélez, 2018).

En estudios realizados se reporta que los hongos entomopatógenos son relativamente seguros para enemigos naturales e insectos benéficos (Castro y Martínez, 2019). Por otro lado, los

bioplaguicidas basados en *B. bassiana*, generalmente son seguros y no presentan ningún peligro serio para animales superiores, tampoco se han observado efectos sobre abejas en el campo (Cano et al., 2004).

Nava, García, Camacho y Vázquez (2012) sugieren que el uso de hongos entomopatógenos permite mantener la productividad del campo sin contaminarlo y sin poner en riesgo la salud de la población que entra en contacto directo o en forma indirecta con estos insumos. Sin embargo, es necesario realizar estudios de impacto ambiental del lugar donde se utilicen, ya que si el agente biológico que se está utilizando no es originario de la región donde se esté aplicando, se corre el riesgo de la introducción de nuevas cepas u organismos que pueden en algunos casos, traer consigo un desplazamiento de las especies que ya están establecidas.

CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

En el siguiente estudio se utilizó un diseño de investigación exploratoria documental sobre la situación actual del conocimiento del potencial uso del hongo entomopatógeno *B. bassiana* para el control biológico de plagas en cultivos tropicales de la Amazonía Ecuatoriana**.**

3.2. Métodos de Investigación

Para el cumplimiento del objetivo 1, se realizó revisiones sistemáticas que permitió recopilar y sintetizar artículos de investigaciones científicas primarias u originales (Ferreira, Urrutia y Coello, 2011), relacionados con el uso de *B. bassiana* en el control de insectos plagas de cultivos tropicales. Para ello, se consultó las bases de datos Scopus, Science Direct, Springerlink, Annual Reviews, Scielo, Redalyc, Latindex y Google Académico, al igual que libros y tesis de posgrado y pregrado relacionados con el uso de *B. bassiana*.

Se realizó la búsqueda sistemática y exhaustiva de todos los artículos relevantes, con énfasis en resultados de eficacia en insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de laboratorio y campo (Ferreira, Urrutia y Coello, 2011).

El límite establecido para la elección de las fuentes bibliográficas fue la fecha de publicación no anterior al año 2010. Se tuvo en cuenta artículos de estudios científicos sin restricción con el idioma de publicación, utilizando búsquedas bibliográficas en las bases de datos antes mencionadas por una combinación de palabras clave tanto en inglés como en español que facilitaron su ubicación.

Los términos de búsqueda a consultar fueron: Control biológico con *Beauveria bassiana* OR Biological control with *Beauveria bassiana*, Patogencidad de *Beauveria bassiana* OR *Beauveria bassiana* pathogenicity, Eficacia de *Beauveria bassiana* OR Efficacy of *Beauveria bassiana*, etc.

Luego de la ubicación de los documentos bibliográficos, en una primera fase se procedió a revisar el título, los autores, el resumen y los resultados de cada uno para determinar su selección o exclusión si los resultados son pertinentes y aplicables a nuestro tema de estudio.

En una segunda fase se realizó una lectura crítica de los documentos bibliográficos seleccionados y se procedió a elaborar tablas de análisis y síntesis que contienen el nombre de la cepa de *B. bassiana*, insecto plaga, cultivo, resultados de eficacia en laboratorio y campo con el respectivo autor o autores y la fecha de publicación de los resultados de forma cronológica. Esta tabla facilitó la identificación de los hallazgos que son comunes en los diferentes estudios y contrastarlos.

Para el cumplimiento del objetivo específico 2, se realizó la búsqueda sistemática y exhaustiva de todos los artículos relevantes, en las distintas bases de datos y en el periodo de publicación descrito anteriormente. Los términos de búsqueda a consultar fueron: Producción de conidios *Beauveria bassiana* OR Production of conidia *Beauveria bassiana*, Riesgos ecotoxicológicos de *Beauveria bassiana* OR Ecotoxicological risks of *Beauveria bassiana, Susceptibilidad de Chrysopa a Beauveria bassiana* OR *Chrysopa Susceptibility to Beauveria bassiana*, Susceptibilidad de parasitoides himenópteros al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* OR Susceptibility of the hymenoptera parasitoid, to the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana, Efecto de Beauveria bassiana en insectos no objetivo OR* Effect of *Beauveria bassiana* on non target insects, Compatibilidad de *Beauveria bassiana* con *Cotesia flavipes* OR Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Cotesia flavipes*, Efectos letales y subletales de *Beauveria bassiana OR Lethal and Sub-Lethal Effects of Beauveria bassiana.*

Una vez seleccionada la información bibliográfica, efectuada la lectura crítica se procedió a elaborar tablas de análisis y síntesis que contienen la información de la cepa de *B. bassiana*, resultados en cuanto a sustratos utilizados para la producción masiva de conidios y la compatibilidad con insectos benéficos con sus respectivos autores y año de publicación de forma cronológica.

CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS

Si bien es cierto *B. bassiana* infecta a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, entre las que destacan plagas de importancia económica como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)), gusano barrenador (*Diatrea magnifactella* Dyar), broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Pacheco, Martínez y Arriolla, 2019). En esta compilación, se presenta una revisión actualizada sobre las investigaciones que se han venido realizando sobre el uso del hongo entomopatógeno *B. bassiana* en el control biológico de plagas para ello se resume el porcentaje de eficacia de diferentes cepas de *B. bassiana* empleadas en el control de plagas en diferentes cultivos tropicales a nivel mundial ya sea en condiciones de laboratorio o a campo abierto.

4.1. Descripción de los resultados de estudios de eficacia de *B. bassiana* en el control biológico de insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de laboratorio

En la tabla 3 se muestra las principales investigaciones llevadas a cabo en los cultivos tropicales de mayor importancia económica a nivel mundial y nacional. Guevara (2018), al evaluar distintas cepas y concentraciones del hongo *B. bassiana* en el control del picudo negro (*R. palmarum* L.) determinó que la concentración 1×10^8 conidios.mL^{-1} provocó una mortalidad del 90% en adultos (Anexo 2). En otro estudio León, Campos, Arguelles (2019), determinaron una mortalidad del 43,33% sobre adultos de *R. palmarum* L. al evaluar la cepa Bv063 a una concentración de 1×10^6 conidios.mL^{-1}. Sin embargo, Sánchez et al. (2017), al evaluar una cepa de *B. bassiana* obtuvieron una mortalidad del 53,33 % sobre larvas de tercer instar del mismo insecto a una concentración de $1{,}5 \times 10^{10}$ conidios.mL^{-1}. Por otro lado, al evaluar la eficacia de la cepa CPBb0404 (1×10^{13} conidios.mL^{-1}) sobre la chinche de encaje *(Leptopharsa gibbicarina)*, plaga de importancia económica en la palma produjo una eficiencia de 92,8% sobre adultos de *L. gibbicarina.*

Tabla 3. Resultados de eficacia de *B. bassiana* en condiciones de laboratorio sobre diferentes insectos plagas de cultivos tropicales

Cepa de *B. bassiana*	**Concentración**	**Insecto plaga**	**Cultivo**	**Eficacia (%)**	**Autor**
B. bassiana 063	1×10^{6} conidios.mL^{-1}	Picudo negro*(Rhynchophorus palmarum* L)	Palma Africana *(Elaeis guineensis* Jacq*)*	43,33%	León ,Campos ,Arguelles ,2019
B. bassiana	1×10^{8} conidios.mL^{-1}	Picudo negro*(Rhynchophorus palmarum* L	Palma Africana *(Elaeis guineensis* Jacq*)*	90%	Guevera,2018
B.bassiana	$1{,}5 \times 10^{10}$ conidios.mL^{-1}	Picudo negro*(Rhynchophorus palmarum* L*)*	Palma Africana *(Elaeis guineensis* Jacq*)*	53,33%	Sánchez, et al., 2017
CPBb0404	1×10^{13} conidios.mL^{-1}	chinche de encaje (*Leptopharsa gibbicarina* Froeschner)	Palma Africana *(Elaeis guineensis* Jacq*)*	92,8%	Barrios, et al., 2016
B. bassiana	1×10^{8} conidios.mL^{-1}	Barrenador del tallo *(Diatraea* spp*)*	Caña de azúcar *(Saccharum officinarum* L.*)*	45%	Hernández, Lina, Obregón, Trejo y Peña, 2012
COMPBb01	1×10^{7} conidios.mL^{-1}	Broca del café *(Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867)*)*	*Café (Coffea* spp*)*	94%	Merino,2017
Mezcla Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119)	1×10^{6} conidios.mL^{-1}	Broca del café *(Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867)*)*	*Café (Coffea* spp*)*	91,67%	Jaramillo,Montoya,Benavidez,Gongora,Carmenza,2015
B. bassiana 13	1×10^{7} conidios.mL^{-1}	Broca del café *(Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867)*)*	*Café (Coffea* spp*)*	100%	López, 2017
Bb-18	1×10^{8} conidios.mL^{-1}	Gusano cogollero*(Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith))	Maíz *(Zea mays)*	100%	Jimenez,2018

B. bassiana	1×10^9 conidios.mL^{-1}	Gusano cogollero*(Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)*)*	Maíz *(Zea mays)*	58,93%	Luque,2014
Bb40	1×10^5 conidios.mL^{-1}	Conchuela del frijol *(Epilachna varivestis* Mulsant*)*	Frejol *(Phaseolus vulgaris* L*)*	98,3%	Ocampo,2010
B. bassiana 26	$1{,}76 \times 10^9$ conidios.mL^{-1}	Gorgojo del banano(*Cosmopolites sordidus* Germar)	Banano*(Musa paradisiaca)*	82,72%	Gil,2017
BI12H	7×10^7 conidios.mL^{-1}	Gorgojo del banano(*Cosmopolites sordidus* Germar)	Banano*(Musa paradisiaca)*	90%	Fernández y Paico,2018
B. bassiana 301	1×10^9 conidios.mL^{-1}	Chinche de la espiga del arroz *(Oebalus poecilus* Dallas*)*	Arroz *(Oriza sativa* L.*)*	43%	Rampoldi, 2017
Bb SENASA	1×10^8 conidios.mL^{-1}	Gusano defoliador *(Dione juno* Cramer*)*	Maracuyá *(Passiflora edulis* Sims*)*	84%	Malpartida, Narrea y Dale, 2013
B. bassiana nativa	1×10^9 conidios.mL^{-1}	Mosca del mediterraneo *(Ceratitis capitata* Wiedmann*)*	Papaya *(Carica papaya* L.*)*	97,3%	Porras y Lecuona, 2008
B. bassiana nativa	1×10^9 conidios.mL^{-1}	Crisomélido fitófago masticador((*Syphrea* spp)	Sacha inchi*((Plukenetia volubilis* L)	86,11%	Rimachi,2018

El barrenador del tallo (*Diatraea* spp.) *y* salivazo (*M. andigena*) son dos de las principales plagas de la caña de azúcar (*S. officinarum*). En el control del primer insecto plaga se ha ensayado con la cepa Bb5 (1×10^8 conidios.mL^{-1}) la que provocó una mortalidad del 82,5% a los 7 días después de la inoculación (Hernández, Lina, Obregón, Trejo y Peña, 2012).

En el control de la broca del café (*H. hampei*) se han realizado varios estudios donde *B. bassiana* ha provocado un alto control de este insecto. Por ejemplo López (2017), observó una mortalidad del 100% con la cepa de *B. bassiana* 13 a una concentración de 1×10^7 conidios.mL^{-1} (Anexo 3). En otro estudio, Merino (2017) con la cepa COMPBb01 a una concentración de 1×10^7 conidios.mL^{-1} obtuvo una mortalidad del 94% sobre adultos en un lapso de 9,4 días. Por otro lado, Jaramillo, Montoya, Benavidez, Góngora y Carmenza, (2015) al utilizar una mezcla de cepas de *B. bassiana* de Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119) a una concentración de 1×10^6 conidios.mL^{-1} registraron una mortalidad del 91,67%, afectando la capacidad de ovoposición del insecto plaga.

Una de las principales plagas del cultivo del maíz (*Z. mays)* es el gusano cogollero (*S. frugiperda*), sobre el cual se han realizado varios estudios de control con *B. bassiana*. Entre estos, el estudio de Jiménez (2018), quien demostró que la cepa Bb-18 (1×10^8 conidios.mL^{-1}) es factible para el control de *S. frugiperda* ya que produjo el 100% de infección en los primeros instares larvales. Sin embargo, en el estudio realizado por Luque (2014), obtuvo una mortalidad del 58,93% sobre larvas de este insecto a una concentración de 1×10^9 conidios.mL^{-1} (Anexo 6).

En el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) una de las principales plagas es la conchuela (*Epilachna varivestis* Mulsant). Para el control de este insecto han aplicado la cepa Bb40 a una concentración (1×10^5 conidios.mL^{-1}), la cual produjo una mortalidad del 98,3% sobre adultos y larvas de tercer estadio (Ocampo, 2010).

En el caso del cultivo del plátano y banano uno de los problemas fitosanitarios constituye el picudo *C. sordidus*, el cual causa daños y pérdidas económicas. Como estrategia de biocontrol se ha evaluado la cepa de *B. bassiana* BI12H (Anexo 1) a una concentración de 7×10^7 conidios.mL^{-1}, está provoco una mortalidad del 90% (Fernández y Paico, 2018). En otro estudio, Gil (2017), al evaluar la efectividad de dos cepas de *B. bassiana* y una cepa de

M. anisopliae para el control de *C. sordidus* bajo condiciones de laboratorio determinó que la cepa de *B. bassiana* 26 ($1{,}76 \times 10^9$ conidios.mL^{-1}) fue la que provocó una alta mortalidad con 82,72% y fue la que más rápido alcanzo el tiempo letal medio con 9,74 días (Anexo 4).

En el cultivo de arroz, una de las principales plagas constituye la chinche de la espiga, (*Oebalus poecilus* Dallas, 1851), esta plaga puede ocasionar pérdidas de hasta el 80% en el cultivo de Arroz (*O. sativa*), para el control de este insecto utilizaron la cepa *B. bassiana* 301 (1×10^9 conidios.mL^{-1}) la cual produjo una mortalidad de 43% a los 8 días (Rampoldi, 2017).

El gusano defoliador (*D. juno*) es la principal plaga del maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Sobre este insecto plaga, Malpartida, Narrea y Dale (2013) al aplicar la cepa comercial Bb-SENASA de *B. bassiana* a una concentración de 1×10^8 conidios. mL^{-1} determinaron mortalidades del 84% de larvas de tercer estadio, además presentó alta capacidad para disminuir drásticamente el consumo de alimentos al segundo día de aplicación (Anexo 7).

Uno de los problemas fitosanitarios de frutales como la papaya constituyen las moscas de la fruta (*Ceratitis capitata* Wiedmann). En la búsqueda de alternativas ecológicas de control de este insecto plagas, Porras y Leucona (2008) al evaluar el efecto de cepas nativas de *B. bassiana* (1×10^9 conidios.mL^{-1}) registraron una mortalidad de 97, 3 % sobre adultos de *C. capitata.*

En sacha inchi, *Plukenetia volúbilis* L. se reporta al crisomélido *Syphrea* sp, como una de las principales plagas. En la búsqueda de un agente de control biológico de este insecto plaga, Rimachi (2018) al determinar la eficacia de una cepa nativa de *B. bassiana* a una concentración de 1×10^9 conidios.mL^{-1}, registró una eficacia del 86,11% sobre adultos (Anexo 5).

4.2. Descripción de los resultados de estudios de eficacia de *B. bassiana* en el control biológico de insectos plagas de cultivos tropicales en condiciones de campo

La broca del café, *H. hampei*, es el principal problema entomológico que afecta la producción de café. Jaramillo, Montoya, Benavidez, Góngora y Carmenza, (2015) al evaluar la mezcla de cepas de *B. bassiana* de Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119) a una concentración de 1×10^6conidios.mL^{-1}) registraron una mortalidad de adultos del 95% a los 4,54 días en condiciones de campo. En otro estudio, Sampedro, Villanueva y Rosas (2008) al evaluar la eficacia de una cepa de *B. bassiana* a una concentración de 1×10^{11} conidios.mL^{-1}. Sobre las brocas dentro de los granos del café verificaron una eficacia del 66,6 %.

El escarabajo ambrosia (*Xyleborus affinis* Eichhoff) es la principal plaga del aguacate (*Persea amaricana* Mill) para el control de este insecto se empleó la cepa *B. bassiana* 485 (1×10^8conidios.mL^{-1}) la cual produjo una eficacia del 58% sobre hembras adultas (Castrejón, Guerra, Montesinos, Ramos, Garza y Arredondo, 2020).

Tabla 4.Resultados de eficacia de *B. bassiana* en condiciones de campo sobre diferentes insectos plagas de cultivos tropicales

Cepa de *B. bassiana*	**Concentración**	**Insecto plaga**	**Cultivo**	**Eficacia (%)**	**Autor**
B. bassiana	1×10^{11} conidios.mL^{-1}	Broca del café *(Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867)*)*	Café *(Coffea* spp*)*	66,66%	Sampredo,Villanueva,Rosas,2008
Mezcla Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119)	1×10^{6} conidios.mL^{-1}	Broca del café *(Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867)*)*	Café *(Coffea* spp*)*	95%	Jaramillo,Montoya,Benavidez , Gongora y Carmenza, 2015
B. bassiana 485	1×10^{8} conidios.mL^{-1}	Escarabajo ambrosia*(Xyleborus affinis* Eichhoff*)*	Aguacate *(Persea amaricana* Mil*)*	58%	Castrejón, Guerra, Montesinos, Ramos, Garza y Arredondo, 2020

4.3. Identificación de los distintos sustratos que garanticen una mayor producción de conidios y resultados de estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con especies de insectos benéficos

Al evaluar la producción de conidios del hongo entomopatógeno *B. bassiana*, con el sustrato a base de *O. sativa* y dos ambientes atmosféricos (aire normal y CO_2 al 5 %), obtuvieron una producción máxima de conidios por g de sustrato con aire normal ($1{,}14 \times 10^9$ conidios.g^{-1}) mientras que con 5 % de CO_2 la obtención de conidios disminuyó hasta 85 % ($1{,}8 \times 10^8$ conidios^{-1}), esto evidencia que la producción de conidios del hongo tienen un mayor desarrollo al aire libre, ya que las condiciones ambientales son las ideales para su desarrollo (Garza-López et al., 2011).

En otro estudio al evaluar la producción de conidios de dos cepas nativas de *B. bassiana* (HIB-4 e HIB-7) en un cultivo bifásico utilizando arroz, avena, cebada, maíz, sorgo y trigo como sustratos; obtuvieron una mayor producción de conidios con el sustrato a base de avena la cual fue de $5{,}00 \times 10^8$ conidios. g^{-1} y la menor producción registraron en la cebada con $1{,}72 \times 10^8$ conidios. g^{-1} (Rodríguez-Gámez et al., 2017).

Por otro lado, Merino, Tinoco, Jaramillo y Arreguín (2016), al evaluar la producción de conidios en combinaciones de sustratos obtuvieron una mayor producción en la combinación de maíz con melaza 2,5g y leche 0,25g con una producción promedio $2{,}05 \times 10^9$ conidios. g^{-1} y, la más baja en arroz con melaza 2,5 g y levadura 0.25g con una producción media de $1{,}20 \times 10^9$ conidios. g^{-1}.

En la búsqueda de una mayor producción de conidios. Díaz (2015), al evaluar diferentes combinaciones de subproductos como cascara de maní molida, cascarilla de arroz, coronta de maíz molido y maíz amarillo molido con otros aditivos como ñelen, levadura de cerveza, carbonato de calcio $CaCO_3$, logró obtener una mayor producción de conidios ($5{,}98 \times 10^9$ conidios.g^{-1}) con el sustrato a base de cáscara de maní molida + ñelen + levadura de cerveza (Anexo 8) y una producción baja de 5,26x x10^9 conidios.g^{-1}con el sustrato a base de cascara de maní molida + ñelen + CaCO3(anexo 10). Es posible que el carbonato de calcio haya influido en la menor producción de conidios.

Tabla 5. Resultados de la producción de conidios de *B. bassiana* en diferentes sustratos

Cepa de *B. bassiana*	**Producción de conidios**	**Sustrato utilizado**	**Autores**
B. bassiana (Bals. -Criv.) Vuill	1.14× 10^9conidios.g^{-1}	Arroz (*Oryza sativa* L.) con aire normal	Garza- López et al., 2011
	1.8× 10^8conidios.g^{-1}	Arroz (*Oryza sativa* L.) con 5 % de CO2	
Cepas nativas de *B. bassiana* (HIB-4 e HIB-7)	3,15× 10^8conidio.g^{-1}	Arroz	Rodríguez-Gámez et al., 2017
	5,00× 10^8conidios.g^{-1}	Avena	
	1,72× 10^8conidios.g^{-1}	Cebada	
	2,68x 10^8conidios.g^{-1}	Maíz	
	2,68x 10^8conidios.g^{-1}	Sorgo	
	2,38 × 10^8conidios.g^{-1}	Trigo	
B. bassiana (Bálsamo) Vuillemin	1,89× 10^9conidios.g^{-1}	(arroz-melaza-2,5 y leche-0.25g)	Merino et al., 2016
	1,28× 10^9conidios.g^{-1}	(arroz-melaza-0,5 y levadura-0.5g)	
	2,05x 10^9 conidios.g^{-1}	(maíz-melaza-2,5 y leche-0,25)	
	1.20× 10^9 conidios.g^{-1}	(arroz-melaza-2,5 y levadura-0.25g)	
Cepa aislado de *B.bassiana* HIB-4	1.82× 10^9conidios.g^{-1}	Arroz (*Oryza sativa* L.)	Gandarilla-Pacheco et al., 2013
Cepa *B. bassiana* GHA	2,35x10^8 conidios.g^{-1}	Arroz (*Oryza sativa* L.)	

B. bassiana (Bálsamo) Vuillemin	$3,4x10^{10}$ conidios.g^{-1}	Polvo de arroz	Paddy et al., 2009
	$3x10^{10}$ conidios.g^{-1}	Polvo de maíz	
	$2,1x10^{10}$ conidios.g^{-1}	Polvo de sorgo	
B. bassiana	2,69 x 10^{9}conidios.g^{-1}	Arroz blanco pulido	Pham et al., ,2010
	1,43 x10^{9}conidios.g^{-1}	Arroz marrón	
B. bassiana	1,1 - 1.2 × 10^{10}conidios.g^{-1}	Paja de arroz y salvado de trigo	Kang et al., 2005
B. bassiana	5,98 x 10^{9}conidios.g^{-1}	Cáscara de maní molido + ñelen + levadura de cerveza	Díaz, 2015
	5,93 x10^{9} conidios.g^{-1}	Coronta de maíz molido + ñelen + levadura de cerveza	
	5,74 x10^{9} conidios.g^{-1}	Maíz amarillo molido + ñelen + CaCO3	
	5,26x x10^{9} conidios.g^{-1}	Cascara de arroz molida + ñelen	
	3,33x 10^{9} conidios.g^{-1}	Cascara de maní molido + ñelen + CaCO3	

Gandarilla-Pacheco et al. (2013), al evaluar la producción en fase sólida (grano de arroz), del aislado de *B. bassiana* de HIB-4 a los 14 días de incubación, registraron una producción de $1,82 \times 10^9$ conidios. g^{-1} y la cepa GHA produjo $2,35 \times 10^8$ conidios. g^{-1} (anexo 9).

Al evaluar la producción de conidios *B. bassiana* en diferentes sustratos como: polvos de arroz, maíz y sorgo, determinaron una mayor producción con el polvo de arroz ($3,4 \times 10^{10}$ conidios. g^{-1}), mientras que con el segundo sustrato expreso una concentración 3×10^{10} conidios. g^{-1} de sustrato y por último el sustrato de polvo de sorgo presento una menor producción de conidios con $2,1 \times 10^{10}$ conidios. g^{-1}de sustrato (Paddy, Villalba, Revelo y Cupull, 2009).

El tipo de arroz también influye en la producción de conidios. Por ejemplo, la producción de conidios de *B. bassiana* con sustrato arroz blanco pulido produjo una mayor producción con $2,69 \times 10^9$ g de conidios/ 100 g de sustrato y mientras que con arroz marrón arroz la producción fue de $1,43 \times 10^9$ g de conidios /100 g de sustrato (Pham, Kim y Kim, 2010).

4.4. Resultados de estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con especies de insectos benéficos

Al evaluar la cepa Bb122 de *B. bassiana* sobre el parasitismo natural de *Anagyrus kamali* (Moursi) (Hymenoptera: Encyrtidae) (anexo 12), a una concentración de 1×10^8 conidios. mL^{-1} a los 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 días después de la aplicación. Se determinó que el parasitismo de *A. kamali* no fue afectado por *B. bassiana* por lo que se demostró que es compatibles con el parasitoide *A. kamali*, permitiendo así la asociación de esas dos formas de control (Mora-Aguirre et al., 2019).

Varios autores han demostrado que existe una alta compatibilidad de *B. bassiana* con diferentes insectos benéficos como el parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae), *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), *Dicyphus tamaninii* Wagner (Hemiptera: Miridae), *Heteromurus nitidus* Templeton (Collembola: Entomobryidae) y *Chrysoperla exotera* Navás (Neuroptera: Chrysopidae) (Portilla, Gordon y Randall, 2020).

En otro estudio al evaluar la compatibilidad de la cepa LBb-1 a las concentraciones de 1 x 10^7 y 1 x 10^8 conidios. mL^{-1} con el depredador *C. exterior* determinaron que las suspensiones conidiales del hongo no afectaron ninguna de las fases de desarrollo del insecto, por lo que los dos controles biológicos pueden utilizarse conjuntamente para el control de plagas agrícolas en los sistemas de producción (Estévez, Massó, Abreu y Baro, 2011).

Por otra parte, al aplicar *B. bassiana* sobre pupas y adultos de *C. flavipes (*anexo 13) no tuvo ningún efecto por lo que son compatibles con este parasitoide, permitiendo así la asociación de estas dos formas de control (Rossoni, Oliveira, De Souza, Fagundes, Perassa, Hidalgo y Cola, 2014). Por otro lado, el insecto *C. externa* (anexo 11) depredador de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* podría ser empleada como entomófago en un esquema de manejo integrado de *T. vaporariorum* en cultivos de tomate, conjuntamente con *B. bassiana* (Castro y Martínez, 2019).

En estudios realizados con diversos aislados fúngicos de *B. bassiana* sobre la avispa parasitoide *Habrobracon hebetor* Say se demostró que el hongo tuvo poco impacto adverso sobre la avispa parasitoide, por lo tanto, pueden usarse junto con estos parasitoides en programas de manejo integrado de plagas (MIP) en los cultivos de interés (Mahdavi, Saber, Rafiee-Dastjerd y Mehrvar, 2013).

Tabla 6. Resultados de estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con insectos benéficos

Cepa de *B. bassiana*	**Compatibilidad con insectos benéficos**	**Especies de insectos benéficos**	**Autores**
Cepa Bb122 *B. bassiana*	*Anagyrus kamali* (Moursi)	Hymenoptera: Encyrtidae	Mora- Aguirre et al., 2019
Cepa NI8 de *B. bassiana*	*Coccinella septempunctata* L.	Coleóptera: Coccinellidae	Portilla et al., 2020
	Chrysoperla carnea (Stephens)	Neuroptera: Chrysopidae	
	Dicyphus tamaninii (Wagner)	Hemíptera: Miridae	
	Heteromurus nitidus (Templeton)	Collembola: Entomobryidae	
B. bassiana (Bálsamo) Vuillemin, CEPA LBB-1	*Chrysopa exterior* (Navás)	Neuroptera	Estévez et al., 2011
B. bassiana	*Cotesia flavipes* (Cameron)	Hymenoptera: Braconidae	Rossoni et al., 2014
B. bassiana	*Chrysoperla externa* (Hagen)	Neuroptera: Chrysopidae	Castro et al., 2019
B. bassiana	*Habrobracon hebetor* (Say)(Braconidae)	Himenóptero	Mahdavi et al., 2013
B. bassiana (Bálsamo) (aislado Bb.5335)	*Coccinella septempunctata* L.	Col., Coccinellidae	Thungrabeab et al., 2007
	Chrysoperla carnea (Stephens)	Neuroptera: Chrysopidae	
	Dicyphus tamaninii (Wagner)	Heteroptera: Miridae	
	Heteromurus nitidus (Templeton)	Hexapoda: Collembola	

Conclusiones

- En diferentes estudios realizados en condiciones de laboratorio los aislamientos de *B. bassiana* alcanzaron el 100% de mortalidad con las cepas *B.bassiana* 13 (1×10^{7}conidios.mL^{-1}) y *B. bassiana* 18 (1×10^{8} conidios.mL^{-1}*)* en el control de *H. hampei y* gusano cogollero y en condiciones de campo la mezcla de cepas de Cenicafé (Bb9001, Bb9024, Bb9119) produjeron una efectividad del 95% sobre *H. hampei*, a una concentración de 1×10^{6} conidios.mL^{-1}.

- Los diferentes estudios evidencian que para garantizar una mayor producción de conidios en la etapa de multiplicación masiva de *B bassiana* se puede utilizar el sustrato combinado de cascara de maní molido + ñelen + levadura de cerveza con el cual se obtiene un alto rendimiento de conidios 5,98 x 10^{9}conidios.g^{-1}.

- Los reportes científicos evidencian que *B. bassiana* es compatible con insectos benéficos como: Anagyrus kamali (Moursi), Cotesia flavipes (Cameron) y Chrysoperla externa (Hagen). Por lo que constituye una alternativa ecológica su utilización en el control biológico de plagas.

Recomendaciones

- Realizar investigaciones experimentales en cuanto a la evaluación de la eficacia de aislamientos de *B. bassiana* en el control de insectos plagas de cultivos en condiciones de laboratorio y campo.

- Validar la producción de conidios de *B. bassiana* en diferentes combinaciones de sustratos considerando la disponibilidad y sus costos en la zona de estudio.

- Realizar diferentes estudios de compatibilidad de *B. bassiana* con especies de insectos benéficos presentes en la Amazonia ecuatoriana.

REFERENCIAS

Alatorre, R. (2003). Hongos entomopatógenos. XIV Curso Nacional de Control Biológico, Guadalajara, Jalisco, 2003.

Armendáriz, I., Landázuri, P., Taco, J., Ulloa, S. (2016). Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. Agronomía Mesoamericana. 27(2): 319-327. https://dx.doi.org/10.15517/am.v27i2.20552

Arubla, P., Cárdenas, M., Posada, F. (2010). Efecto de la humedad relativa sobre la germinación de las esporas de *Beauveria bassiana* y la patogenicidad a la broca del café *Hypothenemus hampei*. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. 13(1): 67-76.

Baca, L. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria (Disertación previa a obtener el título de Economista) Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.

Bautista, E., Mesa, L., Gómez, M. (2018). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. Scientia Agropecuaria. 9(4): 585-604.

Barrios, C., Bustillos, A., Ocampo, K., Reina, M., Alvarado, H. (2016). Eficacia de hongos entomopatógenos en el control de *Leptopharsa gibbicarina* (Hemiptera: Tingidae) en palma de aceite. Revista Colombiana de Entomología. 42 (1): 22-27.

Bastidas, A. (2010). Diversidad genética de una colección de hongos entomopatógenos mediante marcadores moleculares AFLP. (Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de B.S en Biotecnología). Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

Bonnet, C. (2017). Caracterización molecular de genes del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* involucrados en la captación y degradación de hidrocarburos de insecto (Trabajo de tesis Doctoral) Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. INIBIOLP.

Borja, J. (2013). Factibilidad financiera para el establecimiento de un vivero y la siembra de 1000 plantas de palma africana en la hacienda terranova en el cantón Muisne, parroquia San Gregorio. (Disertación de grado previa la obtención del título de ingeniería comercial). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Cano, E., Carballo, M., Chaput, P., Fernández, O., González, L., Gruber, A., Guharay, F., Hidalgo, E., Narváez, C., López, J., Rizo, C., Rodríguez, A., Rodríguez, C., Salazar, D. (2004). Control biológico de plagas agrícolas. Recuperado de https://www.ciaorganico.net/documypublic/525_CONTROL_BIOLOGICO_DE_PLAGAS_AGRICOLAS.pdf

Cardenas, A., Villalba, D., Bustillo, A., Montoya, E., Gongora, C. (2007). Eficacia de mezclas de cepas de hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del cafe. Cenicafe. 58(4): 293-303.

Castillo, C., Cañizales, L., Valera. R., Godoy, J., Guedez, C., Olivar, R., Morillo, S. (2012). Caracterización morfológica de *Beauveria bassiana*, aislada de diferentes insectos en Trujillo – Venezuela. Revista Academia. 11(23): 275-281.

Castrejón-Antonio, J., Tamez-Guerra, P., Montesinos-Matías, R., Ek-Ramos, M., Garza-López, P., Arredondo-Bernal, H. (2020). Selection of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) strains to control *Xyleborus affinis* (Curculionidae: Scolytinae) females. Recuperado de: 10.7717/peerj.9472. Collection 2020

Castro, M. y Martínez, J. (2019). Compatibilidad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con *Chrysoperla externa* depredador de *Trialeurodes vaporariorum*. Chilean journal of agricultural & animal sciences. 35(1): 38-48. DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000104

Cedeño, V., Ames, T. (2004). Manual de Laboratorio para el manejo de Hongo entomopatógenos. Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=lFfNuqTeit8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=medios+de+cultivo+que+requiere+beauveria+bassiana+para+su+crecimeinto&ots=XBK0xKEKd8&sig=k8Es3a9PLybfe5d8eoHNZJyE0m4#v=onepage&q&f=false

Cedeño, R., Zambrano, A. (2017). Influencia de cuatro densidades de siembra sobre el rendimiento de dos variedades de plátano tipo "horn plantein". (Previo a la obtención del título de ingeniero agrícola) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.

Coveña, S. (2015). Respuesta del maíz (*Zea Mays*) al bioinsecticida de cedro rojo (Cedrelaodorata) en cebo y aspersión para controlar al cogollero *(Spodoptera frugiperda)* (Previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo) Universidad de Guayaquil. Guayaquil. Ecuador.

Córdova, K. Loor, A. (2014). Prolongación de vida útil de la papaya (C*arica papaya*) en percha por inmersión en soluciones de propóleo en etanol. (Tesis previa la obtención del título de ingeniero agroindustrial). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.

Cuervo, R., López, I., Trujillo, J., Fernández, F., Vélez, S. (2018). Riesgos en salud laboral asociados al uso de un bioinsecticida con esporas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma lignorum*. Entramado. 14(2): 244-255. DOI: http://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4762

Díaz, C. (2015). Optimización de sustratos a base de residuos orgánicos para la producción de hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii* y *Metarhizium anisopliae*. (Para optar el título profesional de Ingeniero agrónomo). Universidad Nacional de San Martin. Tarapoto, Perú.

Domsch, K., Gams, W., Anderson, T. (1980) Compendium of Soil Fungi. Recuperado de: https://books.google.es/books/about/Compendium_of_Soil_Fungi.html?id=g_UgAQAAIAAJ&hl=es.

Erper, I., Saruhan, I., Akca, I., Aksoy, H., Tuncer, C. (2016). Evaluation of some entomopathogenic fungi for controlling the Green Shield Bug, *Palomena prasina* L. (Heteroptera: Pentatomidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 26:573–578.

Estévez, O., Massó, E., Abreu, R., Baró, D. (2011). Susceptibilidad de *Chrysopa exterior* Navás a *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin Cepa LBB-1 en condiciones de Laboratorio. Fitosanidad. 15(1): 51-57.

Evans, H. (1993). Uso actual y potencial de los hongos entomopatógenos para el control biológico de artrópodos plagas. Revista Palmas. 14(1): 9-14.

Fernández, C., Paico, S. (2018). Concentración mínima efectiva del entomopatógeno *Beauveria bassiana* expuesta a radiación UV-C sobre *Spodoptera frugiperda y Cosmopolites sordidus. (*Tesis para optar el título profesional de licenciada en biología). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.

Ferreira, I., Urrutia, G., Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y meta análisis: bases conceptuales e interpretación. Revista española de cardiología.64 (08): 688-696. DOI: https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029

Gandarilla-Pacheco, F., Galán-Wong, J., Arévalo-Niño, K., Elías-Santos, M., Quintero-Zapata, I. (2013). Evaluación de aislados nativos mexicanos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae) provenientes de zonas citrícolas para su producción masiva en cultivo sumergido y bifásico. Agrociencia. 7(3): 255-266.

Gandarilla-Pacheco, F., Morales-Ramos, L., Pereyra-Alférez, B., Elías-Santos, M., Quintero-Zapata, I. (2018). Producción de unidades infectivas de *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) a partir de aislados nativos del noreste de México mediante 3 estrategias de propagación. Revista Argentina

de Microbiología. 50(1):81-89**.** DOI: https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.008

García, M., Cappello, S., Lesher, J., Molina, R. (2011). Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Horizonte Sanitario. 10(2): 26.

García-Gutiérrez, C., Gonzales-Maldonado, M., Medrano-Roldan, H., Solís-Soto, A. (2013). Estudio de las condiciones de mezclado en fermentador para la producción de blastosporas de *Beauveria bassiana.* Revista Colombiana de Biotecnología. 15(2): 47-54. DOI:http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v15n2.35118

García, M., Cappello, S., Lesher, J., Molina, R. (2008). Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico, Kuxulkab. *15*(27).DOI: https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a15n27.846

García-Gutiérrez, C., Gonzales-Maldonado, M., Cortez-Moncada, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Revista de Sociedad, Cultural y Desarrollo Sustentable. 8(3): 57-70.

García, C., Gonzales, M., Bautista, N. (2011). Patogenicidad de aislamientos de hongos entomopatógenos contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). Revista Colombiana de Entomología. 37(2): 217-222.

Garza-López, P., Konigsberg, M., Saucedo-Castañeda, G., Loera, O. (2011**).** Perfiles diferenciales de *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. en repuesta al CO2: producción de conidios y amilasas. Agrociencia. 45(7): 761-770.

Garza, C. (2014). Evaluación de residuos agroindustriales como fuente de carbono en la producción de hongos entomopatógenos (Tesis para obtener el título de maestra en ciencias en producción agrícola). Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León.

Gil, J. (2017). Evaluación de dos cepas de *Beauveria bassiana* (Báls.) y una cepa de M*etarhizium anisopliae* (Metsch.) en el control de adultos del gorgojo del

banano, C*osmopolites sordidus* (coleóptera, curculionidae) bajo condiciones de laboratorio. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Godoy, J., Valera, R., Guédez, C., Cañizales, L., Castillo, C. (2007). Determinación de temperatura y humedad óptima para la germinación y esporulación de cinco aislamientos de *Beauveria bassiana*. Revista de la Facultad de Agronomía. 24(3): 415-425. Recuperado en 21 de junio de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000300002&lng=es&tlng=es

Gómez, H. (2014). *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin Cepa CCB-LE265 "Control de la broca del café". Repositorio Institucional – SENASA. Recuperado de: https://repositorio.senasa.gob.pe:8443/handle/SENASA/249

Guevara, D. (2018). Determinación de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre la Gualpa (*Rhynchophorus palmarum* L.), en condiciones de laboratorio. (Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo – Los Ríos, Ecuador.

Granda, M. (2015). Análisis socio-ambiental en doce parroquias amazónicas de ecuador y su relación con actividades de conservación de bosques nativos (Trabajo de titulación para la obtención del título de bióloga ambiental). Universidad Internacional del Ecuador. Quito, Ecuador.

Herrero, N. (2011). Micovirus asociados a los hongos endofíticos y entomopatógenos *tolypocladium cylindrosporum* y *Beauveria bassiana*. (Tesis en opción al grado de Doctor en Biología). Universidad de Salamanca, Salamanca.

Hernandez-Velazquez, V., Lina-García, L., Obregón-Barboza, V., Trejo-loyo, A., Peña-Chora, G. (2012). Patógenos asociados con los perforadores de caña de azúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae): una revisión. Recuperado de: 10.1155/2012/303589

Iglesias, H., Delgado, I. (2017). Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz) (p. 242). Machala, Ecuador: UTMACH.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, (2018). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria. Recuperado de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Portoviejo, (2014). Cultivo de yuca en el Ecuador. Recuperado de: https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5214/1/INIAPEEPbd436.pdf

Jaramillo, J., Montoya, E., Benavides, P., Góngora, B., Carmenza, E. (2015). *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de broca del café en frutos del suelo. Revista Colombiana de Entomología. 41(1): 95-104. Retrieved June 21, 2020, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000100015&lng=en&tlng=es.

Jiménez, J., López N., Juan C., Soto., A. (2012). Pathogenicity of two enthomopathogenic nematodes on metamasius hemipterus sericeus (coleoptera: curculionidae). Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural. 16(2), 87-97. Retrieved July 27, 2020, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000200009&lng=en&tlng=en.

Jiménez, J. (2018). Abundancia y prevalencia de *Beauveria* spp y *Metarhizium* spp en agroecosistemas de *Zea mays* (L.) y su efecto sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith). (Trabajo de diplomado). Universidad Central "Marta Abreu de las Villas, Santa Clara- Villa Clara, Cuba.

Kang, S., Lee, S., Yoon, C., Kim, S. (2005). Conidia production by *Beauveria bassiana* (for the biocontrol of a diamondback moth) during solid-state fermentarían in a packed-bed biorreactor. Biotechnology Letters. 27: 135-139.

Kozlwska, E., Urbaniak, M., Hoc, N., Grzeszczuk, J., Dymarska, M., Stepien, T., Pląskowska, E., Kostrzewa, E., Janeczko, T. (2018). Cascade biotransformation of dehydroepiandrosterone (DHEA) by *Beauveria* species. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-018-31665-2

León, G., Campos, J., Arguello, J. (2019). Patogenicidad y autodiseminación de cepas promisorias de hongos entomopatógenos sobre *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae). Agron. Mesoam. 30(3): 631-646.

Lovera, A., Belaich, M., Villamizar, L., Patarroyo, M., Barrera, G. (2020). Enhanced virulence of *Beauveria bassiana* against *Diatraea saccharalis* using a soluble recombinant enzyme with endo- and exochitinase activity. Biological Control. 144: 1-11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104211

Litardo, A. (2018). Manejo Integrado de *Sagalassa valida* Walker en el cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). (Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo – Los Ríos, Ecuador.

López, C. (2017). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei* en generaciones reproductivas. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica. 3(3): 639 – 651.

Luque, I. (2014). Concentración optima de conidias de *Beauveria bassiana* para el biocontrol de las larvas de *Spodoptera frugiperda* J.E.Smith (Lepidóptera-Noctuidae) en condiciones de Laboratorio. (Título Profesional de Biólogo-Microbiólogo). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerd, H., Mehrvar, A. (2013). Susceptibility of the Hymenopteran Parasitoid, Habrobracon hebetor (Say) (Braconidae) to the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* Vuillemin and *Metarhizium*

anisopliae Sorokin. ordan Journal of Biological Sciences. 6(1): 17-20. DOI: 10.12816/0000253

Malpartida, J., Narrea, M., Dale, W. (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (lepidóptera: Nymphalidae) en laboratorio. Ecología Aplicada. 12(2): 75-81.

Marmolejo, D., Mejía, R., Hurtado, I., Posso, A., Muñoz, J., (2008). Caracterización molecular de 15 aislamientos de *Beauveria bassiana* asociados con *Cosmopolites* y *Metamasius* en plátano y banano en tres regiones de Colombia. Acta Agronómica. 57(3): 1-7.

Merino, C., Tinoco, O., Jaramillo, M., Arreguín, M. (2016). Evaluación de los suplementos nutritivos sobre sustratos sólidos para la producción en masa de *Beauveria bassiana* (bálsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin nativos en el laboratorio. Rev. del Instituto de Investigación (Riigeo), FIGMMG-UNMSM. 19(37): 25-32.

Merino, C. (2017). Efecto de los sustratos nutritivos en la producción y virulencia de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin sobre un insecto plaga. (Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Mero, G (2017). Niveles de fertilización en la incidencia de plagas en el cultivo de plátano (*Musa*.AAB) C.V Barraganete. (Tesis previa a la obtencion de titulo de Ingeniero Agropecuario). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi. El Carmen, Manabi.

Mora-Aguirre, E., Robles-Bermúdez, A., Domínguez-Monge, S., Isiordia-Aquino, N., Campos-Figueroa, M. (2019). Compatibilidad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con el Parasitismo Natural de *Anagyrus kamali* en Nayarit, México. Southwestern Entomologist. 44(1):297-302. Recuperado de: (21 March 2019). https://doi.org/10.3958/059.044.0131

Morocco, V. (2017). Efectos de hongos negativos entomopatogenos sobre la hembra adulta de *Orthezia olivicola* beingolea 1965 (Hemiptera: Ortheziidae)"

Queresa movil del Olivo". (Tesis previa a la obtencion de titulo profesional de Biologo). Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa. Arequipa, Peru.

Motta, P., Murcia, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. Revista Ambiente y Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. 6(2): 77-90. DOI: 10.4136/ambi-agua.187

Nava, E., García, C., Camacho, J., Vázquez, E. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. Ra Ximhai. 8(3): 17-29.

Noboa, G., Quelal, A. (2015). Diseño e implementacion de un protocolo para mejorar la produccion y conseracion de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* como aporte a los productores de café organico de la asociacion "rio intag",canton cotacachi. (Trabajo de titulacio previo a la obtencion del titulo de : Ingenira en biotecnologia de los recursos naturales) Universidad Politecnica Salesian sede Quito, Quito.

Ocampo, J.(2010). Susceptibilidad de larvas y adultos de la conchuela del frijol, *Epilacha varivestis*(Mulsant.) (Coleoptera: Coccinellidae), a aislados nativos de *Beauveria bassiana*(Balsamo)Vullemin(Hypocreales:Clavicipitaceae).(Tesis previo la obtencion de rado de Maestria en Ciencias Biologicas).Universidad Micoacana de San Nicolas de Hidalgo. Morelia, Michoacan.

Paddy, L., Villalba, M., Revelo, H., Cupull, R. (2009). Producción de esporas de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin sobre polvos de arroz, sorgo y maíz. Centro Agrícola. 36(4):25-32.

Pacheco, M., Martínez, J., Arriola, V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 10(56): 1-32. DOI: https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496.

Palacios, D. (2009). Efectividad de la reproducción en medio de cultivo líquido de la cepa nativa *Beauveria bassiana*, como controlador biológico de la broca del

fruto de cafeto, *hypothenemus hampei* (Para optar al grado de Licenciada en Biología). Universidad del Salvador. El Salvador.

Pham, T., Kim, J., Kim, K. (2010). Optimización de la fermentación en estado sólido para mejorar la producción de conidios de *Beauveria* con un Mycoinsecticida. Recuperado de: http://www.tandfonline.com/loi/tmyb20.

Paredes, M., Nolasco, O., Acuña, R., Gutiérrez, A. (2016). Expresión de genes quitinasas de *Beauveria bassiana* frente a sustratos de *Fusarium oxysporum* y Peronospora variabilis. Scientia Agropecuaria. 7(3): 239-244.

Pereira, V. (2015). Estudio a la aplicación de tres frecuencias y dos dosis de n-p-k más una fórmula de fertilizante foliar en el cultivo de maracuyá (previo a la obtención del título ingeniera agrónoma) Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Peteira, B., González, I., Arias, Y., Fernández, A., Miranda, I., Martínez, B. (2011). Caracterización bioquímica de seis aislamientos de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin. Revista de Protección Vegetal. 26(1):16-22. Recuperado en 20 de junio de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522011000100003&lng=es&tlng=es.

Porras, L., Lecuona, R. (2008). Estudios de laboratorio para el control de *Ceratitis capitata* (Wiedmann) (Diptera: Tephritidae) (Mosca del Mediterráneo) con *Beauveria bassiana*. Revista Agronomía Costarricense. 32 (2): 119 – 128.

Portilla, M., Gordon, S., Randall, L. (2020). Lethal and Sub-Lethal Effects of *Beauveria bassiana* (Cordycipitaceae) Strain NI8 on *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera:Chrysopidae). Florida Entomological Society. 100(3): 627- 633. Recuperado de: https://doi.org/10.1653/024.100.0321

Rampoldi, A. (2017). Control microbiano de la chinche de la panoja del arroz: *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851), mediante el empleo de hongos entomopatógenos. (Tesis presentada para optar al título de Magister). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Rimachi, M. (2018). Virulencia de una cepa nativa de *Beauveria bassiana* sobre un crisomélido fitófago (*Syphrea* sp) del cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en condiciones de vivero. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional De San Martín. Tarapoto, Perú.

Rivera, A. (2010). La caña de azúcar y sus derivados en la huasteca San Luis Potosí México. Diálogos Revista Electrónica de Historia. 11(1): 81-110.

Rodríguez- Gámez, A., Gandarilla-Pacheco, F., Maldonado-Blanco, M., Quintero-Zapata, I., Morales-Ramos, L., Alfaro-Alvares, J., Elías-Santos, M. (2017). Evaluación de sustratos naturales para la producción de conidios de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hypocreales: cordycipitaceae) en cultivo bifásico. Interciencia. 42(11): 739-743.

Romero, M., Salatore, A., López, G., Wilink, E. (2008). Presencia natural de hongos hyphomycetes en larvas invernantes de *Diatraea saccharalis* F. en caña de azúcar en Tucumán, Argentina. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. 85(2): 39-42.

Rossoni, C., Oliveira, S., De Sousa, E., Faguindes, F., Perassa, D., Hidalgo, R., Cola, J. (2014). *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) are Compatible With *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). Florida Entomologist. 97(4): 1749-1804. DOI: 10.1653/024.097.0455

Russo, M. (2016). Hongos entomopatógenos: colonización endofítica y control de insectos plaga en cultivos agrícolas. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de la Plata.

Saranraj, P., Jayaprakash, A., Bhavani, L. (2017).Commercial production and application of bacterial alkaline protease: a review. Asian Journal of Multidisciplinary Research (IAJMR), 3(5): 1228 – 1250.

Sánchez, L. (2013). Potencial del tratamiento de estacas de yuca (*Manihot esculenta*) con los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y M*etarhizium anisopliae* para el manejo de piojo harinoso (*phenacoccus herreni*). (Tesis para optar el título de Biólogo). Universidad de Tolima. Ibagué, Tolima.

Sánchez, O., Sánchez, L., Gutiérrez, K., Aragón, E., Córdova, G. (2017). Control biológico de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L., 1758 (coleóptera: curculionidae) en condiciones de laboratorio. Entomología mexicana. 4: 192−197.

Sampedro, L., Villanueva, J., Rosas, J. (2008). Aislamiento y validación en campo de *Beauveria bassiana* (bálsamo) contra *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en la región cafetalera del municipio de Atoyac de Álvarez, Gro. México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. 4 (2): 199-202.

Sirpa, J., Churata, C., Mollinedo, P., Siles, E. (2014). Evaluación de actividad insecticida y quitinolítica de *trichoderma inhamatum* y *Beauveria bassiana* en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*. Revista Boliviana de Química. 31(1): 5-9.

Thungrabeab, M., Tongma, S. (2007). Effect of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsam) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on non target insects. KMITL Sci.7 (1): Recuperado de: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/cast/article/view/86784

Vela, P. (2018). Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la conservación y producción de cepas nativas del hongo *Beauveria* spp. a partir de la biodiversidad fúngica ecuatoriana. (Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión Sustentable de Recursos Naturales). Universidad técnica del norte instituto de postgrado. Ibarra, Ecuador.

Viteri, O. (2013). Evaluación de la sostenibilidad de los cultivos de café y cacao en las provincias de Orellana y Sucumbíos –Ecuador. (Tesis Doctoral) Universidad Autónoma de Barcelona.

Zapata, K. (2016). Control Biológico y Etológico de picudo negro (Cosmopolites sordidus) en el cultivo de banano en la provincia de El Oro. (Tesis previo a la obtencion del titulo de Ingeniero Agronomo). Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Zúñiga, M., Soto, A. (2018). Control microbiológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) en caña panelera a nivel de campo. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas, 22 (2): 33-41. DOI: 10.17151/bccm.2018.22.2.3

ANEXOS

***B.bassiana* en el control de plagas más relevantes de cultivos tropicales.**



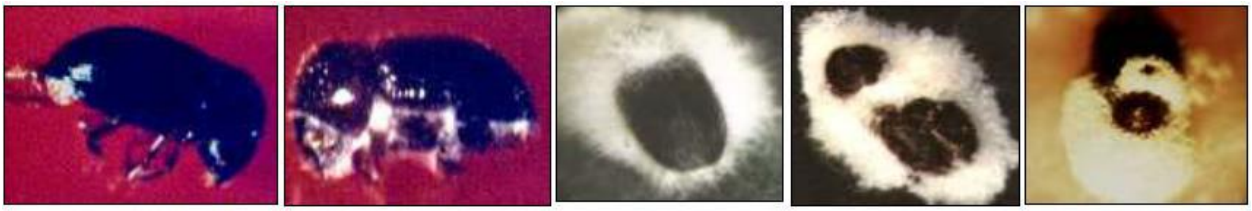
Fuente. Fernández y Paico, 2018

Anexo 1.*C. sordidus* del Banano (*Musa paradisiaca*) en etapa adulta infectado por la cepa de *B. bassiana* BI12H.



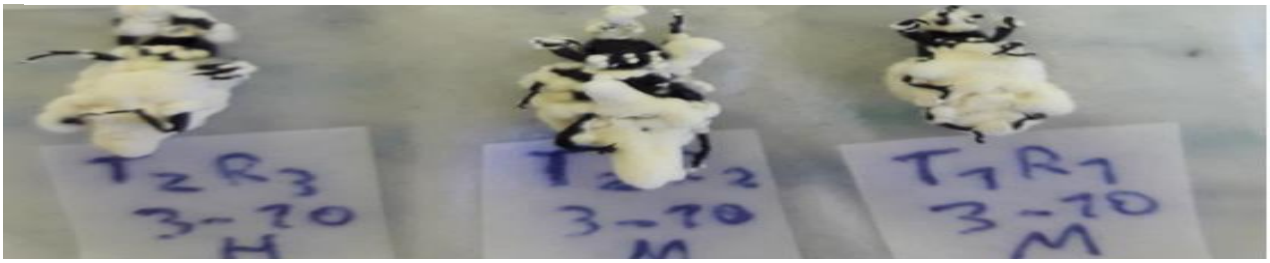
Fuente: Guevara, 2018

Anexo 2.Desarrollo de *B. bassiana*, aislada de *C. sordidus* sobre adultos de picudo negro (*R. palmarum* L) de la Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq).



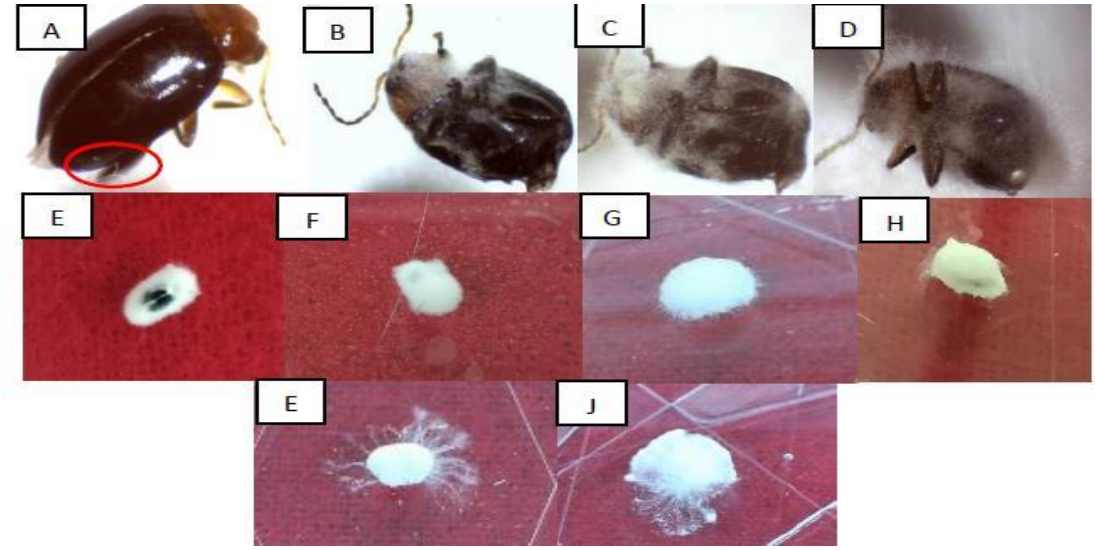
Fuente: Lopez, 2017

Anexo 3.Desarrollo de la Cepa de *B. bassiana* 13 sobre *H. hampei* en etapa adulta del cultivo de Café (*Coffea* spp).



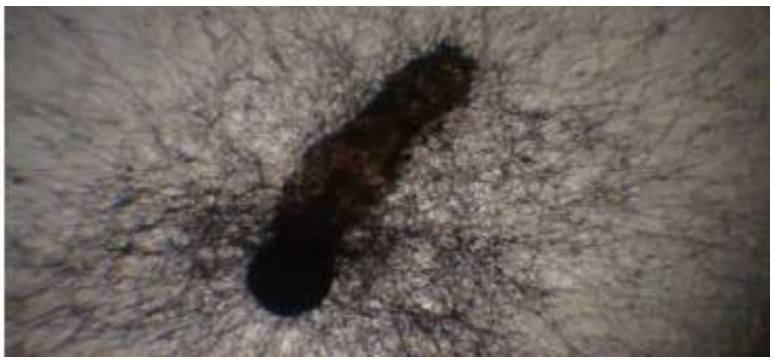
Fuente: Gil, 2017

Anexo 4.Adulto de *Cosmopolites sordidus* con esporulación característica blanca de la cepa *B. bassiana* 26.



Fuente: Rimachi,2018

Anexo 5.Etapas del proceso infectivo (inicio, cubrimiento y esporulación) de *B. bassiana* nativa sobre Crisomélido fitófago masticador ((*Syphrea* spp) del Sacha inchi ((*Plukenetia volubilis* L) en su etapa adulto.



Fuente: Jiménez, 2018

Anexo 6.Larva de Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) infectada cubierta completamente con micelio de *B. bassiana*.



Fuente: Malpartida, Narrea y Dale, 2013

Principales Sustratos empleados para la producción de conidios de *B. bassiana*

Anexo 7.Larvas muertas de *Dione juno* por infección de *B.bassiana* SENASA, se observa también el nulo consumo foliar (Concentración 10^8 conidios mL-1).

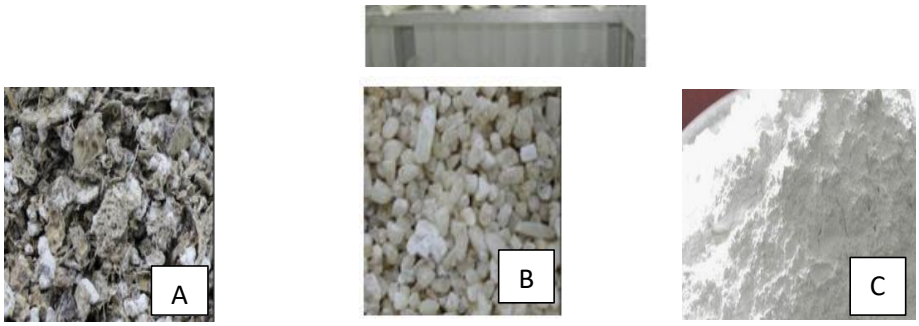


Fuente: Rodríguez-Gámez et al., 2017

Anexo 9. Sustrato grano de arroz producción 2,35 x 10^8 conidios.g-1.

Fuente: Díaz, 2015

Anexo 8.Sustratos combinados de A) cascara de maní molido +B) ñelen +C) levadura de cerveza cuya producción de conidios es de 5,98 x 10^9conidios.g-1.



Fuente: Díaz, 2015

Anexo 10.Sustratos combinados de A) cascara de maní molido + B) ñelen + C) CaCO3 producción de conidios de 3,33 x 10^9 conidios.g-1.

Insectos de especies benéficos asociados con *B. bassiana*



Fuente: Castro et al., 2019

Anexo 11.Adulto de *Chrysoperla externa* Hagen.



Fuente: Mora- Aguirre et al., 2019

Anexo 12.Adulto de *Anagyrus kamali* Moursi



Fuente: Rossoni1 et al., 2014

Anexo 13.Adulto de *Cotesia flavipes* Cameron.