



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Trabajo realizado previo a la obtención del título de
INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

Evaluación de la eficacia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. en el control de picudo rayado de caña de azúcar en condiciones de campo Fátima - Pastaza

AUTOR (A):

Yadira Paola Ramírez Estrada

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. Segundo Valle Ramírez

PUYO – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Yadira Paola Ramírez Estrada**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Evaluación de la eficacia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. en el control de picudo rayado de caña de azúcar en condiciones de campo Fátima - Pastaza**

previa a la obtención del Título de **Ingeniera Agropecuaria**, se ha desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan después de los párrafos correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Pastaza, a los 03 días de enero del 2020

Yadira Paola Ramírez Estrada

Certificación de culminación del Proyecto de Investigación

Certificado del Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico

Certificado de aprobación por Tribunal de Sustentación

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque me ha permitido llegar hasta este momento dándome vida.

Agradezco a mi madre María Estrada, por su apoyo incondicional, a mis hermanos: Marcelo, Grace, Geovanny, Kevin Ramírez por estar siempre listos a ayudar en lo que puedan, a mi esposo Kevin Freire por acompañarme en cada etapa de la elaboración y ejecución del proyecto.

Gracias a la Universidad Estatal Amazónica, a la carrera de Ingeniería Agropecuaria, a todos los docentes que han formado parte de mi formación profesional, por haber impartido sus conocimientos día a día.

De manera muy especial agradezco al Dr. Segundo Valle profesor y tutor del proyecto de titulación, a la Dra. Karina Carrera, el Dr. Roldan Torres y a la M.

Sc Bélgica Yaguache, por haber realizado las respectivas revisiones, correcciones y por sus sugerencias las mismas que han sido necesarias para que este proyecto se desarrolle de una manera muy satisfactoria.

Yadira Paola Ramírez Estrada

DEDICATORIA

Con mucho amor dedico el presente trabajo a Dios y a mi familia, mi madre María Estrada por su apoyo incondicional durante toda mi vida y carrera universitaria.

A mis hermanos Marcelo, Grace, Geovanny y Kevin, gracias por su compañía y confianza, con su cariño, locuras y sobre todo alegría han hecho de mis días los mejores.

A mi esposo, por su apoyo y por compartir conmigo momentos inolvidables.

A mis hermanos en la fe, por sus consejos y apoyo moral.

Yadira Paola Ramírez Estrada

RESUMEN

El picudo rayado *Metamasius hemipterus* constituye uno de los principales problemas fitosanitarios del cultivo de caña de azúcar en la provincia de Pastaza. El objetivo de este estudio fue evaluar una cepa comercial de *Beauveria bassiana*, una cepa nativa de *Metarhizium* spp. y un insecticida (Engeo), aplicados sobre trampas de tallos de caña de azúcar de 50 cm para el control del picudo rayado. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos incluido el control y cuatro repeticiones para un total de 16 unidades experimentales (parcelas de 10 x 10 m). A los seis días de instaladas las trampas, se contabilizó el número de adultos vivos y se procedió con la aplicación de los tratamientos. Cada tres días se contabilizó en cada trampa adultos vivos y muertos. Con los datos registrados se determinó la eficacia de los tratamientos mediante la fórmula de Henderson - Tilton. Se aplicó un análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos. La comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Para valorar costos se consideró los materiales e insumos requeridos en los tratamientos. El tratamiento a base del aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp (T2) alcanzó una eficacia del 38,51% a los 15 días después de la aplicación, mientras que la cepa comercial de *B. bassiana* no mostró ningún valor de eficacia. El tratamiento T2 resultó ser ligeramente más costoso en comparación a los demás tratamientos, pero resulta ser más viable a largo plazo.

Palabras clave: Control biológico, conidios, aislamiento nativo, químico, adulto.

ABSTRACT

The striped weevil *Metamasius hemipterus* is one of the main phytosanitary problems of sugarcane cultivation in the province of Pastaza. The objective of this study was to evaluate a commercial strain of *Beauveria bassiana*, a strain native to *Metarhizium* spp. and an insecticide (Engeo), applied on traps of sugar cane stems of 50 cm for the control of the striped weevil. A randomized block design was used with four treatments including control and four repetitions for a total of 16 experimental units (10 x 10 m plots). Six days after the traps are installed, contact the number of live adults and process them with the application of the treatments. Live and dead adults were counted in every trap every three days. With the recorded data, the efficacy of the treatments was determined using the Henderson-Tilton formula. An analysis of variance was applied to determine the significant differences between treatments. The comparison of treatment means was performed using the Tukey test ($P \leq 0.05$). To assess costs, the materials and supplies required in the treatments were considered. The treatment based on the native isolation TI6301 of *Metarhizium* spp (T2) reached an efficiency of 38.51% at 15 days after the application, while the commercial strain of *B. bassiana* showed no efficacy value. The T2 treatment proved to be slightly more expensive compared to the other treatments, but it turns out to be more viable in the long term.

Keywords: Biological control, conidia, native isolation, chemical, adult.

CONTENIDO

CAPÍTULO I.	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVO	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL:	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
CAPÍTULO II.	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1 IMPORTANCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.2 PRINCIPALES PLAGAS EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.3 ESTRATEGIAS DE CONTROL	6
CAPÍTULO III.	11
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	11
3.1 LOCALIZACIÓN	11
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	11
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	12
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	12
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	12
3.6 MONTAJE Y APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN CAMPO	13
CAPÍTULO IV	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
CAPITULO V.	23
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
CONCLUSIONES	23
RECOMENDACIONES	24
CAPÍTULO VI	25
BIBLIOGRAFÍA	25

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. es cultivada en seis provincias del país siendo las principales productoras Guayas, Loja, Cañar e Imbabura; según estudios del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, la producción total de caña fue de 7 502 251 toneladas métricas, Guayas concentró el 87,1% de esa producción (INEC, 2018).

En la región Amazónica existen provincias productoras de caña de Azúcar, donde Pastaza produce ampliamente el cultivar POJ 93 (Limeña), cuenta con una producción de 927,05 ha de cultivo y representa un rubro importante para la economía provincial, ya que aparte de la fruta se elaboran diversos subproductos como: panela (granulada y en bloques), miel, jugos, alcohol, melaza y diversos confites (Valle et al., 2015).

Uno de los principales problemas que presentan los productores de caña es el ataque de plagas, entre ellas el insecto denominado picudo rayado *Metamasius hemipterus* L. se lo consideró como una plaga de mucha importancia para este cultivo atribuyéndose pérdidas de caña cosechable y sacarosa extraíble (Requejo, 2019). Por otra parte, los hongos entomopatógenos son importantes biopesticidas que se utilizan para controlar plagas invertebradas y juegan un papel muy importante dentro de programas de manejo agronómico (Vargas et al., 2019); tal es el caso de *Beauveria bassiana* (Bals.) y *Metarhizium* spp. (Metsch.) que han sido reconocidos como importantes agentes de control biológico para diversas plagas agrícolas, debido a su eficacia y facilidad de multiplicación (Castro & Martínez, 2019)

Lo anterior expuesto nos permiten visualizar de manera más clara el problema que enfrentan los productores de caña, por ello se hace necesario buscar alternativas ecológicas de control de este insecto plaga mediante el uso de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *Metarhizium* spp., para las condiciones edafoclimáticas específicas de la parroquia Fátima.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN

La incidencia de picudo rayado en los cultivos de caña de azúcar se ha convertido en un problema para los productores de Pastaza, dado que una vez cortada la caña los adultos son atraídos y depositan sus huevos permitiendo el ingreso de agentes de pudrición y fermentación en la caña, las larvas además de alimentarse de los tejidos destruidos o dañados, invaden las partes sanas, permaneciendo en el tallo hasta completar su estado larval, lo cual

afecta seriamente la calidad de los tallos y los subproductos, provocando disminución en los ingresos económicos de las familias; esta situación se debe a que los productores no cuentan con estrategias de control eficientes para disminuir la incidencia de esta plaga en la caña de azúcar.

La presente investigación se enfocó en evaluar la eficacia de dos hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *Metarhizium* spp. en el control del picudo rayado de caña de azúcar, ya que en la actualidad los productores no cuentan con alternativas ecológicas de control haciendo uso mayoritariamente de productos químicos, este trabajo nos permite generar otra alternativa de control de este insecto plaga.

El uso de hongos entomopatógenos es una alternativa de control amigable con el medio ambiente además de la obtención de productos sanos, inocuos y por ende de mejor calidad; son de fácil producción y conservación, una vez inoculados en las áreas de cultivo tiene la capacidad de efectuar un control natural, mediante la diseminación de sus conidios, por lo tanto, no requiere de aplicaciones frecuentes.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible reducir la incidencia del picudo rayado *M. hemipterus* en los cultivos de caña de azúcar del cantón Pastaza utilizando hongos entomopatógenos como *B. bassiana* y *Metarhizium* spp?

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. en el control de picudo rayado de caña de azúcar en condiciones de campo Fátima – Pastaza.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la eficacia de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *Metarhizium* spp., en el control de adultos de picudo rayado de la caña de azúcar, aplicados sobre trampas en condiciones de campo en la parroquia Fátima – Pastaza.
- Valorar los costos de aplicación de los hongos entomopatógenos en estudio para su utilización en condiciones de campo en Pastaza.

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 IMPORTANCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO), considera a la caña de azúcar el cultivo agrícola más importante del planeta, por su importancia en la alimentación humana, además de ser un cultivo amigable con el medio ambiente por su elevada eficiencia fotosintética en comparación con otros cultivos comerciales (UNESCO, 2016).

En Ecuador la industria azucarera es uno de los pilares del desarrollo económico de las zonas bajas de las provincias de Guayas, Cañar, Santa Elena y Los Ríos, que a su vez aporta con la producción de uno de los alimentos importantes de la dieta de los ecuatorianos. Adicionalmente, provee de materia prima para la producción de energía en forma de electricidad y biocombustibles (CINCAE, 2017).

Las provincias amazónicas también cuentan con cultivos de caña de azúcar, de las cuales Pastaza es la que tiene la mayor producción, la misma cuenta con organizaciones y pequeños productores que tienen sus propios terrenos y cultivos; las entidades públicas como: el MAG, el GAD parroquial y la UEA a través de estudiantes de vinculación se encuentran trabajando para elaborar planes de manejo de este producto (MAG, 2018).

La caña de azúcar es uno de los cultivos de mayor importancia económica en el cantón y provincia de Pastaza, ya que genera fuentes de trabajo por la necesidad de mano de obra durante su desarrollo e industrialización. Diversos organismos atacan los cultivos de caña de azúcar, los que se agrupan bajo el contexto plaga; ellos reducen el rendimiento del cultivo e incrementan los costos de producción y afectan la calidad del producto (Cruz & Cajilema, 2012)

2.2 PRINCIPALES PLAGAS EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El cultivo de caña es susceptible al ataque de plagas, siendo las causantes de daños de mayor importancia económica en el país los saltahojas (*Perkinsiella saccharicida* K.); el áfido amarillo (*Sipha flava* F.); el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* F.); y los salivazos

(*Mahanarva andigena* J.) Valle et al. (2015). Adicionalmente otro insecto que también causan daños en el cultivo de caña es el picudo rayado (*M. hemipterus*) (Mendoza & Ulloa, 2016).

De acuerdo con CINCAE (2013), el saltahoja en estado ninfal y adulto succiona la savia y causan heridas al alimentarse e incrustar los huevos en los tejidos de las hojas; el áfido amarillo tanto ninfas como adultos succionan la savia e inyectan saliva tóxica en las hojas, lo que ocasiona inicialmente puntos o pecas de color marrón en los sitios de alimentación; el barrenador del tallo causa daño en estado larval, cuando atacan los brotes jóvenes causan la muerte de la yema apical, cuyo síntoma se conoce como “corazón muerto”; el salivazo tanto ninfas como adultos succionan la savia de la planta, el daño que ocasionan las ninfas es generalmente inapreciable, a no ser por los residuos de la saliva (polvo blanquecino) que se adhiere a los tallos y puede afectar la clarificación de los jugos.

2.2.5 PICUDO RAYADO (*M. hemipterus*)

De acuerdo con CINCAE (2013) y Risco (1967), el picudo rayado, *M. hemipterus* (Coleóptera: Curculionidae), es un insecto comúnmente reportado como plaga de primera importancia en la caña de azúcar en varios países de América Tropical y Sub-tropical.

Su distribución geográfica es amplia, se ha reportado en Puerto Rico, Antillas Menores, Trinidad, Guayanas (inglesa y holandesa), Brasil, Colombia, Perú, Ecuador Venezuela y Bolivia. Este insecto limita el rendimiento y la calidad de los jugos de la caña como efecto directo de los daños ocasionados por las larvas en el interior de los tallos.

Características morfológicas

Además CINCAE (2013) y Risco (1967), señalan que, el adulto es un gorgojo o picudo de tamaño mediano (1.5 a 2.0 cm) con una coloración amarillenta oscura con líneas y manchas negras bien visibles sobre el cuerpo del insecto.

El cuerpo es ovalado y muestra en la porción cefálica una fuerte "trompa" ligeramente curvada y un par de antenas visibles y típicas para la familia. Son sumamente activos al caminar y volar; durante el día permanecen escondidos entre la hojarasca, al pie de los tallos, los terrones y a veces, también dentro de los estuches de las plantas tiernas de caña. La

alimentación, cópula y oviposición la realizan preferentemente al atardecer y durante la noche. Los sexos pueden ser reconocidos, en forma práctica, por el tamaño de los machos que son más pequeños que las hembras, pero en ambos casos, son sumamente duros en razón de que su exoesqueleto es fuertemente esclerotizado. La tonalidad de los colores en ambos sexos no es diferente y en todo caso mantienen un aspecto opaco aterciopelado bastante característico.

Los huevos son de color blanco aperlado, de forma ovoide, miden 1.3 mm de largo por 0.5 mm de diámetro.

Las larvas son fácilmente reconocidas. Miden de 15 a 18 mm, presentando su cuerpo hinchado en los anillos o segmentos posteriores, que les da un aspecto característico; el color es blanco cremoso cuando son jóvenes, pero a medida que se acerca el estado "pupal" toman una coloración amarillenta; La cabeza es una cápsula fuertemente esclerotizada, de color marrón y armada de poderosas mandíbulas con las que son capaces de destruir íntegramente el tejido de los tallos de caña dejando en su reemplazo un bagazo seco, fermentado y atacado por bacterias y hongos. Es característico en las larvas la carencia de patas (apodas) pero sus movimientos, bastante rápidos, se hacen por contracción y expansión de sus segmentos torácicos y abdominales (peristáltia) además, en los anillos se aprecian pelos y cerdas bien desarrolladas que facilitan en cierta forma estos movimientos.

La pupa es de tipo exarata, inicialmente de color blanco cremosa y posteriormente se torna café o castaña según; Se encuentra incluida en un capullo tejido con las fibras del parénquima de la caña llamados "cocones" que siempre se encuentran en el interior de los tallos y en número variable según el grado de infestación de la plaga, son sumamente resistentes y protegen muy bien a la "pupa".

Biología y ecología de *M. hemipterus*

Realiza metamorfosis holometábola o completa pasando por los siguientes estadios: huevo, larva, pupa y adulto (Dender, 2018).

El ciclo de vida, desde la oviposición hasta que se convierte en adulto, tarda alrededor de 65 días. El periodo de incubación es de dos a tres días; la fase larval transcurre en un periodo de 45 a 75 días; y, la fase pupal de 7 a 17 días. La longevidad de los adultos puede alcanzar hasta seis meses (CINCAE, 2013).

Las hembras prefieren depositar sus huevos a poca altura del cuello de la raíz, unas veces perforando con su trompa el lugar de la postura o aprovechando las heridas existentes a causa de los ataques de otros insectos, daños mecánicos de los implementos de cultivo o defectos fisiológicos de las mismas plantas; Los huevos eclosionan entre 7 y 10 días de colocados y nacen en aquel momento las pequeñas larvas e inmediatamente comienzan a taladrar un túnel (Risco, 1967).

Los adultos son atraídos por la fermentación que se produce en las heridas que presentan los tallos quebrados, rajados o dañados, las larvas hacen galerías y permanecen en el tallo hasta completar su desarrollo (Mendoza & Ulloa, 2016).

Requerimientos climáticos para el desarrollo de *M. hemipterus*

Los picudos son de hábitos nocturnos, poseen movimientos lentos y son susceptibles a los cambios de temperatura; tienen la capacidad de “inactivarse” a temperaturas menores de 18°C y mayores a 40° C (Burgos & Alfonso, 2013).

Daños ocasionados por *M. Hemipterus*.

Las hembras efectúan sus posturas e introducen agentes de pudrición y fermentación los cuales deterioran la calidad del jugo. Las larvas, a más de alimentarse de tejidos destruidos o dañados, invaden partes sanas haciendo galerías a lo largo de los entrenudos y permanecen en el tallo hasta completar su periodo larval. Los síntomas son amarillamiento de las plantas, aparecimiento de brotes muertos en la cepa, fallas en el rebrote de las cañas socas y la acumulación de aserrín en los orificios de las galerías, que son normalmente mayores que los de *D. saccharalis* (Campozano, 2019).

2.3 ESTRATEGIAS DE CONTROL

Las Estrategias de control que requiere este cultivo es la integración de un conjunto de prácticas culturales, el uso de trampas para el control de los adultos y la protección de los enemigos naturales (CINCAE, 2017).

2.3.1 CONTROL CULTURAL

Comprende la utilización de las prácticas agrícolas, o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de contribuir a prevenir los ataques de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos, o disminuir sus daños. El objetivo principal es brindar a la planta los requerimientos que necesitan para crecer (Hidroponía, 2015).

no se trata de medidas tomadas de improviso, ante la presencia de la plaga, sino que, por el contrario, normalmente responden a una planificación previa dentro del proceso normal de la producción agrícola e incluye medidas como: labores de preparación de tierras, métodos de siembra, selección de variedades, ejecución de cultivos y aporques, manejo del agua, y de los fertilizantes, oportunidades de cosecha, períodos de campo limpio, etc.

La adecuada aplicación de las prácticas agrícolas con estos fines, requiere de conocimientos apropiados sobre la fisiología y fenología de las plantas cultivadas y de sus características agronómicas; de las modalidades de las prácticas agrícolas propiamente dichas; y naturalmente, un buen conocimiento de la biología de las plagas locales, su comportamiento y su ocurrencia estacional (Cisneros, 1979).

2.3.2 CONTROL QUÍMICO

Consiste en la utilización de productos químicos para prevenir el desarrollo o reprimir las poblaciones, en este caso de los insectos. Entre los principales insecticidas recomendados para el control se encuentra Cipermetrina, Karate Zeón y el Engeo.

El engeo es uno de los insecticidas que sirven para la protección de cultivos, su composición es 14.1 g de Tiametoxam + 10.6 g de Lambdacialotrina de ingrediente activo por litro de producto comercial (Syngenta, 2016).

EFICACIA DE TIAMETOXAM

Es un insecticida sistémico que penetra en las células vegetales, es absorbido rápidamente y transportado a toda la planta brindando así un control duradero y efectivo, actúa por contacto e ingestión afectando directamente al sistema nervioso de la plaga (Perez & Tulcan, 2015).

El Thiamethoxam (TMX) es un insecticida neonicotinoide de segunda generación, pertenece a la subclase del Thianicotinil. La estructura química del Thiamethoxam es ligeramente diferente a otros insecticidas neonicotinoides, siendo altamente soluble en agua por lo tanto posee una alta movilidad en la planta. El TMX es sistémico y penetra en las células vegetales donde realiza una serie de reacciones fisiológicas, que inducen la expresión de proteínas funcionales específicas que se encuentran ligadas a varios estados de estrés como mecanismo de defensa para permitir un desarrollo de la planta en un ambiente diferente tal como: inundación, pH bajo, alta salinidad del suelo, radicales libres de la radiación UV, estrés por altas temperaturas conllevando una degradación proteica, niveles tóxicos de aluminio, daños por pestes, viento, heladas, ataques de virus, etc. (Montenegro, 2015).

EFICACIA DE LAMBDAIALOTRINA

Es un insecticida piretroide que altera el sistema nervioso de los insectos succionadores y masticadores causando parálisis y posteriormente la muerte, para obtener una mayor eficiencia de este insecticida es recomendable trabajar con temperaturas altas. La vida media de lambdacialotrina en la superficie de las plantas es de 5 días, tiene un bajo potencial de contaminar las aguas subterráneas debido a su baja solubilidad en agua y alto potencial para unirse a la tierra (Perez & Tulcan, 2015).

De esta manera, el insecticida engeo al contener estos dos ingredientes activos en su formulación presenta un buen poder de volteo y persistencia de control en los insectos plagas (Syngenta, 2016).

2.3.3 CONTROL BIOLÓGICO

Es un método agrícola de control de plagas (insectos, ácaros, malezas, enfermedades de las plantas, etc.) que usa depredadores, parásitos, herbívoros u otros medios naturales. Puede ser un componente importante del control integrado de plagas y es de gran importancia económica para la agricultura (Servovendi, 2018).

2.3.3.1. HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

El término entomopatógeno se ha definido como aquellos microorganismos (bacterias, hongos, nematodos y virus) que son capaces de atacar insectos (García et al., 2015).

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* (García et al., 2015). A continuación, se detallará los hongos en estudio.

B. bassiana: Es un hongo cosmopolita que se encuentra presente en muchos agroecosistemas, causando infección a insectos plaga de diferentes órdenes, ha sido encontrando atacando a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de mucha importancia agrícola. Los insectos muertos por este hongo presentan una cubierta blanca algodonosa sobre el cuerpo, la cual está formada por el micelio y esporas del hongo. Las aplicaciones de *B. bassiana*, consisten en conidias del hongo dispersas en agua, las cuales se adhieren a la cutícula del insecto, luego germinan y producen sustancias que debilitan la cutícula permitiendo la entrada del hongo en el cuerpo del insecto (Gómez, 2014a).

El género *Beauveria* se caracteriza morfológicamente por células conidiógenas globosas con forma de botella formadas por una célula, es un hongo anamórfico que produce conidios hialinos esféricos, se ha reportado como patógeno de artrópodos. *B. bassiana* se caracteriza por sobrevivir tanto en presencia como en ausencia de insectos huéspedes; está compuesta de células quitinizadas, que le permiten ejercer por medio de mecanismos físicos y químicos, la infección de un gran número de insectos. El hongo, a los 15 días de desarrollo forma un micelio de aspecto algodonoso de color blanco, con el tiempo se vuelve amarillento; el revés es de color rojizo al centro y amarillento en la periferia, este hongo produce una enfermedad conocida como “muscardina blanca” debido a que los insectos presentan una morfología característica algodonosa en su cuerpo (Zapata, 2016).

El mismo autor señala que la fase patogénica comprende las etapas de: adhesión, germinación, diferenciación y la penetración. El mecanismo de infección de *B. bassiana* inicia cuando la conidia se adhiere a la cutícula del insecto huésped susceptible; *B. bassiana*, al igual que otros hongos entomopatógenos, antes de matar a su hospedero le causa síntomas importantes como son: pérdida de sensibilidad, falta de coordinación, letargo, inapetencia,

melanización y parálisis. Con la muerte del insecto, el beneficio se incrementa pues la esporulación y posterior dispersión del hongo, permite un control más allá de la aplicación.

M. anisopliae: Es un hongo cosmopolita que se encuentra en forma natural, infectando a diversos insectos plaga, como la “broca del café” (*Hypothenemus hampei* F.), “gorgojo negro del plátano” (*Cosmopolites sordidus* G.), “palomillas de la col (*Plutella xylostella* , *Hellula undella* L.)”, langostas, gusanos blancos o gallinitas ciegas, garrapatas, etc. Los insectos muertos por este hongo presentan una cubierta de color verde sobre el cuerpo, la cual está formada por el micelio y esporas del hongo. *M. anisopliae*, actúa por contacto en los diferentes estadios de los insectos plaga. Las conidias, son las unidades infectivas, penetran al cuerpo del insecto, produciéndole disturbios a nivel digestivo, nervioso, muscular, respiratorio, excretorio, etc.; es decir el insecto se enferma, deja de alimentarse y posteriormente muere. La muerte puede ocurrir a los tres a cinco días, dependiendo de la virulencia del hongo y estadio del insecto. Los insectos muertos son cubiertos completamente por micelio, el cual inicialmente es de color blanco, pero se torna verde cuando el hongo esporula, esto ocurre de 8 a 10 días después de la muerte del individuo (Gómez, 2014b).

Estos hongos desarrollan las siguientes fases sobre su hospedante: germinación, formación de apresorios, formación de estructuras de penetración, colonización y reproducción. El proceso inicia cuando la espora o conidia se adhiere a la cutícula del insecto, luego desarrolla un tubo germinativo y un apresorio, con éste se fija en la cutícula y con el tubo germinativo o haustorio (hifa de penetración) se da la penetración al interior del cuerpo del insecto. En la penetración participa un mecanismo físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por la estructura de penetración, la cual rompe las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, principalmente proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales causan descomposición del tejido en la zona de penetración, lo que facilita el ingreso del hongo. La infección por el entomopatógeno puede ser afectada principalmente por la baja humedad relativa y por la falta de habilidad para utilizar los nutrientes disponibles sobre la superficie de la cutícula (Zapata, 2016).

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación de campo se realizó en la parroquia Fátima del cantón Pastaza. Las coordenadas del sitio experimental son: Latitud Sur: 01° 25' 57.93", Longitud Oeste: 77° 58' 09.19", altitud 986 msnm, con topografía plana y pendiente mayor al 40%. La zona se caracteriza por una humedad relativa promedio 85% precipitación anual máxima 4 500 mm/año (INAMHI, 2019).

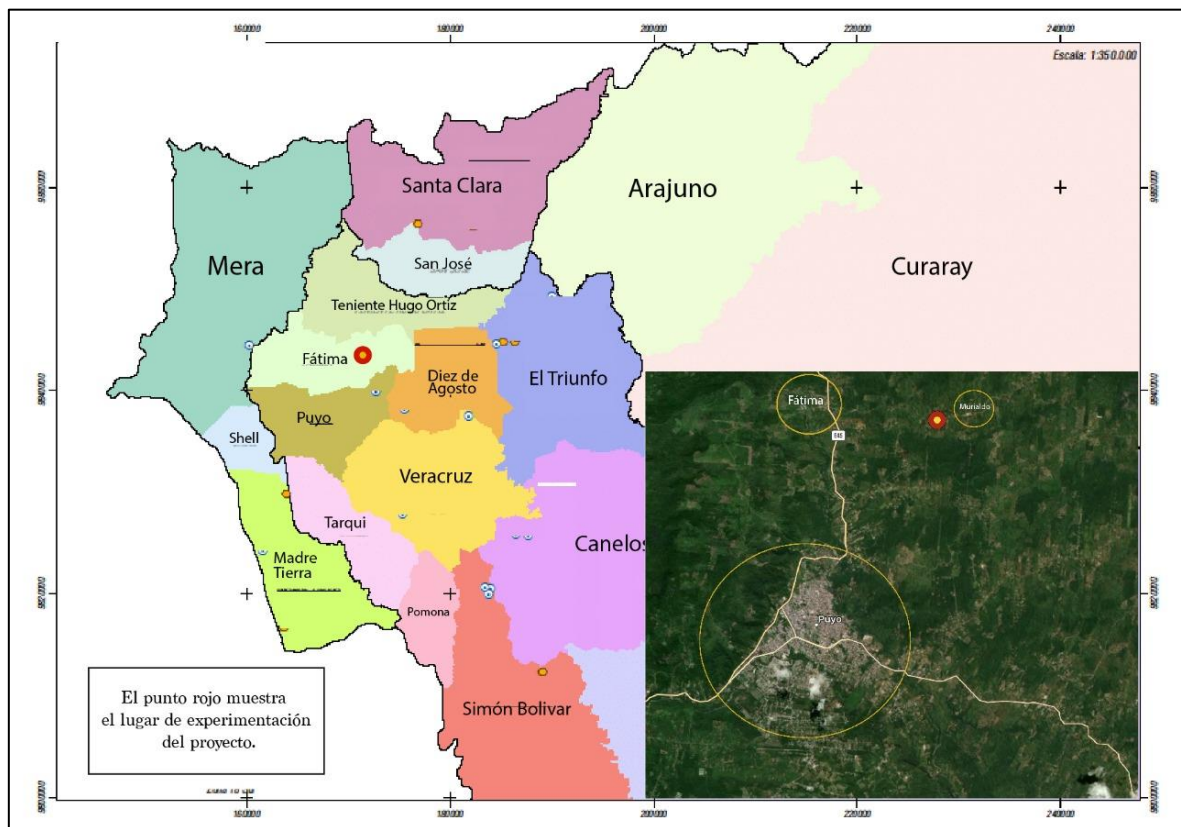


Figura 1: Ubicación del sitio del experimento (el punto rojo muestra la localización)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue experimental, porque se evaluó la eficacia de una cepa comercial del hongo entomopatógeno *B. bassiana*, un aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp., y un químico en el control del picudo rayado en condiciones de campo.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación fue experimental en condiciones de campo, ya que se midió la causa y efecto a través de las variables independientes (tratamientos) y dependientes (eficacia) respectivamente.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Los tratamientos fueron: T1: *B. bassiana* (2 mL. L⁻¹), T2: *Metarhizium* spp. (1x10⁸ conidios. mL⁻¹), T3: Químico (Engeo) (1 mL. L⁻¹) y T4: Control.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL



Figura 2: Diseño del experimento en campo

3.6 MONTAJE Y APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN CAMPO

3.6.1 Determinación de la eficacia de los hongos entomopatógenos

Para la evaluación de la eficacia de los tratamientos se utilizó trampas elaboradas con tallos maduros de caña de azúcar de 50 cm de longitud, se cortó un extremo por la mitad de manera que queden cuatro partes y el otro extremo se enterró en el suelo.



Figura 3: a) Tallos de caña de azúcar cortados para aplicación de trampas. b) Trampa establecida para atrapar insectos de picudo rayado

Por cada unidad experimental se colocó dos trampas, cada una estuvo constituida por una parcela de 10 x 10 m; cada tratamiento tuvo cuatro parcelas experimentales.

A los seis días de haber colocado las trampas en cada unidad experimental se procedió con la contabilización del número de adultos vivos por trampa, posteriormente se realizó la preparación y aplicación de los tratamientos, para lo cual se utilizó una bomba de mochila de 20 litros de capacidad.

Para la preparación de los tratamientos se utilizaron 2 litros de agua. Para preparar el tratamiento T1 se procedió con la colocación de 1 L de agua en la bomba de mochila, posteriormente se añadió el coadyuvante (7-ACTION®) a una dosis de 0.5 mL. L⁻¹, luego se añadió *Beauveria bassiana* a una dosis de 2 mL. L⁻¹, se agitó y se completó los 2 L de preparado.

Para la preparación del tratamiento T2 previamente se realizó un triple lavado de 500 g (1×10^8 conidios. mL^{-1}) de arroz colonizado por el aislamiento TI6301 del hongo *Metarhizium* spp., en un balde con 10 L de agua con Tween 80 al 0.1%, posteriormente se colocará en la bomba de mochila de 20 L, se añadirá el coadyuvante (7-ACTION®) a una dosis de 0.5 mL. L^{-1} y se llenará al volumen de la bomba de mochila, realizando la respectiva agitación.

Para preparar el tratamiento T3 se procedió con la colocación de 1 L de agua en la bomba de mochila, posteriormente se añadió el coadyuvante (7-ACTION®) a una dosis de 0.5 mL. L^{-1} , luego se añadió ENGEO ® a una dosis de 1 mL. L^{-1} , se agitó y se completó los 2 L de preparado.

Para la preparación del tratamiento T4 se utilizó agua + el coadyuvante (7-ACTION®) a una dosis de 0.5 mL. L^{-1} .

Una vez preparados los tratamientos se procedió con la aplicación pasado las tres de la tarde en cada una de las parcelas experimentales.

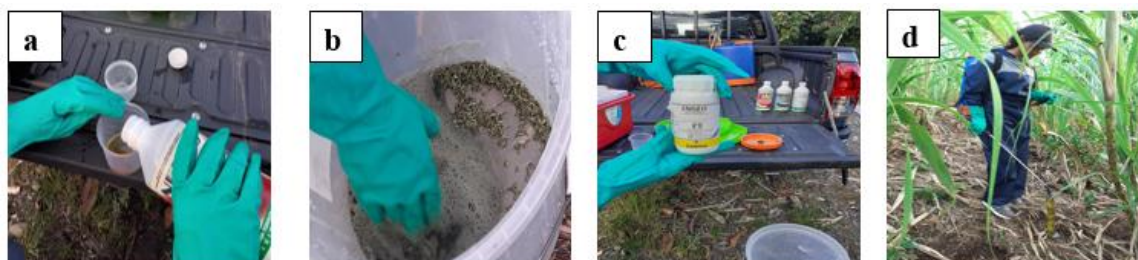


Figura 3: Preparación de tratamientos a) Tratamiento T1: *B. bassiana*, b) Tratamiento T2: *Metarhizium* spp. c) Tratamiento T3: EngEO y d) Aplicación de los tratamientos

Las evaluaciones se realizaron a los tres, seis, nueve, doce y quince días de aplicados los tratamientos, se registró el número de insectos muertos y vivos por efecto de cada uno de los tratamientos, para lo cual se tomó en cuenta la movilidad y coloración del cuerpo del insecto.

Con los datos de mortalidad registrados de cada evaluación se determinó la eficacia de los tratamientos, para ellos se utilizó la fórmula de Henderson-Tilton (LdP Line, 1971).

fórmula de Henderson-Tilton

$$(1) \% \text{ eficacia} = \left(1 - \frac{T_d}{C_d} \times \frac{C_a}{T_a}\right) \times 10$$

Donde:

Ta: Infestación en parcela tratada antes del tratamiento.

Td: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento.

Ca: Infestación en parcela testigo antes del tratamiento.

Cd: Infestación en parcela testigo después del tratamiento.

Se utilizó esta fórmula debido a que esta es la recomendada para las poblaciones en campo donde las poblaciones no son homogéneas en las distintas unidades experimentales.

La comparación de la eficacia de los tratamientos en cuanto a los valores de mortalidad acumulada se realizó mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararán mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Para el análisis se empleó el programa INFOSTAT Versión 2019.

3.6.2 Valoración de los costos de aplicación de los hongos entomopatógenos.

Para valorar los costos de aplicación se consideró los costos unitarios de cada uno de los materiales e insumos requeridos para la aplicación de los tratamientos. Se estimó el tiempo (minutos) requerido para la aplicación y monitoreo de cada tratamiento, con lo cual se elaboró las fichas de costos de cada uno de los tratamientos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la eficacia de los hongos entomopatógenos

B. bassiana y *Metarhizium* spp.

Al determinar la eficacia de los hongos el tratamiento químico aplicado a las trampas resultó ser el más efectivo porque presentó el 100% de eficacia a partir del tercer día de evaluación, mientras que el tratamiento con el aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp., alcanzó una eficacia de 38,51% a los 15 días después de la aplicación. El tratamiento a base de *B. bassiana* comercial presentó el mismo comportamiento que el tratamiento control sin ningún valor de eficacia en todos los momentos de evaluación, como se puede evidenciar en la figura 5.

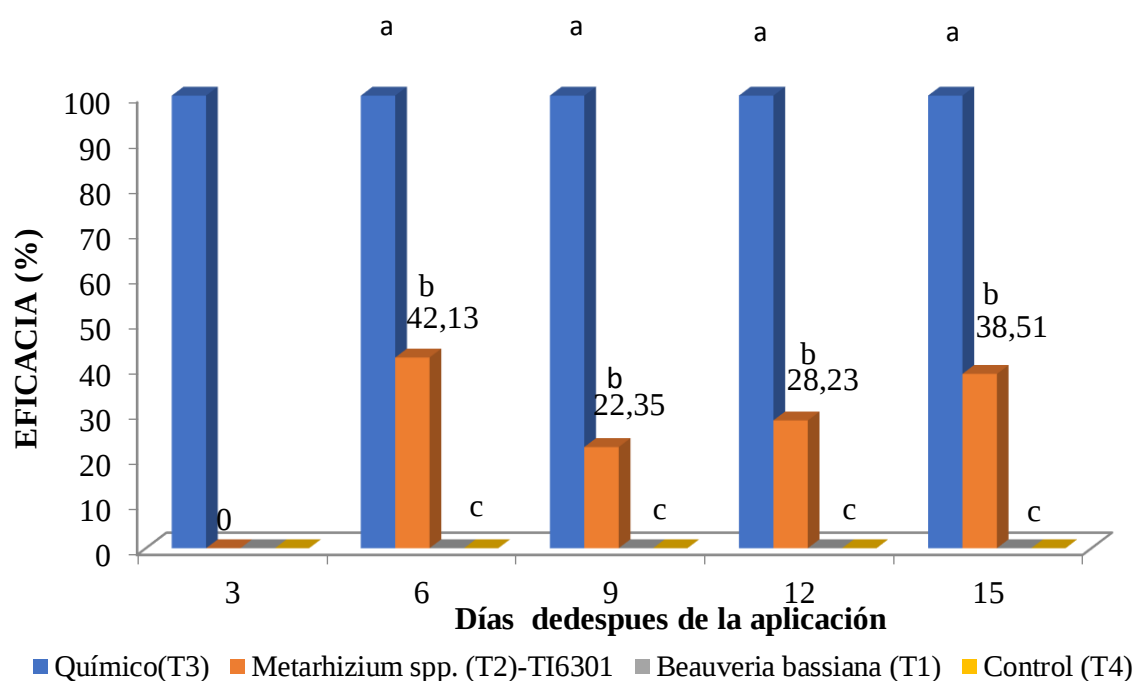


Figura 5. Eficacia de tratamientos en el control del picudo *M. hemipterus* aplicados sobre trampas en condiciones de campo/ DDA: Días después de la aplicación

Los resultados obtenidos en el presente estudio con el tratamiento químico (T3) a base de Tiametoxam + lambdacialotrina (Engeo ®) fueron muy superiores (100% de eficacia) a un estudio efectuado por Almada et al. (2018) donde evaluaron distintos insecticidas incluidos Engeo en el control del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera:

Curculionidae), donde este insecticida tuvo una eficacia menor al 50%, lo cual puede estar relacionado con la capacidad de resistencia que haya generado el insecto a este tipo de insecticida.

Para evitar la posible evolución de resistencia del picudo al insecticida Engeo® (Tiametoxam + lambdacialotrina) se debería establecer una rotación adecuada de modos de acción, a fin de garantizar la vida útil de este insecticida sin la generación de resistencia por parte del picudo (Almada et al., 2018).

El insecticida Engeo es compatible con hongos entomopatógenos, de acuerdo al estudio realizado por Gallego et al. (2014) al evaluar la compatibilidad de *Purpureocillium* sp. (cepa UdeA0106) con productos fitosanitarios, determinaron que varios insecticidas incluidos Engeo®, al utilizar en combinación con el hongo entomopatógeno *Purpureocillium* sp. no presentó ningún efecto negativo en el desarrollo de tubos germinativos del hongo. Los porcentajes de germinación del hongo UdeA0106 en estos tratamientos fue mayor a 93% en todos los casos, incluso observaron que el tratamiento con el insecticida Engeo® presentó una germinación ligeramente mayor a la observada para el testigo y el crecimiento radial fue similar al testigo. Además, mencionaron que este mismo comportamiento fue reportado en *B. bassiana*.

La germinación conidial, el crecimiento vegetativo y la esporulación sobre los cadáveres de los insectos, son importantes para facilitar nuevas infecciones a otros individuos en campo y, por lo tanto, deben considerarse para la virulencia fúngica y la persistencia en el medio ambiente (Alves et al., 2013).

En otro estudio realizado por Kassab et al. (2014), demostraron que la combinación de *M. anisopliae* con Tiametoxam aplicados en condiciones de campo no afectó las características biológicas del hongo, demostrando compatibilidad entre estos dos agentes de control de ninfas de *Mahanarva fimbriolata* S. Además, señalaron que, este insecticida y el hongo *M. anisopliae* se usa con mayor frecuencia para controlar este insecto plaga en campos de caña de azúcar en Brasil.

Con respecto a la eficacia de los hongos entomopatógenos en el control de adultos de picudos se obtuvo una eficacia de 38,51% con el aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp.; el

caso de *B. bassiana* comercial no tuvo ningún efecto en el control de adultos de *M. hemipterus*, esto puede deberse a la inviabilidad de las cepas comerciales.

Los valores de eficacia de *Metarhizium* se encuentran similares a los observados por Gallego-Velásquez et al. (2014), al evaluar la eficacia de *M. anisopliae* en el control de varias especies de picudos incluidos *M. hemipterus* en plátano sobre trampas, donde reportaron que este hongo tuvo una mejor capacidad para infectar adultos de este insecto en el campo.

Los valores obtenidos de eficacia en campo podrían incrementarse al reactivar el aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp., sobre adultos de *M. hemipterus*. En este sentido Lacey et al (2015) señalaron que la virulencia de estos hongos aislados de diferentes huéspedes varía. Además, la virulencia generalmente disminuye cuando se realizan subcultivos repetidos en medios artificiales, y a menudo se puede recuperar a través del paso o la reactivación sobre un insecto hospedante.

En cuanto al tratamiento con *B. bassiana* comercial no se tuvo una respuesta positiva en el control de adultos de *M. hemipterus*, por lo que se procedió a realizar un análisis de la viabilidad de los tratamientos tanto a base de *Metarhizium* spp. y *B. bassiana* comercial, donde se inocularon en medio de cultivo Potato Dextrosa Agar (PDA) y a los ocho días se pudo verificar la presencia de colonias únicamente en el aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp., tal como se evidencia en la figura 6.

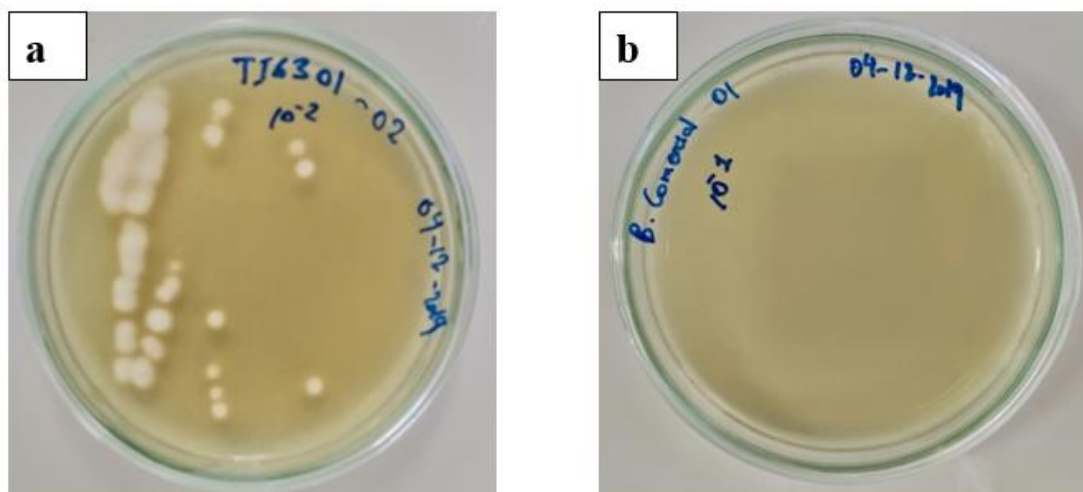


Figura 6. Pruebas de viabilidad de hongos entomopatógenos utilizados en el estudio: a) Placa de Petri con colonias del aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp. y b) Placa de Petri sin presencia de colonias de *Beauveria bassiana* comercial

La ausencia de efectividad en la *B. bassiana* comercial posiblemente se debe a que las cepas no estuvieron viables. Por lo que García et al. (2015), plantean que en la búsqueda de agentes de control biológico, una de las estrategias básicas es la exploración inicial de los enemigos naturales nativos, antes de introducir agentes exóticos, debido a que las cepas nativas se encuentran adaptadas a las condiciones ambientales de la zona por lo cual no necesitan una etapa de adaptabilidad como en el caso de cepas exportadas, que incluso con éstas se corre el riesgo de no adaptabilidad y/o en su caso de no resultar tan efectivas en el momento de ejercer su patogenicidad.

En otros estudios donde han utilizado aislamientos nativos de *B. bassiana* han encontrado resultados favorables en el control de picudos. Por ejemplo Fancelli et al. (2013) observaron una reducción 61% de la población de insectos adultos del picudo *Cosmopolites sordidus* (Germar) aplicando *B. bassiana* (50 mL / trampa de pseudotallo) a una concentración de 1×10^9 conidios.mL⁻¹.

En un estudio realizado por Mendoza et al. (2013), en el litoral ecuatoriano al evaluar la eficacia de cepas nativas *B. bassiana* procedentes de adultos de *C. sordidus* en el control del picudo rayado *M. hemipterus* en condiciones de campo obtuvieron una eficacia con valores relativamente bajos alcanzando 17.4 y 11.8 % en los tratamientos 2 y 1, en los ingenios azucareros de Ecudos y San Carlos, respectivamente.

La variación en los resultados en condiciones de campo pueden estar relacionados con varios factores como el origen de la cepa, variedad de cultivo, clima y metodología de aplicación de estos hongos (Fancelli et al., 2013).

Se puede constatar la presencia del adulto de *M. hemipterus*, muerto por la acción del aislamiento TI6301 de *Metarhizium* spp. el cuál se encuentra al interior de la trampa, con crecimiento de micelio sobre su cuerpo a partir de los 15 días. En el caso de este hongo inicia con micelio de color blanco y cuando esporula se torna de un color verde oscuro a oliva, como se aprecia en la figura 7.



Figura 7. Adulto de *M. hemipterus* muerto al interior de la trampa con presencia de micelio del aislamiento TI6301 de *Metarhizium* spp.

Según San & Mun (2017), durante la esporulación de *Metarhizium* spp. sobre los cuerpos de los insectos, las hifas extruyen la cutícula del huésped hacia el ambiente externo donde forma una red más densa y conidios verdes en el cadáver del hospedante infectado, comportamiento observado sobre picudos adultos muertos colonizados por *Metarhizium* spp. en el interior de las trampas.

La presencia de conidios sobre los picudos muertos actúa naturalmente como inoculante en el área que fue tratada previamente, manteniendo así un alto nivel de este hongo en el área, contribuyendo así a una mayor posibilidad de contaminación a nuevos insectos y, en consecuencia, la reducción del nivel poblacional de insectos en el área (Carvalho et al., 2017).

Este trabajo demuestra la necesidad de continuar investigando puntualmente en la obtención de aislamientos nativos de *Beauveria* spp., y en el caso de *Metarhizium* spp., utilizar aislamientos reactivados sobre adultos de *M. hemipterus*, para nuevos ensayos en campo. Además de la evaluación de diferentes concentraciones. Estas evaluaciones contribuirán efectivamente al manejo integrado de este insecto plaga y sustentabilidad del cultivo de caña de azúcar en la provincia de Pastaza.

4.2 Valoración de los costos de aplicación de los hongos entomopatógenos.

Los costos totales de aplicación de los hongos entomopatógenos fueron comparados con el control químico y el tratamiento control; para realizar las fichas de costos se tomó en cuenta la cantidad de cada insecticida químico y biológico requerido para preparar 2 L de mezcla, el tiempo de aplicación, el tiempo de evaluación y la mano de obra, al realizar la comparación de los costos se observa que el T2 tiene el precio más alto y el T3 el costo más bajo comparados con el T4 que es el tratamiento control.

Los costos de aplicación de los tratamientos presentan valores que fluctúan entre \$5,30 y \$5,64 USD, para cubrir un área de 400m².

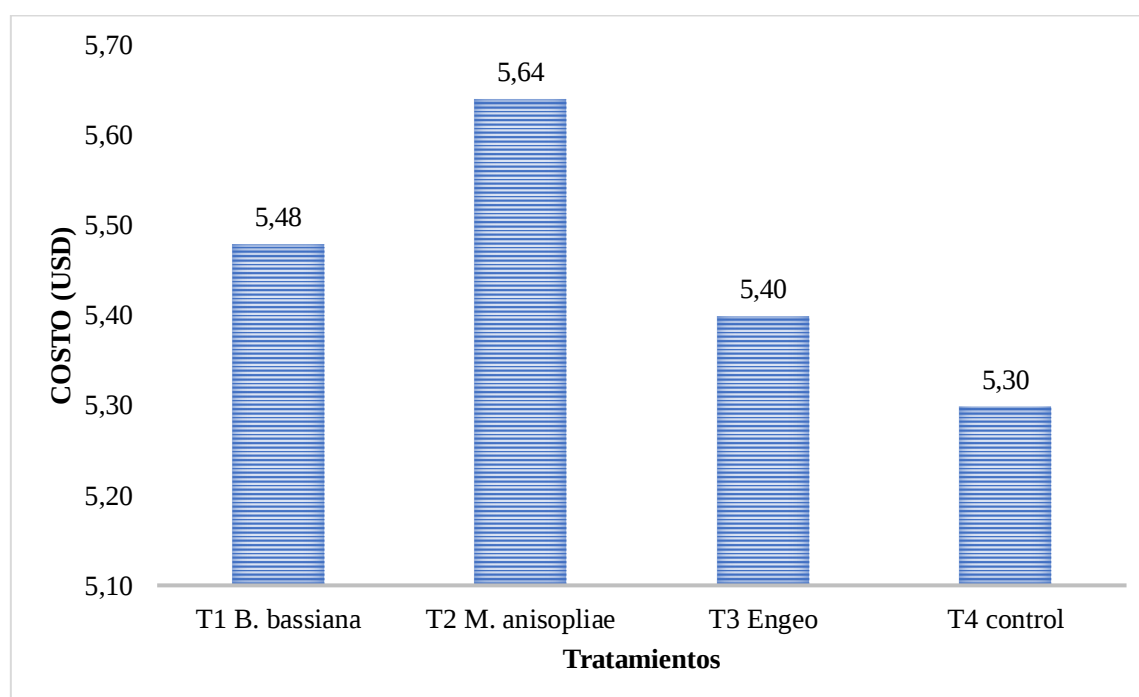


Figura 8: Costos de aplicación de tratamientos para el control del picudo *M. hemipterus*

El tratamiento T3 a pesar de ser el más económico por la naturaleza de los ingredientes activos de su formulación no son inocuos y amigables con la población de insectos benéficos y el ambiente. En sentido Devine, Eza, Ogusuku y Furlong (2008), manifiestan que estos insecticidas de amplio espectro atacan también a los insectos que no son objeto de control entre ellos larvas y adultos de mariquitas.

Además, García, Salazar y García (2018) señalan que esta clase de insecticidas son persistentes, tienen alto potencial de lixiviación y escorrentía, y son altamente tóxicos para una amplia gama de invertebrados. Por lo tanto, los neonicotinoides representan un riesgo significativo para las aguas superficiales y la diversidad de fauna acuática y terrestre que sustentan estos ecosistemas. El tratamiento T2 a base de *Metarhizium* spp., a pesar de resultar ligeramente más costoso tiene muchas ventajas a largo plazo. En este contexto, Osorio y Canal (2011) señalan que los hongos entomopatógenos son más seguros y han mostrado selectividad a los enemigos naturales. Además, informaron que formulaciones de hongos entomopatógenos incorporados al suelo pueden causar mortalidad de insectos hasta por dos años.

CAPITULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se determinó que el aislamiento nativo TI6301 del hongo entomopatógeno *Metarhizium* spp., en el control de adultos de picudo rayado de la caña de azúcar, aplicados sobre trampas en condiciones de campo, mostró una eficacia del 38.51% a los 15 días de aplicación mientras que la cepa comercial de *B. bassiana* no mostró ningún valor de eficacia.
- Se valoró los costos de aplicación de los hongos entomopatógenos en estudio donde el tratamiento T2 a base de aislamiento nativo TI6301 de *Metarhizium* spp., resultó ser ligeramente más costoso en comparación a los demás tratamientos, pero este resulta ser más viable a largo plazo porque actúa sobre insectos objeto de control, no ataca a los insectos benéficos y por su característica de fácil diseminación y establecimiento en campo.

RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de las trampas se debe utilizar tallos de caña maduros, con un diámetro de 7 cm, al momento de realizar el corte tomar en cuenta que debe quedar con una abertura de 1 cm para facilitar el ingreso y estadía de los insectos.
- Utilizar cepas nativas de *B. bassiana* que infesten al picudo rayado para obtener mayor eficacia.
- Realizar la reactivación del aislamiento nativo TI6301 *Metarhizium* sobre adultos de *M. hemiperus* para obtener una mayor eficacia en condiciones de campo, debido a que este aislamiento en un estudio anterior en condiciones de laboratorio obtuvo una eficacia del 88%.
- Aplicar el producto en la tarde, bañar completamente al insecto y la trampa para lograr una mayor adaptabilidad del hongo y por ende mayor número de huéspedes infestados.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Almada, M. S., Szwarc, D. E., & Vitti Scarel, D. (2018). Bioensayo para la evaluación del control del picudo algodónero con distintos insecticidas [Info:ar-repo/semantics/artículo]. EEA Reconquista. <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/4957>
- Alves, R., Dias, E., Moura, G., Freitas, J., & Moraes, L. (2013). (PDF) Compatibility of conventional agrochemicals used in rice crops with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. https://www.researchgate.net/publication/237196802_Compatibility_of_conventional_agrochemicals_used_in_rice_crops_with_the_entomopathogenic_fungus_Metarhizium_anisopliae
- Burgos, L., & Alfonso, S. (2013). Dinámica poblacional del complejo de picudos en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) mediante el manejo químico y biológico en el municipio de Cartago, Valle del Cauca. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/18272>
- Campozano, C. (2019). Entomoagrouae : http://entoagrouae.com/vista_cultivo.php?idcultivoc=2
- Carvalho, F., Abreu, B., Farias, V., Sousa, N., Parente, O., & Santos, R. (2017). Controle de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera:Curculionidae) com os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em banana. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 12, 366. <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i3.4538>
- Castro, M. A., & Martínez, J. W. (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.
<https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000104>
- CINCAE. (2013). Centro De Investigación de la Caña De Azúcar Del Ecuador - pdf.
<https://docplayer.es/31106075-Centro-de-investigacion-de-la-cana-de-azucar-del-ecuador.html>
- CINCAE. (2017). CINCAE | Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador.
<http://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/picudo-rayado/>
- Cisneros, F. (1979). Control Integrado de Plagas en Sistemas de Produccion de Cultivos Para Pequeños Agricultores. Bib. Orton IICA / CATIE.
- Cruz, W. D. la, & Cajilema, W. (2012). Control biológico del salivazo (*Mahanarva andigena*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con *Metarhizium* sp. (Fungi: Ascomycota: Clavicipitaceae). Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 1(1), 18-26.
- Dender, J. (2018). Evaluación de trampas con atrayentes para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y rayado (*Metamasius hemipterus* L.) en el cultivo de plátano barraganete, el carmen 2018. [Thesis].
<https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1020>
- Fancelli, M., Dias, A. B., Delalibera Júnior, I., de Jesus, S. C., do Nascimento, A. S., Silva, S. de O. e, Caldas, R. C., & Ledo, C. A. da S. (2013). *Beauveria bassiana* Strains for Biological Control of *Cosmopolites sordidus* (Germ.) (Coleoptera: Curculionidae) in Plantain. BioMed Research International, 2013.
<https://doi.org/10.1155/2013/184756>
- Gallego-Velásquez, J., Cardona-Bustos, N. L., & Restrepo-Betancur, F. (2014). Compatibility of the entomopathogenic fungus *Purpureocillium* sp. Cepa UdeA0106

- with biocontrollers fungi and plant protection products, used on chrysanthemum crops. *Actualidades Biológicas*, 36(101), 173-187.
- García, M., Garcia, S., Gordillo, J., & Martínez, R. (2015). Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico. *Kuxulkab*, 15(27). <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a15n27.846>
- Gómez, H. (2014a). *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Cepa CCB-LE265 “Control de la broca del café”. Repositorio Institucional - SENASA. <http://localhost:8080/xmlui/handle/SENASA/250>
- Gómez, H. (2014b). *Metarhizium anisopliae* Metchnikof Cepa CCB-LE365. Repositorio Institucional - SENASA. <http://localhost:8080/xmlui/handle/SENASA/254>
- Hidroponía, C. (2015, septiembre 3). Importancia de las labores culturales en el cultivo. <https://hidroponia.mx/importancia-de-las-labores-culturales-en-el-cultivo/>
- INAMHI. (2019). *Institutos – INAMHI*. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- INEC, I. N. de E. y C. (2018). 2018: Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>
- Kassab, S. O., Loureiro, E. S., Rossoni, C., Pereira, F. F., Barbosa, R. H., Costa, D. P., & Zanuncio, J. C. (2014). Development of Eulophidae (Hymenoptera) parasitoids in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) pupae exposed to entomopathogenic fungi | The Canadian Entomologist | Cambridge Core. <https://www.cambridge.org/core/journals/canadian-entomologist/article/development-of-eulophidae-hymenoptera-parasitoids-in-diatraea-saccharalis-lepidoptera-crambidae-pupae-exposed-to-entomopathogenic-fungi/E14D7DABC4BEA6CAE1C6AB749DBBD50D>

- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1-41. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>
- LdP Line. (1971). Abbot and Henderson-Tilton calculations. LdP line. <http://www.ehabsoft.com/ldpline/onlinecontrol.htm>
- MAG. (2018). El MAG trabaja en el cultivo de la caña – Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/el-mag-trabaja-en-el-cultivo-de-la-cana/>
- Mendoza, J., Gómez, P., & Gualle, D. (2013). Posibilidades del uso de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, en caña de azúcar - pdf. <https://docplayer.es/77985805-Posibilidades-del-uso-de-beauveria-bassiana-y-metarhizium-anisopliae-para-el-control-del-picudo-rayado-metamasius-hemipterus-en-cana-de-azucar.html>
- Mendoza, J., & Ulloa, M. (2016). Determinación de la incidencia de las principales plagas de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el cantón Pangua, provincia Cotopaxi. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1644>
- Montenegro, L. (2015). Eficacia de seis insecticidas para el control del trips del cultivo de ajo en la zona de San Antonio de Mira, provincia del Carchi.
- Perez, & Tulcan, A. (2015). Eficiencia de los insecticidas Engeo, Fiprogent, Buffago y 1345 (Galil), en el control de gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Huaca, provincia del Carchi. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4306>
- Requejo, E. (2019). Patogenicidad de hongos entomopatógenos sobre picudo de la caña (Coleoptera: Curculionidae), bajo condiciones de laboratorio, Chachapoyas - Amazonas [Thesis, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM]. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1755>

- Risco, S. (1967). *Metamasius hemipterus* L. «Gorgojo Rayado de la Caña de Azúcar»: Control del Insecto en los Ingenios «San Carlos» y «Valdez» en Ecuador. *Revista Peruana de Entomología*, 10(1), 82-95.
- San, K. M. S., & Mun, S. (2017). Mode of Infection of *Metarhizium* spp. Fungus and Their Potential as Biological Control Agents. *Journal of Fungi*, 3(2).
<https://doi.org/10.3390/jof3020030>
- Servovendi. (2018). Lucha Biológica - ServoVendi: Tu tienda online de Medidores, Cultivo, Grow Shop, Jardinería y Hidroponía. Servovendi.
<https://www.servovendi.com/es/cultivo-jardin/plagas-hongos/lucha-biologica.html>
- Syngenta. (2016, agosto 8). *ENGEO*. Syngenta. <https://www.syngenta.com.ar/product/crop-protection/insecticida/engeo>
- UNESCO. (2016, diciembre 23). Caña de azúcar es el cultivo más importante a nivel mundial, según Unesco. *Revista Summa*. <https://revistasumma.com/cana-de-azucar-es-el-cultivo-mas-importante-a-nivel-mundial-segun-unesco/>
- Valle, S., Iparraguirre, M., Puertas, A., Rodríguez, S., Fiallos, A., Hidalgo, L., & Miranda, I. (2015). Evaluación de dos métodos de monitoreo de *Mahanarva andigena* Jacobi en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp., híbrido) en la provincia de Pastaza, Ecuador. *Revista de Protección Vegetal*, 30(3), 185-192.
- Vargas, A., Salazar, J. D., González, A., & Molina, R. (2019). Análisis genético de *Beauveria* y *Metarhizium* tropicales asociados a insectos en caña de azúcar. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 267-280.
<https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32307>
- Zapata, K. (2016). Control biológico y etológico de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de banano en la provincia de El Oro.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6938>

