



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Caracterización de hongos nativos con potencial entomopatógenos para el control de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en condiciones de laboratorio.

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniera Agrónoma.

AUTORA:

Damarys Lilibeth Abad Camacho

DIRECTOR:

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión, PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

**Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF**

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Robles Carrion Angel Rolando**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Caracterización de hongos nativos con potencial entomopatógenos para el control de la paratirozoa (*Bactericera cockerelli* Sulc) en condiciones de laboratorio**, perteneciente al estudiante **Damarys Lilibeth Abad Camacho**, con cédula de identidad N° **1105166753**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 4 de Marzo de 2024




ANGEL ROLANDO
ROBLES CARRION

F) _____
**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Autoría

Yo, **Damarys Lilibeth Abad Camacho**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional, Biblioteca Virtual

Firma: 

Cédula: 1105166753

Fecha: 26/04/2024

Dirección: Clodoveo Jaramillo, Loja, Ecuador

Correo electrónico: damarys.abad@unl.edu.ec

Celular: 0988616620


Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Damarys Lilibeth Abad Camacho**, declaro ser el autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización de hongos nativos con potencial entomopatógenos para el control de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en condiciones de laboratorio**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiséis días del mes de abril de año dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autora: Damarys Lilibeth Abad Camacho

Cédula: 1105166753

Dirección: Clodoveo Jaramillo, Loja, Ecuador

Correo electrónico: damarys.abad@unl.edu.ec

Celular: 0988616620

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Ángel Rolando Robles Carrión, PhD.

Dedicatoria

Dedico mi presente Trabajo de Investigación primero a Dios, a mi apreciada madre Jenny Camacho, a mis queridos hermanos Evelyn y Jostin quienes han sido un soporte esencial y una fuente constante de motivación en mi camino hacia este logro.

Sin duda, quiero expresar mi profunda gratitud a mi pareja, quien ha estado a mi lado desde el principio, brindándome apoyo en cada momento, especialmente en los momentos más difíciles. Le agradezco infinitamente por ayudarme a hacer realidad este sueño.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad Karen J, Jhandy H, Ismael G, Alejandro V, David L, Eddy O, Julia C y Jhonner C.

Con mucho amor y cariño.

Damarys Lilibeth Abad Camacho

Agradecimiento

La vida nos ofrece una belleza notable, y uno de sus aspectos más destacados es la posibilidad de compartirla y disfrutarla con aquellos a quienes amamos. Por ello, en primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios por permitirme estar aquí hoy. También quiero agradecer a mi madre, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional para alcanzar mis metas personales y académicas. A mi hermana, Salomé Abad, por creer siempre en mí y en mis capacidades, y a mi hermano, Jostin Chalaco, quien nunca dudó en ofrecerme su ayuda cuando la necesité.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor, Ángel Rolando Robles Carrión, por su dedicación y paciencia. Reconozco que, sin su conocimiento y apoyo, no habría alcanzado este objetivo tan deseado. Sus consejos serán recordados y llevados conmigo en mi trayectoria profesional.

Quiero expresar mi gratitud a mis amigas Karen J. y Julia C, así como a mis amigos Jhonner C, Eddy O y Jhandy H., quienes estuvieron siempre a mi lado durante todo este proceso. También quiero agradecer a mi equipo del laboratorio, integrado por Byron B, Karen J. y Aurilia C, quienes brindaron un apoyo invaluable para llevar a cabo esta investigación.

Quiero expresar mi agradecimiento a las autoridades de la Universidad Nacional de Loja, así como al personal docente, por brindarme la oportunidad de avanzar en mi formación profesional al permitirme dar este importante paso adelante.

Damarys Lilibeth Abad Camacho

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Anexos.....	xii
1. Título....	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivos.....	6
3.1.1. Objetivo General.....	6
3.1.2. Objetivos Específicos.....	6
4. Marco teórico	7
4.1. Hongos entomopatógenos.....	7
4.1.1 <i>Beauveria bassiana</i>	7
4.1.1.1. Característica.....	7
4.1.1.2. Morfología.....	7
4.1.2. <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
4.1.2.1. Características	8
4.1.2.2. Morfología.....	8
4.1.3. <i>Lecanicillium lecanii</i>.....	8
4.1.3.1. Características	8

4.1.3.2. Morfología.....	9
4.2. Modo de acción de Hongo Entomopatógenos.....	9
4.2.1. Adhesión.....	9
4.2.2. Germinación.....	9
4.2.3. Penetración.....	9
4.2.4. Producción de toxinas	10
4.2.5. Muerte	10
4.2.6. Colonización	10
4.2.7. Esporulación.....	10
4.2.8. Diseminación.....	10
4.3. Caracterización macroscópica	10
4.4. Caracterización microscópica	10
4.5. (<i>Bactericera cockerelli</i>).....	11
4.5.1. Ciclo de vida	11
4.5.2. Daños.....	11
4.5.3. Alternativas de control.....	12
4.5.4. Control cultural.....	12
4.5.5. Control Químico.....	12
4.5.6. Control Biológico.....	12
5. Metodología	14
5.1. Ubicación.....	14
5.2. Metodología General	14
5.3. Diseño Experimental.....	14
5.4. Análisis Estadístico	14
5.5. Metodología para el primer objetivo. “Aislar y caracterizar cultural y morfológica los diferentes hongos entomopatógenos”	15
5.5.1. Colecta de muestras.....	15
5.5.2. Aislamiento de hongos entomopatógenos	15
5.5.3. Purificación	15

5.5.4. Caracterización morfo-cultural de los aislamientos	15
5.5.6. Caracterización morfológica de los aislamientos.....	16
5.6. Metodología para el segundo objetivo. “Evaluar la virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>) en condiciones controladas”	17
5.6.1 Cría masiva de <i>Bactericera cockerelli</i>	17
6. Resultados	19
6.1. Caracterización cultural y morfológica los diferentes hongos entomopatógenos	19
6.2. Virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en paratrioza	21
7. Discusión	23
8. Conclusiones	27
9. Recomendaciones	28
10. Bibliografía	29
11. Anexos.....	35

Índice de Tablas

Tabla 1. Taxonomía de <i>Beauveria bassiana</i>	7
Tabla 2. Taxonomía de <i>Metarhizium anisopliae</i>	8
Tabla 3. Taxonomía de <i>Lecanicillium lecanii</i>	9
Tabla 4. Información general de los hongos entomopatógenos	19
Tabla 5. Características cultural - morfológicas de los aislados de hongos entomopatógenos nativos de la provincia de Loja.	21
Tabla 6. Virulencia de los tres tratamientos en la paratiroza (<i>Bactericera cockerelli</i>)	22

Índice de Figuras

Figura 1. Diseño experimental constará con 4 tratamientos donde se aplicará en paratrioza.	14
Figura 2. Microscopía en el objetivo 40x, en azul de metileno de los aislados (A) <i>Lecanicillium</i> spp. y (B) <i>Beauveria</i> spp. (Fuente: Autora).	19
Figura 3. Anverso (A) y reverso (B) del aislado <i>Lecanicillium</i> spp., en medio PDA. (Fuente: Autora)	20
Figura 4. Anverso (A) y reverso (B) del aislado <i>Beauveria</i> spp., en medio PDA. (Fuente: Autora)	20
Figura 5. Eficiencia del control biológico (ECB)	22

Índice de Anexos

Anexo 1. Datos de la Tasa de Crecimiento Radial (TCR).....	35
Anexo 2. Resultados del Análisis de Varianza para la TCR	35
Anexo 3. Datos del tamaño de conidias.....	35
Anexo 4. Resultados del Análisis de Varianza para la medición de conidias	38
Anexo 5. Datos del conteo de conidias.....	38
Anexo 6. Resultados del Análisis de Varianza para el conteo de conidias	38
Anexo 7. Virulencia de los hongos entomopatógenos.....	39
Anexo 8. Resultados del Análisis de Varianza para ECB	39
Anexo 9. Muestras de los hongos de las distintas localidades	39
Anexo 10. Siembra de los hongos entomopatógenos	40
Anexo 11. Medición de la Tasa de Crecimiento Radial (TCR)	40
Anexo 12. Procedimiento para el conteo de conidias en la Cámara de Neubauer	40
Anexo 13. Observación en el microscopio de las estructuras reproductivas y medición de conidias	41
Anexo 14. Tratamientos.....	41
Anexo 15. Certificado de la traducción del resumen.....	41

1. Título

Caracterización de hongos con potencial entomopatógenos nativos para el control de la paratRIOza (*Bactericera cockerelli*) en condiciones de laboratorio.

2. Resumen

La paratrioza (*Bactericera cockerelli*) ataca a los cultivos de Solanáceas, causa fuertes pérdidas de rendimiento debido a la transmisión de enfermedades, en la mayoría de los casos el control se lo hace con productos químicos por lo que conlleva a la resistencia y cambios en la diversidad microbiana. Para disminuir las consecuencias se puede implementar biocontroladores a base hongos entomopatógenos. Por tal razón, el objetivo del presente estudio es aislar y caracterizar hongos con potencial entomopatógenos para el control de la paratrioza en condiciones de laboratorio. Para lo cual, se recolectaron muestras de hongos en el cantón de Loja, las cuales se trasladaron al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional de Loja para su análisis. Se llevó a cabo la técnica de diluciones seriadas, las cuales fueron sembradas en medio PDA e incubadas a 25 °C a 28 °C. las muestras fúngicas fueron purificadas y sometidas a repiques. Posteriormente, se realizaron la caracterización cultural (aspecto, superficie, color) y morfológica (tasa de crecimiento radial, unidades formadoras de colonias, tamaño de conidias). Adicionalmente se evaluó la virulencia de los dos hongos entomopatógenos y un control químico en *B. cockerelli*, en plantas de pimiento. Los resultados indican la obtención de dos aislados *Lecanicillium* spp. (L) y *Beauveria* spp (B). que presentaron las siguientes características: Tasa Crecimiento Radial de 0,458 – 0,53 mm/día, un tamaño de *L.* 3,28 (largo) x 2,2 mm (ancho), *B.* 4,40 (largo)x 3,58 mm (ancho) y conidios de *L.* ($5,94 \times 10^7$), *B* ($1,24 \times 10^6$). Para el control de adultos de Paratrioza, el tratamiento de *Lecanicillium* controló un 91.88%, *Beauveria* con 90,41 % y el control químico destacó con 98%. Esto demuestra que los hongos en estudio pueden ser utilizados para un programa de control biológico

Palabras claves: Microorganismos entomopatógenos, Caracterización morfocultural, Virulencia.

Abstract

Paratrioza (*Bactericera cockerelli*) attacks Solanaceae crops, causing heavy yield losses due to disease transmission. In most cases, control is done with chemical products, which leads to resistance and changes in microbial diversity. To reduce the consequences, biocontrols based on entomopathogenic fungi can be implemented. For this reason, the objective of this study is to isolate and characterize fungi with entomopathogenic potential for the control of paratrioza under laboratory conditions. For this purpose, fungal samples were collected in the canton of Loja and taken to the Plant Health Laboratory of the National University of Loja for analysis. The technique of serial dilutions was carried out, which were sown in PDA medium and incubated at 25 °C to 28 °C. The fungal samples were purified and subjected to replating. Subsequently, cultural (appearance, surface, color) and morphological (radial growth rate, colony forming units, conidia size) characterization was performed. Additionally, the virulence of the two entomopathogenic fungi and a chemical control on *B. cockerelli* was evaluated on bell pepper plants. The results indicate the obtaining of two isolates *Lecanicillium* spp. (L) and *Beauveria* spp (B), which presented the following characteristics: Radial Growth Rate of 0.458 - 0.53 mm/day, a size of L. 3.28 (length) x 2.2 mm (width), B. 4.40 (length) x 3.58 mm (width) and conidia of L. (5.94×10^7), B (1.24×10^6) and B (1.24×10^6). For the control of Paratrioza adults, the *Lecanicillium* treatment controlled 91.88%, *Beauveria* with 90.41% and the chemical control stood out with 98%. This shows that the fungi under study can be used for a biological control program.

Key words: Entomopathogenic microorganisms, Morphocultural characterization, Virulence.

3. Introducción

Los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes de control, y se encuentran en más de 750 especies ambiente que infectan a las poblaciones de artrópodos (Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). Los géneros importantes son *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces* y *Lecanicillium*, los cuales constituyen el grupo más importante en el control biológico de ya que atacan una alta variedad de insectos (Cardona & Soto Giraldo, 2015) que son propensos a las enfermedades causadas por estos hongos (Gupta et al., 2022). Cuando las esporas entran en contacto con la cutícula de un insecto susceptible, germinan y se desarrollan dentro del huésped. Como consecuencia, el hongo se multiplica en el cuerpo del insecto, genera toxinas y se alimenta de los nutrientes del mismo, lo que eventualmente causa su muerte. Durante el inicio de la infección, los síntomas pueden ser visibles o no, pero los insectos exhiben una disminución en su movilidad y apetito. Al cabo de siete a diez días, fallecen debido a la desnutrición (Pacheco et al., 2019).

La Paratrioza (*Bactericera cockerelli*) ataca a los cultivos de Solanáceas, puede causar fuertes pérdidas de rendimiento debido a la transmisión de un fitoplasma entre 45 % a 80 % y en la mayoría de los casos el control en su totalidad es con productos químicos (Crespo et al., 2012 ; Bujanos & Ramos, 2015). Se nutre de la savia de las plantas y su toxina puede ocasionar que estas adquieran un tono amarillento y debiliten a la planta, lo que conlleva a una disminución en la producción y calidad de los frutos (Caranqui, 2019). Está asociada con enfermedades intratables del tomate y la papa, como la punta morada de la papa o el tizón del tubérculo (Zebra chip) y transmitida por el mismo psílido *B. cockerelli* (Viera et al., 2021).

En Ecuador, se registró por primera vez la presencia de la Paratrioza hacia finales de 2017 (Castillo & Vásquez, 2021). Se detectó la presencia de *B. cockerelli* en cultivos de papa en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi. Se llevó a cabo un estudio en 14 localidades de Tungurahua y cinco de Cotopaxi, donde se investigó su biología en condiciones controladas de laboratorio (a 21,2°C y 49,6% de humedad relativa). La plaga fue encontrada en siete de las 14 muestras de Tungurahua y en tres de los cinco sitios examinados en Cotopaxi. El ciclo biológico completo tuvo una duración promedio de 22,93 días, con una tasa de mortalidad del 59,6% en la etapa de huevo. Su manejo se centra en la aplicación de insecticidas (Castillo & Vásquez, 2021).

Durante las últimas décadas, ha habido un uso excesivo de plaguicidas químicos en todo el mundo para el control de plagas, lo que puede ser peligroso si se utilizan de manera inadecuada, ya que pueden alterar el equilibrio del ecosistema (Islam et al., 2021). Por esta razón, el control biológico se destaca como un enfoque sostenible para el manejo de plagas que

ocasionan pérdidas económicas en la agricultura y tienen impactos negativos en la salud tanto animal como humana (Nava et al., 2012). Sin embargo no siempre logra erradicar el nivel de daño económico, por lo que la mejor opción es un manejo integrado de plagas.

Tamayo et al., (2015) mencionan que se realizó varios estudios de controles biológicos de la paratryza (*Bactericera cockerelli*). De tal forma (Nava et al., 2012) indican que los productos a base de microorganismos benéficos podrían proporcionar opciones viables para los programas de MIP. Existe muchas especies de hongos entomopatógenos con los cuales se formulan bioinsecticidas eficaces, los cuales se basan en los hongos *Lecanillicum lecanii*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium spp* (Mauchline & Stannard, 2013).

Las especies *Beauveria bassiana* son ampliamente utilizados como posibles agentes de control biológico contra una diversidad de plagas (Merchán, 2015). En la investigación actual sobre el control de *Bactericera cockerelli*, muestran como potenciales insecticidas biológicos de hongos entomopatógenos evaluados en condiciones de laboratorio mataban a más del 80 %. Además, se evaluó un aislado mexicano (Bb42) y la cepa GHA *B. bassiana* en chile ancho, *Capsicum annuum L.*, en condiciones de campo (Tamayo et al., 2014).

Existen varias investigaciones sobre hongos entomopatógenos, sin embargo, aún se desconocen ciertos aspectos para aprovechar plenamente su potencial, que determinan esta especificidad, identificación de las distintas especies, y su modo de acción. En Ecuador, además los estudios del control biológico en paratryza se ha limitado a unos pocos microorganismos (Calpa, 2023). Por tal razón en el presente trabajo se plantea encontrar hongos entomopatógenos nativos del de la provincia de Loja y posteriormente aislar cepas nativas para su caracterización y evaluación del control de la paratryza (*Bactericera cockerelli*).

3.1.Objetivos

3.1.1. Objetivo General

- Aislar y caracterizar hongos con potencial entomopatógenos para el control de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en condiciones de laboratorio.

3.1.2. Objetivos Específicos

- Aislar y caracterizar cultural y morfológica los diferentes hongos entomopatógenos.
- Evaluar la virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en la paratrioza en condiciones controladas.

4. Marco teórico

4.1. Hongos entomopatógenos

Los hongos insecticidas son el principal grupo utilizado en el control biológico de insectos plaga. Estos hongos actúan al entrar en contacto con el insecto susceptible, donde sus esporas germinan y penetran directamente a través de la epidermis del insecto. Una vez dentro, el hongo se reproduce en el cuerpo del insecto, produciendo toxinas y absorbiendo sus nutrientes, lo que finalmente resulta en la muerte del insecto. Aunque los síntomas pueden no ser evidentes al principio de la infección, el insecto afectado comienza a experimentar pérdida de movilidad y apetito. Tras un período de siete a diez días, el insecto falla debido a la falta de nutrientes (Pacheco Hernández et al., 2019).

4.1.1 *Beauveria bassiana*

4.1.1.1. Característica

Es un hongo entomopatógeno caracterizado por la producción de muscardina blanca, esta es una enfermedad en la invade la epidermis del insecto, invade sus tejidos, crece en ellos y cubre su cuerpo con una capa de micelio y conidios, dándole la apariencia de insectos momificados (Ortiz, 2021).

Tabla 1. Taxonomía de *Beauveria bassiana*

Reino	Fungi
División	Amastigomicotina
Sub-división	Deuteromycotina
Clase	Hyphomycete
Orden	Moniliales
Familia	Moniliaceae
Género	<i>Beauveria</i>
Especie	<i>Bassiana</i> (Balsamo) <i>Vuillemin</i>

Fuente: (Ortiz, 2021)

4.1.1.2. Morfología

Características macroscópicas inicialmente crece como un suave algodón, luego toma un aspecto amarillento o rosa pálido, volviéndose polvoriento y cremoso con el paso de los días por la acción de las esporas, el dorso es blanco o amarillo claro. Características microscópicas es un hongo imperfecto dotado de hifas septadas que contienen estructuras reproductivas llamadas conidióforos sobre las que se desarrollan los conidios (Paredes, 2016).

4.1.2. *Metarhizium anisopliae*

4.1.2.1. Características

Es uno de los hongos entomopatógenos más relevantes empleados como bioinsecticidas, con una amplia gama de insectos hospedantes de diversos órdenes, incluyendo aquellos lepidópteros que son parásitos y tienen importancia agrícola. Su ciclo de vida incluye una fase infecciosa celular dentro del insecto y otra saprofítica en la cual el hongo completa su ciclo utilizando los nutrientes del cuerpo del insecto, lo que resulta en su muerte. Inicialmente, los insectos infectados están completamente recubiertos de micelio blanco, que posteriormente se torna verde con la presencia de las esporas del hongo (Acuña et al., 2015).

Tabla 2. Taxonomía de *Metarhizium anisopliae*

Super reino	Eukaryota
Reino	Fungi
Sub-reino	Dikarya
Filum	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Género	Metarhizium
Especie	Anisopliae
Nombre binomial	Metarhizium anisopliae
Nombre común	Hongo de la muscardina verde

Fuente: (Gandarilla, 2012)

4.1.2.2. Morfología

Las colonias tienen un borde micelial blanco conidióforos de la aparición de bultos, que adquieren color a medida que se desarrollan las esporas, el color del va del verde oliva al verde amarillento y al verde oscuro, esporas formado en hifas cilíndricas, a veces esporodoquios discretos, p. costras. Invertido incoloro o color miel abundantes conidióforos, generalmente con 2-3 ramas por nodo. Fialidas cilíndricas o fusiformes, fuertemente ahusado hacia la parte superior, conidios en la cadena formado en el vértice de la phialides, estrecho, cilíndrico, delgado y biselado en ambos extremos (Tiago et al., 2014).

4.1.3. *Lecanicillium lecanii*

4.1.3.1. Características

El hongo tiene una amplia distribución global y un amplio espectro como agente de control biológico potencial para varios huéspedes como pulgones, cochinillas, escarabajos, moscas, colémbolos y garrapatas. Existen varios estudios donde se confirma si contrala estos artrópodos (Beltrán et al., 2008).

Tabla 3. Taxonomía de *Lecanicillium lecanii*

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Deuteromycetes
Orden	Hypocreales
Género	Verticillium
Especie	Lecanii

Fuente: (Montalva, 2008).

4.1.3.2. Morfología

Los conidióforos de las especies de *Lecanicillium* apenas se diferencian de las hifas. células vegetativas y conidiógenas. Pero a veces pelean 16 días. El conidióforo es grande o alto, erecto y septado, con fiálides solitario o central grupos 2-8. Las conidias de *L. lecanii* son pequeñas y sobresalen de las puntas de las fiálidas del grupo cabezas de forma. Son de forma vítrea, cilíndrica o elipsoidal y redondeadas en los extremos. El termina con medidas que van desde los 2,3 a los 10,0 milímetros de largo desde el 1,0 al 2,5 Ancho mm. Estos conidios se presentan como gotas filamentosas o en cadenas (Zambrano, 2019).

4.2. Modo de acción de Hongo Entomopatógenos

Funcionan los hongos insecticidas, esto se basa en los ocho pasos que se describen a continuación.

4.2.1. Adhesión

El hongo se adhiere a la pared del insecto gracias a las esporas que se depositan en su superficie, pueden llegar a través de personas, animales, lluvia o viento (Téllez et al., 2009).

4.2.2. Germinación

Las conidias germinan y comienza a desarrollar en embrión, que posteriormente forma un órgano de compresión que le permite adherirse al insecto (Téllez et al., 2009)

4.2.3. Penetración

El proceso de penetración del hongo en el insecto lleva aproximadamente 10 horas en promedio y se lleva a cabo mediante una combinación de mecanismos físicos y químicos. Los mecanismos físicos incluyen la presión mecánica ejercida por el tubo germinativo sobre la epidermis, lo que provoca la ruptura de las membranas. Posteriormente, se produce una digestión química mediante enzimas como quitinasa, lipasa y proteasa. Estas enzimas

descomponen el tejido epidérmico, facilitando la entrada del hongo en el insecto plaga (Gómez et al., 2014).

4.2.4. Producción de toxinas

Los hongos insecticidas pueden generar efectos tóxicos con propiedades insecticidas, los cuales pueden ser producidos por metabolitos secundarios o enzimas como la quitinasa, amilasa, glucogenasa y lipasa (Gómez et al., 2014). *Beauveria bassiana* es capaz de suprimir la respuesta del sistema inmunológico del insecto, lo que facilita su penetración en el hospedante (Téllez et al., 2009).

4.2.5. Muerte

El insecto fallece antes de que el hongo complete su colonización, mayormente debido a la destrucción del tejido (Gómez et al., 2014).

4.2.6. Colonización

Después de la muerte del insecto, el micelio del hongo invade todos sus tejidos y órganos, lo cual suele llevar unos 5 días en promedio. Durante este período, el insecto no se descompone debido a la acción de una sustancia antimicrobiana (Gómez et al., 2014).

4.2.7. Esporulación

La formación de esporas ocurre 48 horas después de la aparición de los fragmentos fúngicos en el exterior del insecto, el tiempo varía en función de la humedad ambiental (Gómez et al., 2014).

4.2.8. Diseminación

Finalmente, las esporas producidas son transferidas a nuevos insectos por humanos, animales, lluvia o viento (Gómez et al., 2014).

4.3. Caracterización macroscópica

Las propiedades insecticidas de los hongos se observan y analizan sin utilizar un microscopio, las características a buscar incluyen el color (anverso, reverso), textura, forma y tamaño de la colonia formada por el hongo insecticida en el medio de cultivo, entre otras (FCN, 2017).

4.4. Caracterización microscópica

Los hongos entomopatógenos se pueden visualizar y distinguir mediante el microscopio, considerando su morfología específica, así como los tipos de hifas, micelios, conidióforos y su patrón de ramificación.

Beauveria bassiana, los conidios son células simples, esféricas a ovoides, de color blanco cremoso, haploides e hidrofóbicas con esterigma alargado y en zigzag alternativo en el

extremo distal llamado apéndices. En cultivos sólidos, el hongo produce conidios esféricos (1 a 3 μm de diámetro) u ovalados (1,5 a 5,5 x 1 a 3 μm). Las blastosporas no son tan contagiosas como las conidias.

Lecanicillium lecanii, es erecto, ancho en la base y termina en una punta delgada a través de la cual emergen los conidios. Suele ser en grupos de dos a seis, pero también hay individuales. Tienen una longitud de 11 a 30 μ y un diámetro de 1,5 a 2 μ , son ligeramente anchas en la base y se estrechan hacia la punta.

Metarhizium anisopliae, crece a partir del micelio y tiene ramificaciones irregulares, con dos o tres ramas en cada septa. 4 a 14 μ de largo y 1,5 a 2,5 μ de diámetro (Cañedo & Ames, 2004).

4.5. (*Bactericera cockerelli*)

Se considera una plaga invasora de las plantas de la familia *Solanaceae* con un impacto económico significativo. Este insecto, conocido como el psílido de la papa o del tomate, es originario de América del Norte, específicamente de Estados Unidos y México (Suwandharathene et al., 2022). Su origen se remonta a especímenes recolectados en Colorado, Estados Unidos. En la actualidad, se ha registrado la presencia de *B. Cockerelli* en Estados Unidos, Austria, Nicaragua, Australia y Nueva Zelanda (Pérez et al., 2021), ocasionando pérdidas de más del 50 % en las producciones (Liu & Trumble, 2006).

4.5.1. Ciclo de vida

El psílido *B. cockerelli*, clasificado como un hemíptero, sigue un ciclo de vida típico conocido como hemimetábolo, que incluye las etapas de huevo, ninfa y adulto (Wakil et al., 2018). Las puestas de huevos se ubican en los brotes jóvenes de la planta, mientras que las ninfas se encuentran principalmente en el envés de las hojas inferiores. Todas las etapas de la ninfa son móviles y se alimentan de manera preventiva de la planta hospedera. Tanto los adultos machos como las hembras se desplazan por la planta en búsqueda de puntos de alimentación, que generalmente se localizan en las nervaduras de las hojas y los tallos, donde pueden acceder a los tejidos del floema para succionar la savia (Marín et al., 1995).

4.5.2. Daños

El daño descrito se atribuye únicamente a las pupas, las cuales, al ser inyectadas con toxinas, provocan síntomas en las hojas de las plantas de papa, tales como el amarillamiento, y también pueden ocasionar decoloración en los tubérculos. En el caso de tomates, papas y pimientos, el daño causado por las ninfas puede resultar letal para las plantas si estas se adhieren a las hojas antes de la floración. Se ha observado una actividad hormonal anormal en las hojas

que están colonizadas por las ninfas (Vereijssen, 2020). Además, los daños indirectos están vinculados con enfermedades como la punta morada en la papa y el Zebra chip en el tomate, las cuales están asociadas con la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Bujanos & Ramos, 2015).

4.5.3. Alternativas de control

Para evitar daños económicos a los cultivos infectados por este insecto, se considera fundamental el monitoreo de la población para desarrollar estrategias a aplicar en cada una de las etapas vegetativas del cultivo un manejo integrado de los Psílicos (Padilla et al., 2010).

4.5.4. Control cultural

Padilla et al., (2010) señala que las plántulas de papa en etapa temprana se ven severamente afectadas por el psílido del tomate, mientras que las plántulas en etapa tardía se ven menos afectadas. Esto indica que es necesario generar información sobre el comportamiento del insecto para saber qué etapas de desarrollo tienen más probabilidades de ser atacadas por ese insecto, se utilizan trampas adhesivas fosforescentes amarillas y verdes para detectar animales adultos, y especímenes de hojas detectan pupas en las hojas inferiores de papa.

4.5.5. Control Químico

Algunos ingredientes activos utilizados en el control de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) son: abamectina, thiametoxan, bifentrina, Ciflutrina, imidacloprid (Toledo, 2014).

4.5.6. Control Biológico

Este método de control contribuye a preservar la estabilidad ambiental al regular las poblaciones de los principales parásitos mediante parasitoides, depredadores y entomopatógenos. Los productos biológicos para el control de *B. Cockerelli* están disponibles comercialmente y también se encuentran presentes de manera natural en el ecosistema agrícola (Marín et al., 1995).

Se destaca la investigación exhaustiva de diversas cepas de *Beauveria bassiana*, particularmente en su efectividad contra plagas como la broca del café, donde se observó una tasa patogénica del 100 % a las 144 horas (Cañizalez et al., 2015). Además, se mencionan estudios previos que involucran a *B. bassiana* y *M. anisopliae* (Gandarilla, 2012). En todos estos trabajos, las cepas estudiadas se consideran prometedoras para el desarrollo de tecnologías de control biológico de *D. citri*. Por ejemplo, *M. anisopliae* causó mortalidades del 93 % al 100 % en ninfas, mientras que en adultos el rango de mortalidad varió entre el 40 % y el 95 % (Mellín et al., 2016).

Esta investigación tuvo como objetivo explorar el posible uso del entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* (Zimm.). Se utilizaron tres cepas nativas de este hongo: una cepa de *M. persicae* (VL-A), otra aislada de *Erinnyisello* L. (VL-GC) y una tercera de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (VL-MB). Estas cepas se probaron a una concentración de 1×10^8 conidios /ml contra *M. persicae* cultivada en plantas de rábano. La cepa VL-A fue la más patógena causando una mortalidad total del 100%, mientras que VL-GC y VL-MB causaron un 37,5% y un 30% de mortalidad, respectivamente. Cuando la cepa VL-A se evaluó en tres concentraciones (1×10^4 , 1×10^6 , 1×10^8 e/ml) en áfidos criados en plantas de rábano, se observó que la mortalidad aumentaba a medida que la concentración era mayor, del 39,5% al 100% (Hincapie et al., 1990).

Se llevó a cabo una investigación utilizando la cepa nativa MA25 de *M. anisopliae* y las cepas comerciales Metabich® (MA28) y Bassianil® (BB09), así como la cepa nativa BB42 de *B. bassiana*. Se evaluaron cinco concentraciones sobre ninfas del tercer estadio de *B. cockerelli* y se determinaron sus CL50 y CL95. Todas las cepas mostraron ser patógenas para el psílido de la papa, siendo las más tóxicas BB09, BB42 y MA28. La mortalidad osciló entre el 90% y el 100% con las concentraciones más altas de cada cepa. La cepa más virulenta resultó ser BB09, con una CL50 de $2,99 \times 10^4$ conidias mL⁻¹, mientras que la menos virulenta fue MA25, con una CL50 de $6,34 \times 10^5$ conidias mL⁻¹ (Villegas et al., 2017).

5. Metodología

5.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja, en el laboratorio de Sanidad Vegetal correspondiente a la Carrera de Agronomía.

5.2. Metodología General

La investigación es de carácter cualitativo y cuantitativo, ya que se midió parámetros como color de colonias, forma y la tasa de crecimiento radial. Es descriptivo porque se detalla las características de crecimiento de los hongos y su eficiencia contra plaga. Las muestras de hongos fueron recolectadas de insectos y hojas infectadas en el cantón de Loja y en el cantón de Chaguarpamba, se trasladó a laboratorio y se realizó los análisis respectivos.

5.3. Diseño Experimental

Para la metodología del segundo objetivo se evaluó la virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en la paratrioza en condiciones controladas, mediante un diseño completamente al azar (DCA). Se aplicaron 4 tratamientos incluido el testigo con 5 repeticiones (**Figura 1**), teniendo un total de 20 unidades experimentales (UE).

Los tratamientos son **T1**= *Lecanicillium* + *Bactericera cockerelli*, **T2**= *Beauveria* + *Bactericera cockerelli* y **T3**= Químico (Imidacloprid) + *Bactericera cockerelli*.

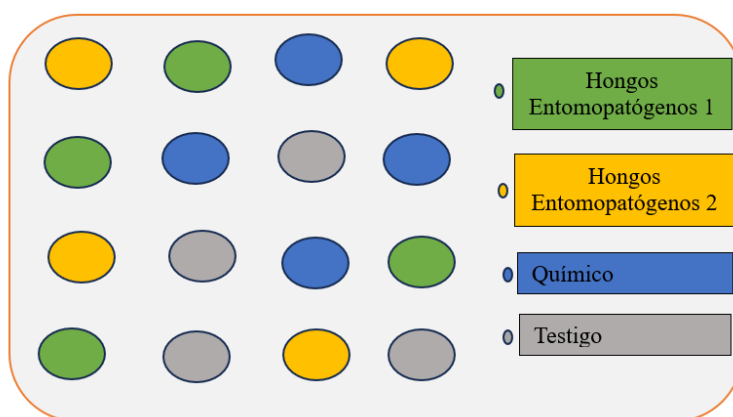


Figura 1. Diseño experimental constará con 4 tratamientos donde se aplicará en paratrioza.

5.4. Análisis Estadístico

Se utilizó el programa de software InfoStat versión 2020 para las pruebas de ANOVA y pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, para las variables en las que se encontradas significancias estadísticas, se aplicaron pruebas de comparación múltiple de Tukey (95 %) p-valor menor al 0,05.

5.5. Metodología para el primer objetivo. “Aislar y caracterizar cultural y morfológica los diferentes hongos entomopatógenos”

5.5.1. Colecta de muestras

Se recolectó muestras de hongos en el cantón de Loja, en la paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc) que se encontraron en plantas de tomate de riñón y en el cantón de Chaguarpamba en plantas de café. Las muestras se llevaron en bolsas de plástico (ziploc) al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional de Loja, donde se conservaron a temperatura ambiente para su posterior análisis.

5.5.2. Aislamiento de hongos entomopatógenos

Elósegui et al., (2006) nos mencionan un protocolo para el aislamiento de hongos entomopatógenos.

Los hongos extraídos de la paratrioza y hoja de café se desinfectaron con alcohol al 70% durante 2 minutos, luego se enjuaga cuatro veces con agua destilada estéril y se sembró el insecto y hojas en cajas de Petri que contenían medio artificial en las cajas Petri, se selló con papel Parafilm y se dejó en incubación a una temperatura de 25°C a 28°C ± 1°C durante 7 días. Para la preparación de este medio artificial se colocó 3,9 g de papa dextrosa agar (PDA) en un matraz de 250 ml y se añadió 100 ml de agua destilada para después colocar en un agitador magnético por 15 min 300 °C con velocidad de 12, ya cuando el medio está listo se dispensó en las cajas de Petri esterilizadas y se esperó hasta que se solidifique el medio.

5.5.3. Purificación

Para obtener las cepas puras de los dos hongos se purificó las colonias de los hongos que crecieron con ayuda de un asa bacteriológica en placas de Petri con medio PDA (Anexo 10) y se incubó a 25°C, de 7 a 10 días, hasta que el crecimiento de cada purificación completo la dimensión de la caja de Petri.

5.5.4. Caracterización morfo-cultural de los aislamientos

Para la caracterización cultural y morfológica, se realizó repiques a partir de cultivos monospóricos, con un sacabocados con discos de 15,22 mm de diámetro. Estos repiques se realizaron en 10 cajas que contenían medio de cultivo PDA, y posteriormente se incubaron a una temperatura de 25°C a 28 °C para examinar sus características.

5.5.5. Caracterización cultural

En cuanto a las características cultural, se tomó en cuenta aspectos como la apariencia, color el anverso y reverso de la placa utilizando la tabla de colores de <https://encycolorpedia.es/>

, el diámetro y la superficie de la colonia. Además, se observaron la textura del micelio, el borde, la consistencia y el desarrollo (FCN, 2017).

- a) **Superficie:** lisa, acuminada, radiada y umblicada.
- b) **Borde:** liso, radiado, festoneado, lobulado.
- c) **Consistencia:** blanda, filante, adherente, y leñosa.
- d) **Aspecto:** cremoso, yesoso, algodonoso afelpado y terciopelado.
- e) **Desarrollo:** pobre, regular y abundante

5.5.6. Caracterización morfológica de los aislamientos

Para el cremento radial (expresado en mm/día) con ayuda de un calibrador digital (Anexo 11) se midió el diámetro de las colonias hasta que la caja está completamente llena. Las mediciones se llevaron a cabo a las 48 horas, 96 horas y 144 horas. Con los valores, se aplicó la fórmula propuesta por Baldrian & Gabriel (2002).

$$TCR = \frac{(Df - Di)}{(Tf - Ti)}$$

Dónde:

TCR: Tasa de crecimiento radial; **Df:** Diámetro final (mm); **Di:** Diámetro inicial (mm);

Tf: Tiempo final (días); **Ti:** Tiempo inicial (días)

La caracterización morfológica, se realizó mediante la técnica de microcultivos en portaobjetos con medio PDA, los cuales fueron incubados a una temperatura aproximada de 28°C durante 72 horas. Al término de este periodo de incubación, se examinaron las muestras utilizando un estereoscopio en el programa Imagen J (Anexo 13). Se empleó un valor micrométrico de 1 µm con un objetivo de 40X para determinar las dimensiones de las estructuras reproductivas. Se llevaron a cabo mediciones de largo y ancho de 100 conidias (Anexo 3) seleccionadas al azar con el fin de determinar su tamaño promedio, siguiendo el método descrito por Castaño, (1986).

Se realizó el conteo de conidias para los dos hongos, donde se utilizó el medio Difco™ Potato Dextrose Broth, para lo cual se preparó 7,2 g para 300 ml en un matraz y se calentó hasta que alcanzó el punto de ebullición para luego esterilizar y dispensar en tubos. Posteriormente, se sembró *Lecanicillium* y *Bauveria* 3 tubos de ensayo por cada hongo y se incubó en un agitador Shaker análogo por 7 días. Pasado el tiempo de incubación con ayuda de una pipeta se

colocó 0,1 ml en la cámara Neubauer doble (Depth, Alemania) para el método de conteo por cuadrantes con un aumento de 40X (Anexo 12).

Para calcular la concentración final de unidades formadoras de colonias (UFC), se aplicó la fórmula propuesta por (Rojas, 2011).

$$CCN = \sum n (5 \times 10\ 000)$$

Dónde: CCN: Concentración en la cámara de Neubauer; $\sum n$ = Suma del conteo de celdas en los cinco cuadrantes en la cámara de Neubauer; (5 X 10 000) = Constante.

5.6. Metodología para el segundo objetivo. “Evaluar la virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en condiciones controladas”

5.6.1 Cría masiva de *Bactericera cockerelli*

La crianza masiva de la Paratrioza se realizó mediante el método descrito por Luna et al., (2011) donde adultos de *B. Cockerelli* se colocaron en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) de 45 días de edad para la oviposición en jaulas entomológicas de 75 x 55 cm forradas con organza. Las plantas se cultivaron en tarrinas de plástico con sustrato (arena + turba 1:1), se regaron con solución nutritiva y se mantuvieron en invernadero a 20 ± 4 ° C, 60 %. Los adultos se dejaron desovar en las plantas durante 15 días y luego se retiraron con un vacío entomológico. Cabe mencionar que se incluyeron plantas de pimiento sanas en el desarrollo de los bioensayos para producir nuevas generaciones.

Con el fin de cumplir este objetivo se preparó los inóculos para las pruebas de mortalidad del insecto en una cámara de Neubauer donde se contaron las UFC (Unidades Formadoras de Colonias) y se procedió a calcular el volumen final, mediante la fórmula propuesta por (Castellanos et al., 2011).

$$V_i = \frac{V_f \times C_f}{C_i}$$

Donde:

V_i = Volumen inicial; C_i = Concentración inicial; V_f = Volumen final; C_f = Concentración final. Para evaluar la virulencia de los dos hongos entomopatógenos en *B. cockerelli*, se seleccionen plantas de pimiento de 45 días de edad, con una altura de aproximadamente 20 cm y tres hojas verdaderas. Estas plantas fueron aisladas y cubiertas con tarrinas plásticas transparentes

invertidas (Anexo 14), con el fondo protegido por organza. Luego, se introdujeron 30 adultos de *B. cockerelli* en cada planta. Utilizando un atomizador manual, se aplican concentraciones de 1×10^6 μ fc de *Lecanicillium* spp. y *Beauveria* spp. Se registró diariamente el número de *B. cockerelli* que permanecían vivos en cada planta tratada, y se mantuvieron plantas sin ninguna aplicación como grupo de control. Todas las plantas se mantuvieron en condiciones ambientales. Se realizó cinco repeticiones para cada tratamiento. La virulencia que tuvo de los hongos entomopatógenos se calculó a través del porcentaje de la eficiencia control biológico (ECB) utiliza la fórmula utilizada por Ru & Di, (2012).

$$ECB = \frac{(I1 - I2)}{I1} \times 100\%$$

Dónde:

I1 = Número de individuos vivos (Tratamiento testigo) y

I2 = Número de individuos vivos del control biológico

6. Resultados

6.1. Caracterización cultural y morfológica los diferentes hongos entomopatógenos

Las muestras fueron colectadas en distintos lugares y hospederos. El aislado procedente de Chaguarpampa, fue colectado de plantas de café, mientras que el aislado de Loja se colecto del cadáver del insecto (**tabla 4**).

Tabla 4. Información general de los hongos entomopatógenos

Hospedero	Hongos entomopatógenos	Lugar	Latitud	Longitud	Altitud msnm
Hoja de café	<i>Lecanicillium</i>	Chaguarpamba	-3.880610°	-79.638795°	800 msnm
Insecto	<i>Beauveria</i>	Loja	-4.036092°	-79.203463°	2135 msnm

Los aislados pertenecen a *Lecanicillium* spp. y *Beauveria* spp., los cuales fueron identificados taxonómicamente a nivel de género mediante la observación de sus estructuras (**figura 2**), y luego caracterizados cultural y morfológicamente.

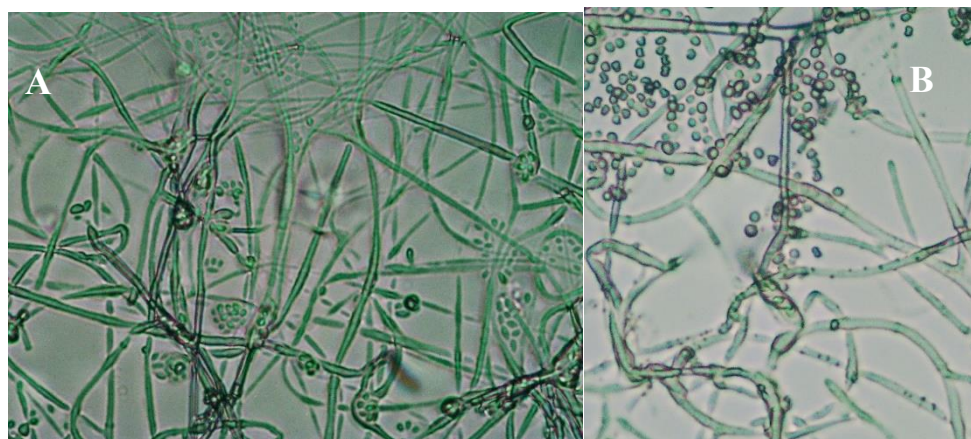


Figura 2. Microscopía en el objetivo 40x, en azul de metileno de los aislados (A) *Lecanicillium* spp. y (B) *Beauveria* spp. (Fuente: Autora).

El aislado de *Lecanicillium* spp. presenta coloraciones blancas en su anverso y crema en el reverso, una superficie acuminada, bordes lobulados, consistencia algodonosa y desarrollo regular. La medida aproximada de la colonia es de 7,5 cm de largo y 7,8 cm de ancho.

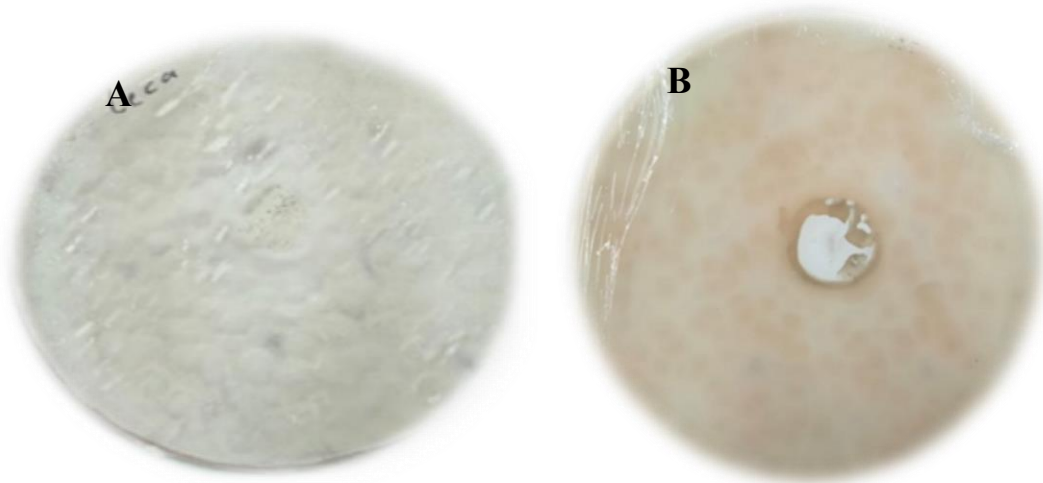


Figura 3. Anverso (A) y reverso (B) del aislado *Lecanicillium* spp., en medio PDA. (Fuente: Autora)

Beauveria spp. presenta coloraciones blanco amarillento anverso, y en el reverso crema, además de presentar una superficie plana, bordes radiados, consistencia blanda y desarrollo limitado. La medida aproximada de la colonia es de 8 cm de largo y 7,5 cm de ancho como se puede observar en **figura 4**.

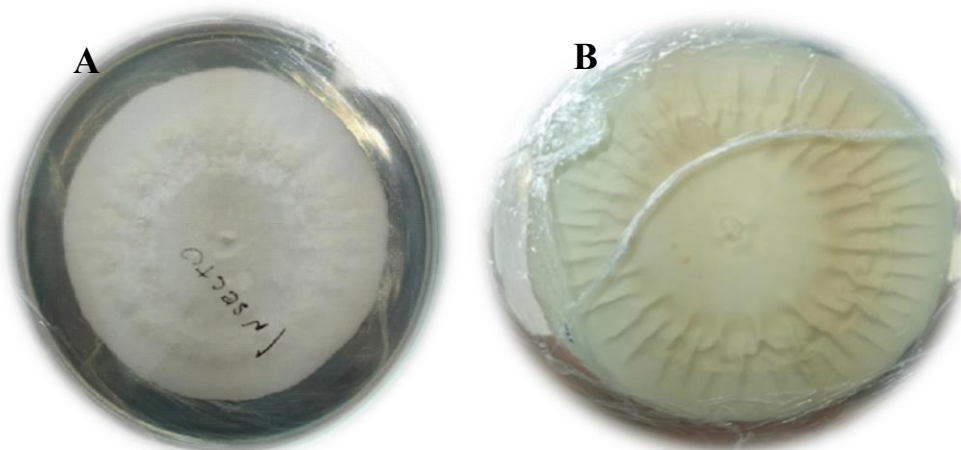


Figura 4. Anverso (A) y reverso (B) del aislado *Beauveria* spp., en medio PDA. (Fuente: Autora)

Tanto el aislado de *Lecanicillium* spp. como *Beauveria* spp. presentaron una expansión moderada, completando su crecimiento a las 144 h después de ser sembrado a 28 °C con una TCR (Anexo 1 y 2) que fue de 0,45 – 0,53 mm/día respectivamente como se observa en la **Tabla 6**. En la medición de los conidios si hay diferencias significativas (Anexo 4) de los dos aislados donde destaca *Beauveria* spp. con un mayor tamaño ya que midieron 4,40 de largo y 3,58 mm de ancho y *Lecanicillium* tiene 3,28 de largo y 2,2 mm de ancho. De igual forma en el número de conidios existe diferencias significativas donde se evidencia que el mejor valor es del aislado *Lecanicillium* muestra un mayor número de esporas con $5,94 \times 10^7$ conidios/mL.

Tabla 5. Características cultural - morfológicas de los aislados de hongos entomopatógenos nativos de la provincia de Loja.

CUALITATIVO			CUANTITATIVOS	
HE	Color	Tasa de crecimiento radial	Tamaño de Conidios	Número de Conidios (conidios/ml)
<i>Lecanicillium</i>	Blanco	0,45 mm	3,28 x 2,2 b	5,94 x 10 ⁷ b
<i>Beauveria</i>	Blanco amarillento	0,53 mm	4,40 x 3,5 a	1,24 x 10 ⁶ a

Leyenda: *Lecanicillium* (Chaguarpampa), *Beauveria* (Loja). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($\alpha > 0,05$). HE. (Hongos entomopatógenos).

6.2. Virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en paratrioza

Para estimar la virulencia de los hongos entomopatógenos para el control de la paratrioza en plantas de pimiento, se preparó soluciones que contenían 99.83 mL de agua destilada estéril y 0.17 mL del inóculo de *Lecanicillium* spp. y para *Beauveria* spp. se utilizó 99.23 mL de agua destilada estéril y 0.77 mL del inóculo; para completar los 100 mL del volumen final. Dichas soluciones se asperjaron en las plantas con 30 adultos vivos de *Bactericera cockerelli*. También se aplicó un producto químico denominado Midoblida con el de (Imidacloprid) y el tratamiento testigo sin ninguna aplicación.

La primera evaluación se realizó a las 48 horas, se procedió a contar el número de insectos muertos donde destacó el tratamiento 3 del producto químico frente a *Bactericera cockerelli* y tratamiento 1 de *Lecanicillium* con un porcentaje de 31,33 % y 12,67 % respectivamente. En el segundo conteo a las 72 horas el tratamiento 3 controló en un 46 % a la paratrioza, seguido del tratamiento 1 con 21,33 %. A las 96 horas con un valor de 58,67 % destacó el tratamiento químico. En el cuarto conteo a las 120 horas sobresalió el tratamiento 3 con 76,67 %, seguido del tratamiento 1 de *Lecanicillium* frente a *Bactericera cockerelli* con 50 %. A las 144 h tuvo más virulencia el tratamiento 3 del producto químico con 85,33 % seguido del tratamiento 1 de *Lecanicillium* con 59,33. Al sexto día es decir a las 168 horas se contabilizó los insectos muertos donde destacó el tratamiento 3 con 94% seguido del tratamiento 2 de *Beauveria* frente a *Bactericera cockerelli* con 76,67 %. A las 192 horas el tratamiento que tuvo un mayor valor fue el 3 tratamiento con 98 % seguido del tratamiento 1 con el 91,88% y por último el tratamiento 2 con el 90,41 %. Los tres tratamientos tuvieron una buena eficiencia en el control de *Bactericera cockerelli* como se puede observar en la **figura 5**.



Figura 5. Eficiencia del control biológico (ECB)

Tabla 6. Virulencia de los tres tratamientos en la paratrioza (*Bactericera cockerelli*)

Tratamiento	48 h	72 h	96 h	120 h	144 h	168 h	192 h
T1= <i>Lecanicillium</i> + B	12,67 b	21,33 b	41,33 b	50,00 b	59,33 b	70,67 b	91,88 b
T2= <i>Beauveria</i> + B	7,33 b	14,67 b	20,67 b	33,33 b	53,33 b	76,67 b	90,41 b
T3= Químico + B	31,33 a	46,00 a	58,67 a	76,67 a	85,33 a	94,00 a	98,00 a

Leyenda: **T1= *Lecanicillium*** (Chaguarpamba) + B (*Bactericera cockerelli*), **T2= *Beauveria*** (Loja) + B (*Bactericera cockerelli*), **T3= Químico** (Midoblida Imidacloprid) + B (*Bactericera cockerelli*). Medias con letras distintas en cada columna difieren según la prueba de Tukey ($\alpha > 0,05$).

7. Discusión

7.1 Caracterización cultural y morfológica los diferentes hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son componentes importantes de la microbiota de los ecosistemas terrestres, y tanto el suelo como los insectos infectados han sido reconocidos como sus reservorios naturales (Quesada et al., 2023). Especialmente muchas especies como *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., *Isaria* spp. y *Lecanicillium lecanii* los cuales son estudiados en varias investigaciones (Araújo & Hughes, 2016). Por lo cual en el presente estudio se trabajó con *Lecanicillium* y *Beauveria* para observar sus características y comportamiento como biocontrolador de la paratrioza (*B. cockerelli*).

Se obtuvo el hongo *Lecanicillium* spp. a partir de hojas de café en el cantón Chaguarpamba, lo cual corresponde a lo que menciona Setiawati et al., (2021) sobre el género *Lecanicillium* spp. que está presente en varias plantaciones de café en Indonesia, conocido como micoparásito en *Hemileia vastatrix*. Mientras que *Beauveria* spp. se encontró presente en el cadáver de la paratrioza ya que según sustentan Sharma et al., (2020) ciertos hongos entomopatógenos se encuentran con bastante frecuencia en suelos y cadáveres de insectos en el caso de micosis visible.

Referente a las características morfoculturales, *Beauveria* spp. presenta coloraciones blanco amarillento en el anverso, y en el reverso crema con una consistencia blanda y desarrollo limitado. Lo que coincide con Gebremariam et al., (2021) ya que indica que los aislados de *Beauveria* en el estudio que realizó mostraron patrones de crecimiento dispersos, color de colonia de blanco a blanco amarillento, textura algodonosa, y forma redonda. Así mismo la tasa de crecimiento radial en el presente estudio fue de 0,53 mm/día y $1,24 \times 10^6$ conidios/ml mientras que según Zhou et al., (2022) tuvo una tasa de crecimiento día⁻¹ que van desde 0,89 a 3,43 mm/día⁻¹ como un rendimiento de conidios cuantificados que oscila entre $1,40$ y $3,28 \times 10^8$ esporas/ml en promedio, estos datos son mayores a lo que se obtuvo en nuestro ensayo ya que los aislados se cultivaron en medio enriquecido SDAY que consta de 4% de glucosa, 1% de peptona, 1% de extracto de levadura y 1,5% de agar a 25 ° C en un ciclo de luz/oscuridad de 12 :12 h para crecimiento normal y germinación de conidios y en CZA que contenía 3 % de sacarosa, 0,3 % de NaNO₃, 0,1 % de K₂HPO₄, 0,05 % de KCl, 0,05 % de MgSO₄ y 0,001 % de FeSO₄ más 1,5 % de agar.

En tanto, las colonias de *Lecanicillium* spp. presentaron coloraciones blancas en su anverso y crema en el reverso, una superficie acuminada, bordes lobulados, consistencia algodonosa y desarrollo regular a 25 °C, lo cual coincide con lo que menciona Y.-M. Zhou et

al., (2022) donde observó que el hongo era blanco amarillento y en el reverso parcialmente amarillento a crema. La tasa de crecimiento radial que se alcanzó fue de 0,45 mm/día entre tanto Meng et al., (2022) obtuvo un valor de 0,52 mm/día, esto con la aplicación de una fuente de nitrógeno de NH₄Cl. Se obtuvo un tamaño de conidios de 3,28 de largo y 2,2 de ancho, valores altos para el estudio de Y.-M. Zhou et al., (2022) donde los conidios son ovalados de 1,5 a 2,4 × 1 a 1,5 μm, esto debido a que las cepas aisladas se inocularon en agar papa dextrosa (PDA) durante 20 días en condiciones de 12 h de luz/12 h de oscuridad lo que no permitió un mayor crecimiento de las esporas. De igual forma el número de conidios fue de 5,94 x 10⁷ lo cual es contrastante con la investigación de Arévalo et al., (2009) donde presentó un valor de 5,2 x 10⁶ a 8,5 x 10⁸ conidios por g de sustrato colonizado de granos de arroz a una temperatura de 30 ° C.

7.2 Virulencia de los diferentes aislados de hongos entomopatógenos en paratrioza

Los hongos entomopatógenos son los enemigos naturales de las plagas, por lo tanto, su importancia en la agricultura es bastante alta (Sharma et al., 2020). Sin embargo, la eficacia es variable y la combinación de diferentes controles podría mejorar las tasas de éxito (Accoti et al., 2021) para contrarrestar las defensas inmunes de los insectos. Vidhate et al., (2023) afirman que se efectúan numerosos estudios a bases de hongos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp., *Paecilomyces farinosus* y *Lecanicillium muscarium* los cuales son los más utilizados para el biocontrol. Por lo cual en la presente investigación se aplicó tres tratamientos para el control de *B. cockerelli*, el tratamiento uno a base de un producto químico denominado Midoblida, el tratamiento dos con *Beauveria* spp. y el tratamiento tres con *Lecanicillium* spp.

Es así como la eficiencia del control que se realizó frente a 30 adultos de paratrioza en 5 plantas de pimiento, fue bueno ya que se obtuvo altos valores, donde destacó el tratamiento químico con el producto im cuyo componente activo es imidacloprid con un porcentaje de control de 98 % a las 192 horas. Este insecticida es sistémico, actúa por contacto y por ingestión ya que, al aplicarlo en la planta, penetra hasta sus tejidos y a través de ellos se distribuye por todas sus partes, por lo que se convierte en venenosa para la plaga mediante la alteración de su sistema nervioso central causándole parálisis que lleva a la muerte (Bayer, 2024), y como resultado un rápido efecto de control prolongado por 1 a 3 semanas, dependiendo del problema y del cultivo (Elizondo et al., 2013)

Así mismo el trabajo de Sarkar et al., (2023) coinciden con los resultados anteriormente mencionados, donde en condiciones de invernadero contra adultos y ninfas de *B. cockerelli* en la cuenca de Columbia mostraron CL_{50} para el 50% de las ninfas siendo más eficaces que para

adultos mientras que los resultados mostraron que el espinetoram y altas tasas de imidacloprid tenían la mayor actividad inmediata y residual contra los adultos. Es relevante señalar que los efectos de diferentes insecticidas químicos pueden variar cuando se aplican a diferentes plantas o cultivares y que el control depende de la etapa en el que el insecto se encuentre ya que la ninfa de *B. cockerelli* suele vivir en el envés de la hoja, lo que reduce el impacto de los insecticidas de contacto.

Referente al tratamiento 1 de *Lecanicillium* frente a 30 adultos de *B. cockerelli* destacó en segundo lugar con 2 insectos vivos y un porcentaje de 91,88% a las 192 h es decir a los 8 días, lo cual muestra que controla al insecto de forma eficiente, y pese a que no se encontró investigaciones del hongo frente a la paratrioza, Y.-M. Zhou et al., (2023) sustentan que la patogenicidad de *Lecanicillium* para *F. occidentalis* en el bioensayo de adultos mostró una mortalidad que osciló entre 53,3 % en el tratamiento de 1×10^5 conidias/ml y 85,6 % en el tratamiento de 1×10^8 conidias/ml después de 7 días, valores bajos al comparar con los expuestos en el presente ensayo. De la misma manera para evaluar el nivel de virulencia de *L. lecanii* contra *B. tabaco*, en el trabajo de Lin et al., (2021) mostraron que cuando el número de *B. tabaci* en tomates era 50 adultos, la mortalidad era del 79,00 % y cuando el número de adultos era 100 la mortalidad es de 67,33 % en 7 días. Estos valores no coinciden con los de nuestra investigación, sino más bien variaron, ya que se realizó a una temperatura de 25 ° C y una vez que la planta tuvo la novena hoja verdadera a diferencia de nuestro trabajo que fue a la tercera hoja verdadera y a una densidad menor de insectos.

El tratamiento 2 de *Beauveria*, pese a que no destacó significativamente frente al tratamiento 3 de *Lecanicillium* debido a que presentó una mayor concentración de conidios, si presentó diferencias con el tratamiento químico, con un valor de 90,41 % lo cual concuerda con Liu et al., (2019) donde *Beauveria bassiana*, tuvo una mayor mortalidad contra ninfas y adultos del primer estadio de *B. cockerelli* que otras 15 cepas de hongos probados. Además en un bioensayo de dosis múltiples $1 \times 10^5 - 1 \times 10^8$ conidios/ml, realizado por Gebremariam et al., (2022) donde evaluaron la patogenicidad de los aislados en 15 adultos de mosca blanca por hoja obtuvieron una mortalidad de 98,33% después de 10 días de tratamiento, lo cual se acerca a los datos que presentamos en el trabajo, cabe mencionar que las hojas se colocaron en agar agua al 0,2% en una placa de Petri y se incubaron a 25 °C durante 10 días, es decir se realizaron en condiciones de laboratorio más no en invernadero.

Mientras que en otra investigación que se realizó en Chile en invernadero a una temperatura de 26 ° C, se colocó 100 adultos de mosca blanca en plantas de tomate con 5 hojas verdaderas y se aplicó un inoculo de 1×10^6 conidios mL⁻¹ de cepas endófitas nativas de *B.*

bassiana, donde redujo significativamente el número de huevos en los folíolos y sobresalió con un 65% de mortalidad sobre el tratamiento químico de 58% (Barra-Bucarei et al., 2020) lo cual alienta a realizar más ensayos para evaluar su patogenicidad. Hay que recalcar que se usaron cinco cepas distintas de *Beauveria* spp., previamente caracterizadas por lo que debido a esto varía el porcentaje de mortalidad. Es necesario mencionar que el umbral económico para *B. cockerelli* es de tres adultos por planta (Walker et al., 2011) por lo que el nivel óptimo de control por parte de los hongos entomopatógenos es de 90%.

Según Butt et al., (2016) las etapas clave en los procesos invasivos y de desarrollo de los hongos entomopatógenos (EPF) son la adhesión de esporas, germinación, diferenciación de estructuras de infección, penetración, colonización del hemocele mediante la producción de enzimas y metabolitos secundarios como bassianina, tenellin, beauvericina, bassiacridina y oosporeína producidas por *Beauveria bassiana* (Lara et al., 2021) lo que elimina a las plagas debido a su actividad insecticida complementaria o sinérgica y la esporulación después de la emergencia de cadáveres con micosis. Además, que después de la muerte del insecto los EPF cambian a una fase saprofita, con crecimiento activo de hifas y producción de estructuras reproductivas en la micela aérea emergente para su dispersión y completar su ciclo de vida en nuevos huéspedes (Bueno-Pallero et al., 2018).

Finalmente, la investigación, el desarrollo y la implementación del control biológico contra *B. cockerelli* presentan un enfoque alternativo para el control que también puede contribuir al desarrollo de un Manejo Integrado (Sarkar et al., 2023) debido a que el éxito del control biológico depende de múltiples factores bióticos y abióticos. Por ejemplo, los microorganismos entomopatógenos son susceptibles a condiciones climáticas como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta (Koller et al., 2023).

8. Conclusiones

- Las características culturales (crecimiento, colonia y pigmentación) y morfológicas (tasa de crecimiento radial, medición y número de esporas) permitieron caracterizar y diferenciar dos hongos entomopatógenos los cuales mediante la literatura científica se manifiesta que pertenecen al género *Lecanicillium* spp. y *Beauveria* spp.
- En el control de adultos de *Bactericera cockerelli*, el tratamiento químico resulto más efectivo con un porcentaje de virulencia del 98 % diferenciándose estadísticamente de los dos tratamientos con hongos entomopatógenos quienes presentaron valores de 91, 88 % *Lecanicillium* spp. y 90,41 % *Beauveria* spp lo cual significa que lograron también controlar a adultos de *Bactericera cockerelli* por lo que pueden ser una alternativa al uso de insecticidas convencionales.

9. Recomendaciones

- Realizar estudios sobre la caracterización molecular de los hongos entomopatógenos.
- Realizar más investigaciones con uso de hongos entomopatógenos sobre la virulencia de paratrioza y comprobar los postulados de Koch.
- En futuros ensayos probar diferentes concentraciones de los hongos entomopatógenos en paratrioza.

10. Bibliografía

- Accoti, A., Engdahl, C. S., & Dimopoulos, G. (2021). Discovery of Novel Entomopathogenic Fungi for Mosquito-Borne Disease Control. *Frontiers in Fungal Biology*, 2. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.637234>
- Acuña, M., García, C., Rosas, N., López, M., & Sainz, J. (2015). Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31.
- Araújo, J. P. M., & Hughes, D. P. (2016). Diversity of Entomopathogenic Fungi (pp. 1–39). <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.001>
- Barra-Bucarei, L., González, M. G., Iglesias, A. F., Aguayo, G. S., Peñalosa, M. G., & Vera, P. V. (2020). *Beauveria bassiana* Multifunction as an Endophyte: Growth Promotion and Biologic Control of *Trialeurodes vaporariorum*, (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Tomato. *Insects*, 11(9), 591. <https://doi.org/10.3390/insects11090591>
- Bayer. (2024). *Seguridad de los insecticidas neonicotinoides para las abejas*.
- Beltrán, C., Gutiérrez, A., & Saldarriaga, Y. (2008). Patogenicidad de *Lecanicillium lecanii* (Fungi) sobre la garrapata *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) en laboratorio. 34.
- Bueno-Pallero, F. Á., Blanco-Pérez, R., Dionísio, L., & Campos-Herrera, R. (2018). Simultaneous exposure of nematophagous fungi, entomopathogenic nematodes and entomopathogenic fungi can modulate belowground insect pest control. *Journal of Invertebrate Pathology*, 154, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.04.004>
- Bujanos, R., & Ramos, C. (2015). *El psílido de la papa y tomate Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA*.
- Butt, T. M., Coates, C. J., Dubovskiy, I. M., & Ratcliffe, N. A. (2016). Entomopathogenic Fungi (pp. 307–364). <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006>
- Calpa, M. (2023). “Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de *bactericera cockerelli* (šulc) en papa (*solanum tuberosum* l.), cantón Bolívar, Carchi.”
- Cañedo, V., & Ames, T. (2004). *Manuel de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos*.
- Cañizalez, L., Guédez, C., Castillo, C., & Olivar, R. (2015). Caracterización de aislamientos del hongo entomopatógeno *beauveria bassiana* y su patogenicidad en *hypohenemus hampei*.
- Caranqui, C. (2019). Daños de *Bactericera cockerelli* Sulc.(Paratrioza) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) en la Comunidad de Juan Montalvo, Provincia de Carchi.

- Cardona, L. F., & Soto Giraldo, A. (2015). Susceptibilidad de *Diatraea saccharalis* (F) (Lepidoptera: Crambidae) a diferentes hongos entomopatógenos en caña panelera. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 19(2), 95–103. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.6>
- Castaño, J. (1986). Prácticas de laboratorio de fitopatología.
- Castellanos, G., Jara, C., & Mosquera, G. (2011). Guías prácticas de laboratorio para el manejo de patógenos del frijol.
- Castillo, C., & Vásquez, M. (2021). Determinación de la resistencia genética de ocho especies silvestres de *Solanum* spp. a *Bactericera cockerelli* en invernadero, Quito, Ecuador.
- Crespo, L., Vera, J., Bravo, H., López, J., Reyna, R., Peña, A., Pinto, V., & Garza, R. (2012). Distribución espacial de *Bactericera cockerelli* (Sulc)(hemiptera: triozidae) en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* (Brot.)). *SciELO*, 46.
- Delgado, P. A. M., & Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77–90. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.187>
- Elizondo, A., Murguido, C., Milán, M., Montero, J., & Mirabal, L. (2013). El insecticida imidacloprid y los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* para el control de *Thrips palmi* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*).
- Elósegui, O., Jiménez, J., & Carr, A. (2006). Aislamiento, identificación y caracterización morfológica de aislados nativos de hongos mitosporicos con potencialidad para el control de especies de insectos plaga. 10.
- FCN. (2017). Microbiología.
- Gandarilla, F. (2012). Evaluación de aislados nativos de hongos entomopatógenos de zonas cítricas sobre *diaphorina citri kuway*.
- Gebremariam, A., Chekol, Y., & Assefa, F. (2021). Phenotypic, molecular, and virulence characterization of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin, and *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin from soil samples of Ethiopia for the development of mycoinsecticide. *Heliyon*, 7(5), e07091. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07091>
- Gebremariam, A., Chekol, Y., & Assefa, F. (2022). Extracellular enzyme activity of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* and their pathogenicity potential as a bio-control agent against whitefly pests, *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *BMC Research Notes*, 15(1), 117. <https://doi.org/10.1186/s13104-022-06004-4>

- Gómez, H., Zapata, A., Torres, E., & Tenorio, M. (2014). Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos.
- Gupta, R., Keppanan, R., Leibman, M., Rav, D., Elad, Y., Ment, D., & Bar, M. (2022). The Entomopathogenic Fungi *Metarhizium brunneum* and *Beauveria bassiana* Promote Systemic Immunity and Confer Resistance to a Broad Range of Pests and Pathogens in Tomato. *Phytopathology*®, 112(4), 784–793. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-21-0343-R>
- Hincapie, R., Ospina, H., Bustillo, A., & Saldarriaga, A. (1990). Evaluación del entomopatógeno *verticillium lecanii* en el control del afido *Mvzus persicae* en crisantemos. *Revista Colombiana de Entomología*, 16(2), 21–27. <https://doi.org/10.25100/socolen.v16i2.10155>
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A., & Ali, H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 159, 105122. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122>
- Koller, J., Sutter, L., Gonthier, J., Collatz, J., & Norgrove, L. (2023). Entomopathogens and Parasitoids Allied in Biocontrol: A Systematic Review. *Pathogens*, 12(7), 957. <https://doi.org/10.3390/pathogens12070957>
- Lara-Juache, H. R., Ávila-Hernández, J. G., Rodríguez-Durán, L. V., Michel, M. R., Wong-Paz, J. E., Muñoz-Márquez, D. B., Veana, F., Aguilar-Zárate, M., Ascacio-Valdés, J. A., & Aguilar-Zárate, P. (2021). Characterization of a Biofilm Bioreactor Designed for the Single-Step Production of Aerial Conidia and Oosporein by *Beauveria bassiana* PQ2. *Journal of Fungi*, 7(8), 582. <https://doi.org/10.3390/jof7080582>
- Lin, Y., Huang, J., & Akutse, K. S. (2021). Whitefly-induced tomato volatiles enhance the virulence of *Lecanicillium lecanii*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 183, 107623. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2021.107623>
- Liu, D., & Trumble, J. T. (2006). Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato–potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bulletin of Entomological Research*, 96(2), 197–204. <https://doi.org/10.1079/BER2005416>
- Luna, A., Lomeli, R., Rodríguez, E., Ortega, L., & Huerta, A. (2011). Toxicity of four insecticides on *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) and its host *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *SciELO*, 27.

- Marín, A., Garzón, J., Becerra, A., Mejía, C., Bujanos, R., & Byerly, K. (1995). Ciclo biológico y morfología del salerillo Paratrioza *cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad "permanente del jitomate" en el Bajío. .
- Mauchline, N. A., & Stannard, K. A. (2013). Evaluation of selected entomopathogenic fungi and bioinsecticides against *Bactericera cockerelli* (Hemiptera). *New Zealand Plant Protection*, 66, 324–332. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2013.66.5707>
- Mellín, M., Sánchez, J., Cruz, A., Montesinos, R., & Arredondo, H. C. (2016). Patogenicidad de Cepas de Hongos Entomopatógenos sobre *Diaphorina citri* Kuwayama en Condiciones de Laboratorio. *Southwestern Entomologist*, 41(3), 791–800. <https://doi.org/10.3958/059.041.0321>
- Meng, Y., Wellabada Hewage Don, P. I. D., & Wang, D. (2022). A New Strain of *Lecanicillium uredinophilum* Isolated from Tibetan Plateau and Its Insecticidal Activity. *Microorganisms*, 10(9), 1832. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091832>
- Merchán, X. (2015). Control biológico con hongos entomopatógenos: Una estrategia de aula para promover el cuidado del medio Ambiente.
- Montalva, C. (2008). Evaluación de la virulencia de dos cepas de *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams para el control biológico de *Cinara cupressi* (Buckton).
- Nava, E., García, C., Camacho, J., & Vázquez, E. (2012). Biopesticidas: An option for the Biological Pest Control. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 8.
- Ortiz, J. (2021). Aislamiento y caracterización de hongos entomopatógenos presentes en el suelo de las diferentes zonas agrícolas de la Provincia de Tungurahua.
- Pacheco Hernández, M. de L., Reséndiz Martínez, J. F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Pacheco, L., Reséndiz, F., & 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). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Padilla, M., Echeverría, L., & Mora, F. (2010). SFE desarrolla Plan de Acción ante la cercanía de la Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.).
- Paredes, M. (2016). Aislamiento e identificación de *Beauveria bassiana* y su utilidad como biocontrolador de plagas a nivel de laboratorio.”.
- Pérez, W., Castillo Carrillo, C., Navarrete, I., Gamarra, H., Naccha, J., & Andrade-Piedra, J. (2021). Cartilla descriptiva del psílido de la papa. <https://doi.org/10.4160/9789290606154>

- Quesada-Moraga, E., Garrido-Jurado, I., González-Mas, N., & Yousef-Yousef, M. (2023). Ecosystem services of entomopathogenic ascomycetes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 201, 108015. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2023.108015>
- Rojas, A. (2011). Conceptos y prácticas de microbiología general.
- Ru, Z., & Di, W. (2012). Trichoderma spp. from rhizosphere soil and their antagonism against Fusarium sambucinum. *African journal of biotechnology*, 11(18). <https://doi.org/10.5897/ajb11.3426>
- Sarkar, S. C., Hatt, S., Philips, A., Akter, M., Milroy, S. P., & Xu, W. (2023). Tomato Potato Psyllid *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) in Australia: Incursion, Potential Impact and Opportunities for Biological Control. *Insects*, 14(3), 263. <https://doi.org/10.3390/insects14030263>
- Setiawati, R., Widiastuti, A., Wibowo, A., & Priyatmojo, A. (2021). Variability of emasp. Mycoparasite of Coffee Leaf Rust Pathogen (*Hemileia vastatrix*) in Indonesia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 24(5), 588–598. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2021.588.598>
- Sharma, L., Bohra, N., Rajput, V. D., Quiroz-Figueroa, F. R., Singh, R. K., & Marques, G. (2020). Advances in Entomopathogen Isolation: A Case of Bacteria and Fungi. *Microorganisms*, 9(1), 16. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010016>
- Suwandharathene, N., Holwell, G., & Ávila, G. (2022). The current and future potential geographical distribution of *Bactericera cockerelli*: an invasive pest of increasing global importance.
- Tamayo, F., Tamez, P., Guzmán, A. W., Gómez, R., & Cruz, L. R. (2014). Efficacy of Entomopathogenic Fungi (Hypocreales) for *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) Control in the Laboratory and Field. *Southwestern Entomologist*, 39(2), 271–283. <https://doi.org/10.3958/059.039.0205>
- Tamayo-Mejía, F., Tamez-Guerra, P., Guzmán-Franco, A. W., & Gomez-Flores, R. (2015). Can *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill) (Ascomycetes: Hypocreales) and *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) be used together for improved biological control of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)? *Biological Control*, 90, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.05.014>
- Téllez, A., Cruz, M., Flores, Y., Torres, A., & Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos.

- Tiago, P. V., Oliveira, N. T. de, & Lima, E. Á. de L. A. (2014). Biological insect control using *Metarhizium anisopliae*: morphological, molecular, and ecological aspects. *Ciência Rural*, 44(4), 645–651. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000400012>
- Toledo, M. (2014). Manejo Integrado del Insecto Paratrioza (*Bactericera Cockerelli*) en el Cultivo de Papa en Honduras.
- Vereijssen, J. (2020). Ecology and management of *Bactericera cockerelli* and *Candidatus Liberibacter solanacearum* in New Zealand. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 333–337. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62641-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62641-9)
- Vidhate, R. P., Dawkar, V. V., Punekar, S. A., & Giri, A. P. (2023). Genomic Determinants of Entomopathogenic Fungi and Their Involvement in Pathogenesis. *Microbial Ecology*, 85(1), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01936-z>
- Viera, W., Viteri, P., Martínez, A., Castillo, C., & Peñaherrera, D. (2021). Guía para el conocimiento de la punta morada en tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) y alternativas para un manejo integrado.
- Wakil, W., Brust, G., & Perring, T. (2018). Sustainable management of arthropod pests of tomato.
- Walker, G. P., MacDonald, F. H., Larsen, N. J., & Wallace, A. R. (2011). Monitoring & *Bactericera cockerelli* and associated insect populations in potatoes in South Auckland. *New Zealand Plant Protection*, 64, 269–275. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2011.64.6009>
- Zambrano, Y. (2019). Evaluación de *Lecanicillium lecanii* cepa elite en el control de Ácaros Fitófagos (*tetranychus urticae*), en cultivo de rosa sp. en Facatativa-Cundinamarca.
- Zhou, G., Ying, S.-H., Feng, M.-G., & Wang, J. (2022). Differential Roles of Three α -Crystallin Domain-Containing sHsps of *Beauveria bassiana* in Asexual Development, Multiple Stress Tolerance and Virulence. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(12), 6717. <https://doi.org/10.3390/ijms23126717>
- Zhou, Y.-M., Xie, W., Zhi, J.-R., & Zou, X. (2023). *Frankliniella occidentalis* pathogenic fungus *Lecanicillium* interacts with internal microbes and produces sublethal effects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 197, 105679. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105679>
- Zhou, Y.-M., Zhi, J.-R., Qu, J.-J., & Zou, X. (2022). Estimated Divergence Times of *Lecanicillium* in the Family Cordycipitaceae Provide Insights Into the Attribution of *Lecanicillium*. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.859886>

11. Anexos

Anexo 1. Datos de la Tasa de Crecimiento Radial (TCR)

	Medicion 1		Medicion 2		Medicion 3		Medicion 4		Medicion 5	
	<i>Lecanicillium</i>	<i>Beauveria</i>	<i>Lecanicillium</i>	<i>Beauveria</i>	<i>Lecanicillium</i>	<i>Beauveria</i>	<i>Lecanicillium</i>	<i>Beauveria</i>	<i>Lecanicillium</i>	<i>Beauveria</i>
Caja 1	6,00	6,12	20,00	21,09	37,46	41,56	65,14	66,77	67,43	69,84
Caja 2	6,56	5,23	19,03	19,37	35,18	40,33	70,93	63,17	72,53	67,39
Caja 3	6,14	6,10	17,23	21,05	37,43	34,41	66,72	60,10	69,32	71,48
Caja 4	5,78	5,74	18,24	20,51	35,02	39,77	67,32	62,47	69,10	70,31
Caja 5	5,62	5,62	19,50	20,39	35,81	42,94	57,20	65,68	64,99	69,78
Caja 6	7,58	7,58	18,60	22,52	35,54	54,72	63,02	64,77	65,78	67,19
Caja 7	5,36	5,36	19,37	19,60	37,32	53,90	61,60	64,53	66,32	69,14
Caja 8	6,19	5,19	19,67	18,41	33,99	51,41	59,87	90,72	65,21	64,80
Caja 9	7,36	6,36	18,82	21,10	34,78	51,36	63,21	61,84	66,01	67,15

Anexo 2. Resultados del Análisis de Varianza para la TCR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tc	90	0,01	0,00	63,70

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	1	0,06	0,58	0,4480
Especie	0,06	1	0,06	0,58	0,4480
Error	8,97	88	0,10		
Total	9,03	89			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13374
 Error: 0,1019 gl: 88

Especie	Medias	n	E.E.
Insecto	0,53	45	0,05 A
<i>Lecanicillium</i>	0,48	45	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 3. Datos del tamaño de conidias

Nº	<i>Lecanicillium</i>		<i>Beauveria</i>	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho
1	54,08	31,32	65,80	57,32
2	36,25	27,66	55,32	46,86
3	30,89	21,63	48,84	42,53
4	29,70	25,81	46,67	44,29
5	35,11	22,85	65,80	59,55
6	36,62	25,81	51,61	38,18
7	40,36	26,83	46,86	40,36
8	33,54	25,81	55,15	45,00
9	42,95	34,21	55,15	50,91
10	33,54	21,84	43,68	42,11
11	36,62	27,66	43,27	42,64
12	40,36	39,00	33,14	30,00
13	43,27	33,94	51,00	50,91
14	34,99	29,70	51,09	36,13
15	52,39	28,46	44,60	36,62

15	52,39	28,46	44,60	36,62
16	30,89	21,21	49,20	40,36
17	33,94	21,21	45,79	44,60
18	33,54	18,97	51,00	45,79
19	29,70	21,63	54,33	49,48
20	26,83	24,19	36,00	33,00
21	45,40	25,63	42,95	39,12
22	31,89	25,81	34,99	30,00
23	36,00	33,54	48,09	36,13
24	38,42	30,00	42,11	28,30
25	49,66	20,13	37,95	37,11
26	24,19	17,49	46,86	36,13
27	21,00	18,25	40,36	36,62
28	32,45	22,85	32,45	31,89
29	30,00	18,00	46,57	29,70
30	25,63	18,25	40,80	33,00
31	27,66	16,97	57,94	36,13
32	39,46	18,97	51,79	47,43
33	33,54	32,31	51,00	42,43
34	36,50	30,15	48,37	48,00
35	30,89	23,43	40,80	34,21
36	32,45	16,97	46,86	39,12
37	37,59	18,97	42,00	40,36
38	33,54	21,00	42,43	33,00
39	41,68	22,85	45,00	30,00
40	28,30	24,19	44,29	42,95
41	36,62	23,43	45,00	34,21
42	34,21	22,85	39,00	34,21
43	32,45	25,81	43,68	27,66
44	34,21	27,00	40,36	37,59
45	37,59	17,49	40,25	30,89
46	27,00	18,00	52,48	34,99
47	46,86	27,66	44,60	36,25
48	47,43	34,99	43,27	33,54
49	27,17	15,00	40,80	40,36
50	30,89	22,85	33,94	30,89
51	19,21	16,16	72,99	31,89
52	43,27	27,66	48,33	40,20
53	38,42	36,13	44,18	30,46

54	24,74	18,97	43,08	37,74
55	36,62	24,19	36,88	34,18
56	18,00	12,00	33,94	28,84
57	33,54	31,32	51,23	25,30
58	23,43	12,73	66,57	32,25
59	32,45	17,49	60,00	36,88
60	25,81	13,42	52,15	30,46
61	30,89	29,55	37,95	32,25
62	31,89	15,00	39,12	30,89
63	20,13	15,00	40,36	34,99
64	33,14	15,00	42,00	31,89
65	25,81	24,19	44,60	39,00
66	29,55	21,00	45,00	34,99
67	27,66	18,97	43,27	37,11
68	24,19	9,49	40,80	34,21
69	15,00	12,73	51,61	34,99
70	28,30	10,82	38,18	37,59
71	39,00	16,16	36,25	28,30
72	24,00	18,00	44,60	32,45
73	33,54	17,49	53,08	40,80
74	27,66	23,43	41,68	39,00
75	44,29	27,17	54,08	36,13
76	30,00	25,81	51,61	30,89
77	32,31	15,00	40,80	37,59
78	23,43	15,00	32,31	24,19
79	34,21	13,42	37,11	34,21
80	27,17	15,00	36,62	31,89
81	19,21	15,00	40,25	38,42
82	17,49	15,30	40,36	34,99
83	36,62	21,21	45,89	40,03
84	32,45	24,19	37,95	32,31
85	27,66	13,42	48,37	34,21
86	39,46	27,00	33,00	30,15
87	37,11	33,00	24,19	18,00
88	27,66	25,46	36,13	30,00
89	36,00	18,00	32,45	29,70
90	20,13	12,00	38,42	28,30

91	22,85	15,00	30,15	28,30
92	37,59	25,81	33,94	27,66
93	21,84	12,00	45,40	34,99
94	44,60	23,43	56,92	39,46
95	26,83	19,21	43,27	37,95
96	46,67	25,46	25,46	17,49
97	34,99	25,46	35,11	34,99
98	54,08	24,19	28,30	26,83
99	25,46	23,43	34,21	28,46
100	32,31	18,25	37,11	33,14
Promedio	32,849	22	44,09	35,86

Anexo 4. Resultados del Análisis de Varianza para la medición de conidias

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Medición	197	0,49	0,48	36,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31785543,38	1	31785543,38	184,62	<0,0001
Especie	31785543,38	1	31785543,38	184,62	<0,0001
Error	33573530,04	195	172171,95		
Total	65359073,41	196			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=116,03860
 Error: 172171,9489 gl: 195

Especie	Medias	n	E.E.
Insecto	1559,84	97	42,13 A
Lecanicillium	756,38	100	41,49 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 5. Datos del conteo de conidias

N° Conteo	<i>Lecanicillium</i>								<i>Beauveria</i>							
	A				B				A				B			
1	1238	1287	29788	1081	1133	1213	1090	1030	67	82	55	55	61	54	42	57
2	1024	1050	1010	1088	937	869	948	1009	50	47	44	53	58	50	51	46
3	872	879	539	665	960	937	938	797	61	48	69	92	79	65	78	50
4	697	766	725	726	751	811	643	646	69	65	58	75	90	84	61	67
5	202	234	545	440	352	306	363	311	48	80	74	83	90	118	73	57

Anexo 6. Resultados del Análisis de Varianza para el conteo de conidias

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Conteo de Esporas	10	0,54	0,49	97,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8474066550625000,00	1	8474066550625000,00	9,58	0,0148
Especies	8474066550625000,00	1	8474066550625000,00	9,58	0,0148
Error	7076068950000000,00	8	884508618750000,00		
Total	15550135500625000,00	9			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=43375162,34438
 Error: 884508618750000,0000 gl: 8

Especies	Medias	n	E.E.
Lecanicillium	59523500,00	5	13300440,74 A
Insecto	1303000,00	5	13300440,74 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 7. Virulencia de los hongos entomopatógenos

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Lecanicillium	6,67	13,33	50,00	56,67	66,67	76,67	96,67
Lecanicillium	6,67	16,67	26,67	40,00	53,33	66,67	89,66
Lecanicillium	13,33	33,33	40,00	50,00	60,00	70,00	86,67
Lecanicillium	16,67	23,33	46,67	53,33	60,00	66,67	90,00
Lecanicillium	20,00	20,00	43,33	50,00	56,67	73,33	96,43
Beauveria	10,00	13,33	23,33	40,00	56,67	83,33	93,33
Beauveria	6,67	20,00	20,00	33,33	60,00	73,33	89,66
Beauveria	10,00	16,67	23,33	36,67	50,00	76,67	90,00
Beauveria	3,33	13,33	20,00	30,00	46,67	80,00	93,33
Beauveria	6,67	10,00	16,67	26,67	53,33	70,00	85,71
Imidacloprid	43,33	50,00	60,00	73,33	83,33	85,00	96,67
Imidacloprid	26,67	40,00	53,33	83,33	90,00	96,67	100,00
Imidacloprid	16,67	46,67	56,67	76,67	86,67	100,00	100,00
Imidacloprid	40,00	50,00	63,33	70,00	80,00	86,67	93,33
Imidacloprid	30,00	43,33	60,00	80,00	86,67	96,67	100,00

Anexo 8. Resultados del Análisis de Varianza para ECB

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Control	105	0,15	0,14	59,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	9207,15	2	4603,58	9,17	0,0002	
Especie	9207,15	2	4603,58	9,17	0,0002	
Error	51220,66	102	502,16			
Total	60427,81	104				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,74060
 Error: 502,1633 gl: 102

Especie	Medias	n	E.E.	
Químico	50,59	35	3,79	A
Lecanicillium	33,19	35	3,79	B
Beauveria	28,95	35	3,79	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 9. Muestras de los hongos de las distintas localidades



Anexo 10. Siembra de los hongos entomopatógenos



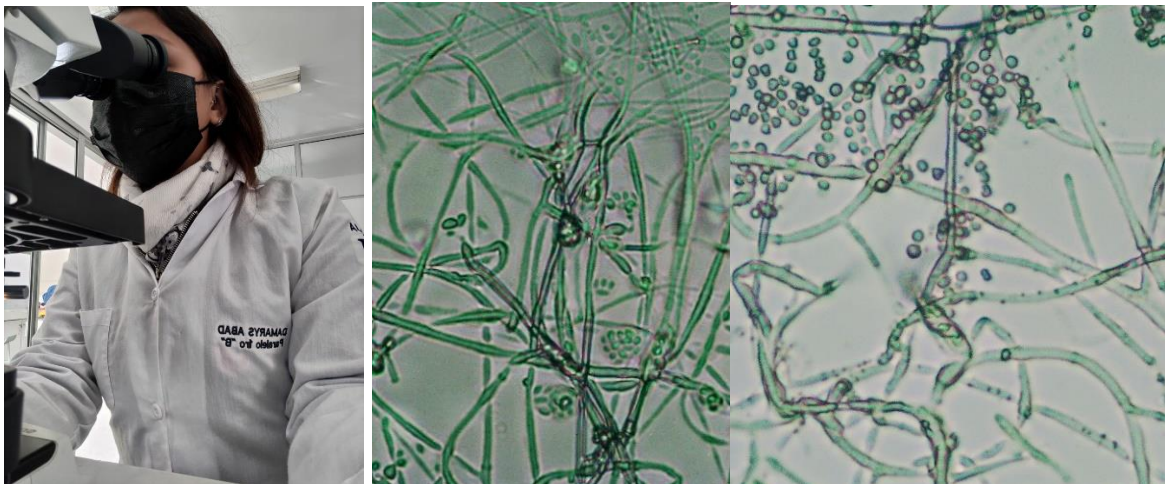
Anexo 11. Medición de la Tasa de Crecimiento Radial (TCR)



Anexo 12. Procedimiento para el conteo de conidias en la Cámara de Neubauer



Anexo 13. Observación en el microscopio de las estructuras reproductivas y medición de conidias



Anexo 14. Tratamientos



Anexo 15. Certificado de la traducción del resumen

