



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología con Mención en Biotecnología

Identificación molecular y morfológica de *Beauveria* spp. autóctona y su potencial de controlador biológico sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Tesis

Para optar el Título Profesional de Biólogo con Mención en Biotecnología

Autores

Frank Abel Alejandro Santos

Kevin Roshbed Quiroz Hidalgo

Asesora

Carmen Lucy Cabrel Palomares

Huacho - Peru

2026


Mg. CARMEN LUCY CABREL PALOMARES



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología con Mención en Biotecnología

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Alejandro Santos Frank Abel	73179055	22 de julio del 2026
Quiroz Hidalgo Kevin Roshbed	74956031	22 de julio del 2026
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Cabrel Palomares Carmen Lucy	15693526	https://orcid.org/0000-0002-5142-8918
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Guzman Sanchez William Andres	06015776	https://orcid.org/0000-0003-1424-4287
Cotos Duran Desiderio Elias	07243334	https://orcid.org/0000-0001-7456-5379
Rojas Paz Jorge Luis	16698556	https://orcid.org/0009-0002-6522-7890

Frank Alejandro Santos & Kevin Roshbed Quiroz

Identificación molecular y morfológica de Beauveria spp. autóctona y su potencial de controlador biológico sobre la mo...

 Quick Submit
 Quick Submit
 Facultad de Ciencias

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3574289040

Fecha de entrega

19 may 2026, 3:03 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 may 2026, 3:16 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_completo_subsanado_-_copia.docx

Tamaño del archivo

8.6 MB

56 páginas

11.393 palabras

66.533 caracteres



Página 2 de 62 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3574289040

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a mis padres por ser mi mayor apoyo y fortaleza a lo largo de toda mi formación académica; gracias por su amor incondicional, paciencia y confianza incluso en los momentos más difíciles cuando el cansancio y las dudas parecían ganar.

FRANK ABEL ALEJANDRO SANTOS

A mis padres, hermano. Este logro es un testimonio de su exorbitante amor y dedicación. Aprecio mucho las lecciones de vida que me han impartido y por el amor que siempre me han brindado.

KEVIN QUIROZ

INDICE

1. Planteamiento de problema	xiv
1.1. Descripción de la realidad problemática	xiv
1.2. Formulación del problema	xv
1.2.1. Problema general	xv
1.2.2. Problemas específicos	xv
1.3. Objetivos de la investigación	xv
1.3.1. Objetivo general	xv
1.3.2. Objetivos específicos	xv
1.4. Justificación de la investigación	xv
1.5. Delimitaciones del estudio	xvi
1.6. Viabilidad del estudio	xvi
2. Marco teórico	xvi
2.1. Antecedentes de la investigación	xvi
2.1.1. Investigaciones internacionales	xvi
2.1.2. Investigaciones nacionales	xix
2.2. Bases teóricas	xxii
2.2.1. La Plaga de la Mosca Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	xxii
2.2.2. Control Biológico como Alternativa Sostenible	xxiii
2.2.3. Hongos Entomopatógenos del Género <i>Beauveria</i>	xxiii
2.2.4. Variabilidad en Cepas de <i>Beauveria</i>	xxiv
2.2.5. Identificación Molecular y Morfológica	xxiv
2.3. Definición de términos básicos	xxiv
2.4. Hipótesis de investigación	xxv
2.4.1. Hipótesis general	xxv
2.4.2. Hipótesis específicas	xxv
3. Metodología	xxvi
3.1. Diseño metodológico	xxvi
3.1.1. Tipo de investigación	xxvi

3.1.2.	Nivel de investigación.....	xxvi
3.1.3.	Diseño	xxvi
3.1.4.	Enfoque	xxvi
3.2.	Población y muestra.....	xxvi
3.2.1.	Población.....	xxvi
3.2.2.	Muestra.....	xxvi
3.3.	Operacionalización de variable	xxvii
3.4.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	xxviii
3.4.1.	Técnica a usar.....	xxviii
3.4.1.1.	Recolección de la muestra.....	xxviii
3.4.1.1.	Aislamiento de <i>Beauveria</i> spp. y caracterización morfológica.....	xxviii
3.4.1.2.	Identificación molecular.....	xxviii
3.4.1.2.1.	Preparación de las muestras.....	xxviii
3.4.1.2.2.	Lisis celular.....	xxviii
3.4.1.2.3.	Precipitación de proteínas.....	xxix
3.4.1.2.4.	Transferencia de sobrenadante.....	xxix
3.4.1.2.5.	Precipitación de DNA.....	xxix
3.4.1.2.6.	Resuspensión de DNA.....	xxix
3.4.1.2.7.	Almacenamiento de DNA.....	xxix
3.4.1.3.	Evaluación del potencial de control biológico.....	xxix
3.4.2.	Descripción de los instrumentos	xxx
3.5.	Técnicas para el procesamiento de la información	xxxi
4.	Resultados	xxxi
4.1.	Aislamiento de cepa nativas de <i>Beauveria</i> spp.	xxxi
4.2.	Caracterización morfológica.....	xxxii
4.2.1.	Microscópica.....	xxxii
4.2.2.	Macroscópica	xxxiii
4.3.	Análisis e identificación molecular	xxxiv
4.3.1.	Obtención del ADN fúngico y cuantificación.....	xxxiv

4.3.2.	Reacción en cadena de polimerasa y electroforesis	xxxviii
4.4.	Análisis filogenético	xxxix
4.5.	Biocontrol de <i>Beauveria</i> spp. sobre <i>Bemisia tabaci</i>	xli
4.6.	Análisis estadístico	xlvi
4.6.1.	Análisis de varianza (ANOVA)	xlvi
4.6.2.	Normalidad de los residuos	xlvi
4.6.3.	Homogeneidad de varianzas (homocedasticidad)	xlvi
4.6.4.	Agrupación por letras (Tukey HSD)	xlvi
5.	Discusión	xlvi
6.	Conclusión	l
7.	Fuentes de información	l
7.1.	Fuentes bibliográficas	l
7.2.	Fuentes documentales	lv
7.3.	Fuentes electrónicas	lv

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	19
Figura 2.....	20
Figura 3.....	29
Figura 4.....	30
Figura 5.....	31
Figura 6.....	32
Figura 7.....	33
Figura 8.....	34
Figura 9.....	35
Figura 10.....	36
Figura 11.....	37
Figura 12.....	38
Figura 13.....	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	27
---------------	----

RESUMEN

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es una de las plagas agrícolas más importantes a nivel mundial, afectando cultivos de alto valor como la lechuga (*Lactuca sativa*). Su capacidad para transmitir virus y generar daños directos en los tejidos vegetales la convierte en una amenaza constante en sistemas hortícolas. El uso intensivo de insecticidas ha generado resistencia en sus poblaciones y efectos negativos sobre el ambiente, lo que ha motivado la búsqueda de alternativas sostenibles, entre ellas, el control biológico mediante hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*. Este estudio tuvo como objetivos evaluar morfológica y molecularmente dos aislados de *Beauveria* spp. y determinar su virulencia in vitro sobre *B. tabaci*. Se realizó una caracterización morfológica de los aislados mediante observación de colonias en cultivo de PDA y microscopía óptica. Para su identificación molecular, se amplificó la región ITS del ADN ribosomal, confirmando que es la especie *B. bassiana*. Posteriormente, se aplicaron cuatro tratamientos (dos cepas en dos concentraciones: 1×10^7 y 5×10^7 esporas/mL) y un tratamiento control con agua, en un ensayo completamente aleatorizado con 20 réplicas por tratamiento sobre plantas naturalmente infestadas. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA, $p < 0.001$). La cepa BB2 en alta concentración logró la mayor reducción en la cantidad de ninfas de *B. tabaci*, seguida por la misma cepa a menor concentración. También se observó que la eficacia está determinada por la combinación de cepa y concentración. Se concluye que los aislados evaluados poseen potencial como agentes de control biológico, y que su aplicación representa una alternativa viable, efectiva y ecológicamente compatible para el manejo de *B. tabaci* en hortalizas.

Palabras claves: *Beauveria* spp., *Bemisia tabaco*, Control biológico, Identificación molecular

ABSTRACT

The whitefly (*Bemisia tabaci*) is one of the most important agricultural pests worldwide, affecting high-value crops such as lettuce (*Lactuca sativa*). Its ability to transmit plant viruses and cause direct damage to plant tissues makes it a constant threat in horticultural systems. The intensive use of chemical insecticides has led to resistance in whitefly populations and negative environmental impacts, driving the search for sustainable alternatives, including biological control through entomopathogenic fungi such as *Beauveria bassiana*.

This study aimed to evaluate the morphological and molecular characteristics of two *Beauveria* isolates and determine their in vitro virulence against *B. tabaci*. Morphological characterization was conducted by observing fungal colonies grown on PDA medium and through optical microscopy. Molecular identification was carried out by amplifying the ITS region of ribosomal DNA, confirming both isolates as *B. bassiana*. Subsequently, four treatments (two strains at two concentrations: 1×10^7 and 5×10^7 spores/mL) and a control treatment with water were applied in a completely randomized trial with 20 replicates per treatment, using lettuce plants naturally infested with whiteflies. The results showed significant differences among treatments (ANOVA, $p < 0.001$). The BB2 strain at the highest concentration achieved the greatest reduction in *B. tabaci* nymph populations, followed by the same strain at a lower concentration. The effectiveness of the fungus was found to be dependent on both strain and spore concentration. It is concluded that the evaluated isolates have strong potential as biological control agents and that their application represents a viable, effective, and environmentally compatible alternative for managing *B. tabaci* in horticultural crops.

Keywords: *Beauveria* spp., *Bemisia tabaci*, Biological control, Molecular identification

INTRODUCCION

La identificación morfológica y molecular de *Beauveria* spp. autóctona debe contextualizar la importancia del género *Beauveria* como control biológico, la relevancia de aislar cepas nativas adaptadas a la región y las técnicas empleadas para su caracterización certera

El control de plagas agrícolas consiste en gran medida del uso excesivo de insecticidas sintéticos. Esta práctica genera problemas graves, como la resistencia en los insectos, la contaminación del agua y los daños a la salud humana y al medio ambiente. Por esta razón, el manejo integrado de plagas busca alternativas sostenibles y seguras. Entre las opciones más destacadas se encuentran los hongos entomopatógenos (organismos que enferman y matan insectos), siendo el género *Beauveria* uno de los más estudiados y utilizados en el mundo

La mosca blanca trata en liberar enemigos naturales —como avispas parasitoides, insectos depredadores y hongos entomopatógenos— para reducir la población de la plaga de forma sostenible

1. Planteamiento de problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la actualidad se busca garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad; sin embargo, la agricultura enfrenta desafíos críticos que requieren soluciones innovadoras y eficaces (Borges et al., 2012). Diversas plagas afectan la producción agrícola y por ende el rendimiento agrícola; entre los enemigos más dañinos en este panorama es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), una plaga que ha causado estragos en cultivos a nivel global y ha encontrado terreno fértil en la costa del Perú (Navarrete et al., 2016). Este diminuto insecto se ha ganado una reputación notoria por su habilidad para alimentarse de una amplia variedad de plantas y transmitir virus letales, afectando gravemente la productividad y la calidad de los cultivos (Cuéllar & Morales, 2006; Navarrete et al., 2016).

La mosca blanca no es solo una preocupación en términos económicos, sino que también plantea cuestiones críticas de seguridad alimentaria (Bravo-Portocarrero et al., 2020). En un país como Perú, donde la agricultura desempeña un papel central en la economía y la alimentación de la población, la amenaza que representa esta plaga es de una magnitud significativa (Solano-González et al., 2023; Zhumatayeva et al., 2022). Los cultivos de la costa peruana, que son vitales para la economía nacional, enfrentan la constante presión de la mosca blanca y sus efectos devastadores (Kanaoka et al., 1978). Ante esta amenaza, los agricultores se han visto forzados a recurrir a pesticidas químicos, una estrategia que, aunque provee cierto alivio a corto plazo, plantea dilemas éticos, ambientales y de salud (Alvindia, 2013; Delgado-Zegarra et al., 2018).

En este panorama surge una alternativa biotecnológica de gran potencial; el uso de hongos entomopatógenos del género *Beauveria* como controladores biológicos (Chaithra, Prameeladevi, Prasad, et al., 2022; Sayed et al., 2018). Esta solución plantea una nueva vía para abordar la problemática de la mosca blanca (Varéa et al., 2012). Los hongos *Beauveria* spp. tienen la capacidad de infectar y debilitar a las plagas de manera específica, sin causar daños colaterales al medio ambiente ni a la salud humana (Estrada et al., 2007; Khashaba, 2021).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Se podrá caracterizar a nivel molecular y morfológico las cepas autóctonas de *Beauveria* spp. para evaluar su potencial como agentes de control biológico sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Como se podrá evaluar la morfología macroscópicas y microscópicas los aislados de *Beauveria* spp.?
- ¿Se podrá identificar a nivel molecular las cepas de *Beauveria* spp??
- ¿Se podrá determinar el porcentaje de virulencia de *Beauveria* spp. sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) a nivel *in vitro*?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar a nivel molecular y morfológico las cepas autóctonas de *Beauveria* spp. para evaluar su potencial como agentes de control biológico sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar mediante morfología macroscópicas y microscópicas los aislados de *Beauveria* spp.
- Identificar a nivel molecular las cepas de *Beauveria* spp.
- Determinar el porcentaje de virulencia de *Beauveria* spp. sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) a nivel *in vitro*.

1.4. Justificación de la investigación

La investigación propuesta se justifica por la urgente necesidad de abordar la problemática global de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) que afecta la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola. Esta plaga causa daños considerables a cultivos, transmitiendo virus y generando pérdidas económicas. El enfoque convencional de pesticidas químicos es insostenible y tiene consecuencias ambientales y de salud. En el contexto peruano, los cultivos costeros cruciales enfrentan amenazas similares. La investigación se justifica al ofrecer una alternativa más segura y efectiva al control con agroquímicos de origen sintético. Además, la resistencia desarrollada por la mosca blanca

a estos productos químicos ha disminuido la eficacia de este enfoque, dejando a los agricultores con pocas alternativas viables.

La adaptación local es esencial, y la identificación de cepas autóctonas de *Beauveria* spp. permitirá un control biológico más específico y eficaz en el entorno peruano. Además, la investigación se alinea con la creciente demanda global de prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

En última instancia, esta investigación podría marcar un cambio significativo hacia enfoques más sostenibles en la agricultura si *Beauveria* spp. se demuestra efectivo como controlador entomopatógeno.

1.5. Delimitaciones del estudio

La parte experimental de esta investigación se desarrollará en el laboratorio de biotecnología de la escuela de biología con mención en biotecnología, de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

1.6. Viabilidad del estudio

La presente investigación será autofinanciada por los tesisistas que se encuentran ejecutando el proyecto de tesis.

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

En el estudio de Filippou et al., (2018) exploraron cómo los micovirus pueden influir en la virulencia de hongos entomopatógenos, enfatizando la importancia de investigar la presencia y diversidad de micovirus en diversos hongos entomopatógenos. Evaluaron 151 aislados de diferentes géneros, identificando micovirus en 12 aislados españoles de *B. bassiana*, incluyendo *Beauveria bassiana victorivirus* 1 (BbVV-1) y los propuestos *Beauveria bassiana partitivirus* 2 (BbPV-2) y *Beauveria bassiana polymycovirus* 1 (BbPmV-1). Sorprendentemente, algunos aislados de *B. bassiana* albergan hasta tres micovirus. Estos micovirus enfrentan presiones selectivas diversas y la recombinación genómica aumento la variabilidad. Análisis filogenéticos sugieren transmisión tanto vertical como horizontal de micovirus en la población española. Los experimentos con la mosca de la fruta del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) no mostraron relación directa entre

micovirus y virulencia en *B. bassiana*. Sin embargo, se identificaron aislados con alta virulencia, estableciendo bases para futuras investigaciones.

Acuña-Payano et al., (2017) estudiaron la especie de *Verticillium dahliae* Kleb. es un patógeno del suelo con un amplio espectro de hospederos que causa pérdidas de rendimiento en el cultivo de algodón en todo el mundo. *Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno (EPF) respetuoso con el medio ambiente que ha sido reconocido, utilizado y estudiado durante muchos años. Como control, todas las cepas locales de *B. bassiana* inhibieron el crecimiento micelial del patógeno a diferentes tasas. El mayor porcentaje de inhibición contra los patotipos no defoliante (aislado PHCVd3) y defoliante (aislado PHCVd47) se determinó en las cepas Bb18 (85,3%; 81,7%) y Bb1 (82,3%; 77,5%), respectivamente, cuando se aplicaron 2 días antes. Las cepas Bb1 (80,6%) y Bb18 (77,8%) tuvieron los porcentajes más altos de inhibición contra el aislado PHCVd3, y Bb18 (75,8%) contra el aislado PHCVd47, cuando el EPF y el patógeno se aplicaron al mismo tiempo. Las cepas Bb18 y Bb1 de *B. bassiana* mostraron esperanza contra ambos patotipos de la enfermedad del marchitamiento causada por *V. dahliae* en condiciones in vitro. Especialmente, se observó que *B. bassiana* inducía tasas de inhibición más altas cuando las cepas de EPF se desarrollaban en una placa de Petri 2 días antes que el patógeno.

Gençer & Bayramoğlu, (2022); estudiaron el enfoca de la caracterización y patogenicidad de cepas de *Beauveria bassiana* que fueron obtenidas a partir de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Galleria mellonella* L. es una especie de polilla que se utiliza comúnmente como organismo modelo en investigaciones científicas. *Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno que se ha estudiado ampliamente por su capacidad para controlar plagas de insectos. En este contexto, se emprendió la tarea de analizar cepas de ese hongo obtenidas a partir de *Galleria mellonella* en Turquía. El objetivo principal de este estudio fue caracterizar estas cepas de *Beauveria bassiana* y evaluar su capacidad patogénica. El resultado de esta investigación contribuye al conocimiento sobre la diversidad de cepas de *B. bassiana* y su potencial para el control de plagas en Turquía.

Chouikhi et al., (2022) evaluaron el impacto de hongos entomopatógenos (EPF), específicamente *Beauveria bassiana* (cepas ATCC y R444) y *Lecanicillium muscarium* (cepa Ve6), en la coexistencia de *T. urticae* y *B. tabaci* en las plantas hospedantes. Los resultados destacaron la significativa eficacia de los EPF contra las etapas de desarrollo

de ambas plagas, con reducciones considerables en la población de huevos y larvas de *B. tabaci*, así como en los huevos y formas móviles de *T. urticae*. Resaltando la importancia del uso de EPF en la gestión integral de estas plagas en los cultivos bajo protección y geotérmicos, como medida esencial para preservar la sostenibilidad de esta industria agrícola en la región.

(Gebremariam et al., 2022); realizaron aislados etíopes de hongos con potencial enzimático (quitinasas, lipasas y proteasas) para la degradación de la cutícula se traduce en mayor patogenicidad sobre moscas blancas. Al evaluar 14 aislamientos contra *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*, reportaron mortalidades de ninfas que alcanzaron el rango alto (72%–98%) y LC50 del orden de 10^4 conidios/mL para las cepas más virulentas, coherentes con índices enzimáticos elevados. A nivel bioquímico las cepas de *Beauveria* presentaron actividad extracelular; además la caracterización molecular y morfológica permitió priorizar el aislamiento de cepas con potencial de biocontrol.

(X. Wang et al., 2023); evaluaron cepas de *Beauveria* mediante la infección directa; como endófito. Tras la inoculación en cultivares de tomate por riego radicular o aspersión, demostrando que una colonización endofítica y sobre esa base, una reducción de la fecundidad y supervivencia de *B. tabaci*. El análisis multi-ómico mostró cientos de metabolitos diferenciales y más de mil genes modulados; entre ellos, la acumulación de α -solanina y flavonoides con efecto anti insectos; al silenciar glucosiltransferasas (SISGT2/SISGT3), la planta produjo menos α -solanina y *B. tabaci* recuperó su rendimiento, confirmando el mecanismo.

(Haron et al., 2025), evaluaron durante dos campañas consecutivas (2023–2024), la aplicación al suelo de conidios de *B. bassiana* a la rutina de fertilización en tomate y se midió no solo la dinámica de *B. tabaci* en campo sino también variables agronómicas. Los tratamientos con el hongo mantuvieron densidades de ninfas significativamente menores que la fertilización sola o el testigo y, además, aumentaron el rendimiento del cultivo; acompañaron estos efectos con biomarcadores de defensa como fenoles y taninos; respecto a la calidad del fruto se consideró la vitamina C, evaluado mediante un diseño en bloques y análisis de varianza aplicado a los tratamientos evaluados.

2.1.2. Investigaciones nacionales

Bustamante et al., (2019) en su investigación “Filogenia y delimitación de especies en el género entomopatógeno *Beauveria* (*Hypocreales*, *Ascomycota*), incluyendo la descripción de *B. peruviansis* sp. nov.”. Identificaron especies en *Beauveria*, recalcando su complejidad debido a su estructura simple y una variabilidad fenotípica limitada. Por ello, el usaron datos de secuencias de múltiples loci, que es crucial para establecer límites de especies sólidos, combinando métodos basados en ADN para distancias genéticas, coalescencia y concordancia genealógica (enfoque polifásico). Asimismo, emplearon estudio de filogenia multilocus y cinco métodos basados en ADN para delimitar especies en *Beauveria*, confirmándose diversidad críptica en cinco especies y describiendo *B. peruviansis* como nueva taxonomía en el noreste de Perú. Sus resultados indicaron que la congruencia entre métodos en el enfoque polifásico (distancia genética y coalescencia) establecieron límites de especies con confianza. Entre los métodos que aplicaron se encuentran la distancia genética, coalescencia y filogenia multilocus que son cruciales para definir límites de especies en *Beauveria*.

Gutiérrez Román et al., (2022); propusieron estrategias para abordar desafíos en la alimentación, como usar insectos como fuente de proteína. Sin embargo, los consumidores dudan en comer insectos. En cambio, los hongos, como el *Beauveria bassiana*, son bien recibidos y pueden producir mucha proteína cuando se les alimenta con insectos. Por lo cual este estudio mostró que *B. bassiana* produce hasta 16 veces más biomasa y 8 veces más proteína cuando se cultiva con insectos en comparación con glucosa. En conclusion, *B. bassiana* podría ser una solución para usar insectos como fuente de proteína y sus proteínas podrían usarse en la industria alimentaria, de la salud y la cosmética.

Ríos Da Silva et al., (2020); analizaron la efectividad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de insectos plaga en cultivos de col y lechuga en un sistema acuapónico que involucra tanques de *Piaractus brachypomus*. Se prepararon soluciones de esporas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Los datos, que se sometieron a un Diseño Completamente Al Azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, fueron comparados utilizando la prueba de Tukey al 5%. Los resultados revelaron que la combinación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* causó una mortalidad del 73% en *Bemisia tabaci* en la parte inferior de las hojas de lechuga, mientras que *B. bassiana* resultó en una mortalidad del 84% en *Brevicoryne brassicae* en el lado superior de las hojas de col en

23 días. En el reverso de las hojas de col, *B. bassiana* junto con *M. anisopliae* mostraron un 79% de mortalidad en solo 6 días, y *M. anisopliae* alcanzó un 88% de mortalidad en 23 días después de la aplicación. Los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* demostraron ser efectivos en el control de la mosca blanca en las hojas de lechuga. *B. bassiana* fue más eficiente en el control de los pulgones en el lado superior de las hojas, mientras que *M. anisopliae* fue más efectivo en el reverso de las hojas de col durante la segunda aplicación.

Pariona et al., (2007) Aislaron y caracterizaron cuatro cepas de *Beauveria* sp. (ABvPr11, ABvPr8, ABvPr3 y ABvSr4) de ejemplares de la langosta *Schistocerca piceifrons* peruviana en la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho. Se evaluó la capacidad entomocida de estas cuatro cepas en langostas *Schistocerca piceifrons* peruviana. Los resultados indican que todas las cepas, cuando se utilizaron soluciones de 10^8 conidias/mL, lograron una mortalidad del 100%. El tiempo necesario para eliminar completamente todas las langostas varió: ABvPr11 en 12 días, ABvPr8 en 14 días, ABvSr4 en 16 días y ABvPr3 en 16 días. A partir del décimo día, se observaron diferencias significativas en términos de mortalidad, con la cepa ABvPr11 alcanzando un 90% de mortalidad, mientras que las cepas ABvSr4, ABvPr8 y ABvPr3 registraron 74%, 72% y 64.6% respectivamente. Además, se determinó el tiempo de letalidad al 50% (TL50) de la población de langostas, que varió de 8.38 a 9.16 días, y el tiempo de letalidad al 80% (TL80) que osciló entre 9.6 y 11.5 días.

Acuña-Payano et al., (2017); estudiaron la broca, conocida como *Hypothenemus hampei*, fue la plaga más perjudicial que afectaba específicamente a los cultivos de café, causando daños al hacerse presente en los frutos y provocando su caída prematura. Por otro lado, *Beauveria bassiana* era un hongo entomopatógeno ampliamente utilizado en el control biológico de plagas. La investigación se centró en determinar cómo la presencia de extracto en polvo de *H. hampei* inducía la producción de enzimas laminarinasa y quitinasa en *B. bassiana* y cómo esta inducción se relacionaba con su capacidad patogénica. El objetivo era promover el desarrollo de agentes de control biológico como alternativa al uso de pesticidas químicos. Para llevar a cabo el estudio, se prepararon tres tipos de medios de cultivo líquido con el fin de inducir la producción enzimática y el crecimiento de *B. bassiana*. Se evaluaron diversos parámetros, como la biomasa, las proteínas totales, la producción de conidios y las actividades enzimáticas, específicamente la laminarinasa y la quitinasa. Los datos recopilados se analizaron utilizando el software SPSS 19.0. Los

resultados obtenidos revelaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en varios aspectos, como la biomasa ($F = 5,30$; $df = 35$; $P < 0,05$), la producción de conidios ($F = 190,87$; $df = 35$; $P < 0,05$), las proteínas totales ($F = 91,04$; $df = 35$; $P < 0,05$) y las actividades enzimáticas, tanto de la laminarinaasa ($F = 27,61$; $df = 35$; $P < 0,05$) como de la quitinasa ($F = 32,66$; $df = 35$; $P < 0,05$). Estos resultados indicaron que era posible inducir la producción de estas enzimas en *B. bassiana* cuando se cultivaba en medio líquido suplementado con extracto en polvo de *H. hampei*. Es importante destacar que, aunque estos resultados fueron prometedores, se requirieron investigaciones posteriores para evaluar la aplicabilidad en condiciones reales. No obstante, este estudio contribuyó significativamente al conocimiento sobre el mecanismo patogénico de *B. bassiana*.

Gim Keith Vilchez García, (2019), identificaron aislamientos autóctonos de cepas de *Beauveria* con mayor potencial para sostener el manejo de la broca en fincas andino-amazónicas. Para ello, aisló siete cepas nativas a partir de material de campo (granos y suelo) y llevó a cabo una caracterización que combinó rasgos morfológicos (micelio, conidios, crecimiento radial) con características funcionales (viabilidad, esporulación y patogenicidad en adultos de *H. hampei*). Entre los resultados obtuvo aislamientos con buena germinación y alta esporulación tendieron a expresar mayor virulencia, con mortalidades promedio superiores al 88% y diferencias consistentes entre grupos de desempeño. Esta investigación permitió aplicar criterios de selección como calidad conidial y vigor de crecimiento como predictores de eficacia, que permitió consolidar obtener un Cepario de *Beauveria*, justificando el uso de cepas autóctonas adaptadas a un agroecosistema local que permita un escalamiento hacia bioproductos para cultivos de cafetales.

Mendoza-Carbajal, (2019); evaluó la eficacia comparativa de tres dosis de un bioproducto a base de *B. bassiana* (2, 3 y 4 kg/ha) frente a un grupo control, bajo un diseño de bloques completos al azar y análisis estadístico (Duncan) orientado a recomendaciones prácticas. Entre los resultados encontró que 3 kg/ha ofreció el mejor equilibrio entre efectividad y costo; además, mantuvo consistentemente más frutos sanos por planta y no difirió estadísticamente de 4 kg/ha, por lo que se propuso como dosis operativa. No solo confirmó que *Beauveria* funciona bajo condiciones de campo contra las plagas como la broca, sino también la dosificación concreta y transferible al productor, buscando la adopción real de biocontroladores en caficultura, y que además abre la puerta a protocolos comparables para otras plagas chupadoras.

Prieto, (2019); reactivó cuatro aislamientos del cepario local (dos de *Beauveria bassiana*, uno de *Metarhizium anisopliae* (cepa CCB-124) y uno de *Isaria fumosorosea*), para ensayos posteriores contra hembras adultas de *P. viburni* a 1×10^8 conidios/mL. La cepa *M. anisopliae* CCB-124 destacó por su alta virulencia (97,5% de mortalidad acumulada) y por estimaciones letales sólidas (CL50 $\sim 4,85 \times 10^4$ conidios/mL; TL50 $\sim 14,7$ días), mientras que los aislamientos de *B. bassiana* mostraron eficacias intermedias y *I. fumosorosea* la menor. Además, mostraron cómo combinar métricas letales (CL/TL) con mortalidad diaria para diferenciar aislamientos nativos con mayor potencial de biocontrol, que es trasladable a la selección de *Beauveria* autóctona cuando el objetivo es enfrentar plagas chupadoras en vid y plagas como *Bemisia tabaci* en cultivares de hortalizas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La Plaga de la Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*)

La mosca blanca del tabaco (*Bemisia tabaci*) es una de las plagas más perjudiciales en la agricultura a nivel mundial. Esta plaga se alimenta de la savia de las plantas, lo que debilita a los cultivos y reduce su producción. Además, *B. tabaci* es un vector eficiente de numerosos virus patógenos que afectan a una amplia variedad de cultivos, lo que agrava aún más su impacto económico. La habilidad de esta mosca blanca para desarrollar resistencia a múltiples clases de pesticidas químicos la hace particularmente desafiante para el control tradicional.

Fig. 1: Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)



2.2.2. Control Biológico como Alternativa Sostenible

La creciente preocupación por los efectos negativos de los pesticidas químicos en el medio ambiente, la salud humana y la seguridad alimentaria ha llevado a una búsqueda activa de alternativas sostenibles para el control de plagas agrícolas. El control biológico se presenta como una opción respetuosa con el medio ambiente, ya que utiliza organismos vivos para controlar a las plagas de manera selectiva, sin dejar residuos tóxicos. Esto no solo reduce los riesgos ambientales, sino que también contribuye a la preservación de la biodiversidad en los agroecosistemas.

2.2.3. Hongos Entomopatógenos del Género *Beauveria*

Los hongos entomopatógenos, como aquellos pertenecientes al género *Beauveria*, son microorganismos naturales que han demostrado un alto potencial para el control biológico de insectos plaga, incluyendo *B. tabaci*. Estos hongos actúan de manera específica sobre los insectos, infectándolos y debilitándolos. Su mecanismo de acción es a través de la penetración del exoesqueleto del insecto y la colonización interna, lo que lleva a la muerte del hospedero. La capacidad de los hongos *Beauveria* para infectar a la mosca blanca y su reproducción dentro de la plaga hacen que sean agentes de control prometedores.

Fig. 2: *Beauveria* spp. como hongo entomopatógeno



2.2.4. Variabilidad en Cepas de *Beauveria*

Es importante destacar que no todas las cepas de *Beauveria* spp. tienen la misma eficacia en el control de plagas. La variabilidad en sus características biológicas y genéticas puede influir en su capacidad para parasitar a *B. tabaci* y otros insectos plaga. Por lo tanto, es esencial identificar y caracterizar las cepas autóctonas de *Beauveria* presentes en una región específica. Esto permitirá seleccionar las cepas más efectivas y adaptadas a las condiciones locales, maximizando así la eficacia del control biológico.

2.2.5. Identificación Molecular y Morfológica

La identificación molecular de cepas de *Beauveria* spp. implica la aplicación de técnicas de biología molecular, como la secuenciación del ADN, para identificar y diferenciar las cepas a nivel genético. Esto proporciona una caracterización precisa de las cepas y ayuda a establecer relaciones filogenéticas entre ellas. La caracterización morfológica, por otro lado, se centra en el estudio detallado de las características biológicas y estructurales de las cepas, como la forma de las esporas, los tamaños y las estructuras conidiales, lo que puede proporcionar información complementaria para su identificación y clasificación.

2.3. Definición de términos básicos

Identificación molecular: Proceso analítico que se basa en el análisis de la información genética de un organismo, especialmente su ADN o ARN, para determinar su especie, relaciones evolutivas y características únicas.

Identificación morfológica: Método de clasificación de organismos basado en la observación y descripción detallada de sus características físicas, tales como forma, color, tamaño y estructuras microscópicas.

***Beauveria* spp.:** Un género de hongos entomopatógenos, conocidos por su habilidad para infectar a insectos y actuar como agentes de control biológico en poblaciones de plagas, en este caso, la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Controlador biológico: Estrategia de manejo de plagas que involucra la introducción o el uso de organismos vivos, como depredadores, parásitos o patógenos, para controlar las poblaciones de plagas de manera natural.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*): Pequeño insecto de la familia Aleyrodidae que se alimenta de la savia de las plantas y puede causar daños significativos al debilitarlas y

transmitir enfermedades virales, lo que afecta la producción agrícola y la calidad de los cultivos.

Material genético: Información hereditaria contenida en las moléculas de ADN o ARN de un organismo, que codifica sus características y funciones y es transmitida de una generación a otra.

Taxonomía: La disciplina científica que se dedica a la clasificación, denominación y categorización de los organismos según sus relaciones evolutivas y características compartidas.

Cepas autóctonas: Variantes de un organismo que han evolucionado en una región específica y que presentan adaptaciones genéticas únicas para sobrevivir y prosperar en ese entorno local.

Efectividad: La capacidad de un enfoque o método, en este caso, *Beauveria* spp., para lograr los resultados deseados con éxito, es decir, el control exitoso de la mosca blanca y la reducción de su impacto en los cultivos.

Viabilidad: La capacidad y el potencial de que *Beauveria* spp. funcione efectivamente como controlador biológico de la mosca blanca en el entorno de estudio, tomando en cuenta factores como las condiciones climáticas y las prácticas agrícolas locales.

Patogenicidad: La habilidad de *Beauveria* spp. para causar enfermedades o infecciones en la mosca blanca, debilitándola y reduciendo su capacidad de dañar los cultivos.

Resistencia: La capacidad de la mosca blanca a desarrollar insensibilidad o inmunidad a los métodos de control, incluyendo el uso de pesticidas químicos o biológicos, lo que disminuye su eficacia.

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis general

- Se podrá caracterizar a nivel molecular y morfológico las cepas autóctonas de *Beauveria* spp. y se evaluará su potencial como agentes de control biológico sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

2.4.2. Hipótesis específicas

- Se evaluará mediante morfología macroscópicas y microscópicas los aislados de *Beauveria* spp.

- El análisis molecular permitirá la identificación de las cepas de *Beauveria* spp.
- La determinación del porcentaje de virulencia de *Beauveria* spp. influirá en el biocontrol sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) a nivel *in vitro*.

3. Metodología

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

Experimental, porque busca generar conocimiento útil para el control biológico evaluando el efecto de *Beauveria* spp. sobre la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), además de la evaluación y manipulación de las variables.

3.1.2. Nivel de investigación

Nivel Explicativo; además de describir, se pretende establecer relaciones causales entre las cepas de *Beauveria* y la respuesta biológica de *B. tabaci*.

3.1.3. Diseño

El diseño comprende 2 fases; la primera fase (descriptiva); presenta un diseño no experimental, transversal y descriptivo para la identificación y caracterización de *Beauveria* spp. Y la segunda fase; presenta un diseño experimental con DCA en condiciones *in vitro*; referente a los tratamientos, unidad experimental y la asignación aleatoria con sus respectivas replicas por tratamientos.

3.1.4. Enfoque

Enfoque mixto; presenta un componente descriptivo-cualitativo: Referente a la caracterización morfológica (macro y micromorfológica) de *Beauveria* spp y respecto al componente cuantitativo; hace referencia a la identificación y bioensayos de patogenicidad y mortalidad sobre *B. tabaci*.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Será definida por especímenes de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y hongos del género *Beauveria*; presentes en el área de muestreo.

3.2.2. Muestra

Se representaron mediante las cepas autóctonos de *Beauveria* spp. que cumplan criterios de inclusión (viabilidad, pureza y confirmación morfológica/molecular) con

concentraciones de 1×10^6 – 1×10^8 conidios/mL; además, de especímenes de *B. tabaci*

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente Capacidad entomopatógena de <i>Beauveria</i> spp.	Es un hongo entomopatógeno con capacidad de parasitar la cutícula de los insectos plagas, induciendo a su muerte por lo cual se le podría considerar como un potencial agente de biocontrolador.	Evaluación del nivel de mortalidad de la aplicación de la cepa de <i>Beauveria</i> sp. sobre Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	• % de mortalidad.	• Cm • Fichas de registro.
Variable dependiente Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Es una plaga con la capacidad de ocasionar daños en la producción de cultivos de interés agrícola enfocado a productos de agroexportación.	Especímenes de la Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) en estadio adulto.	• % de sobrevivencia	• Observación directa • Fichas de registro.

colectados para los bioensayos.

3.3. Operacionalización de variable

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

3.4.1. Técnica a usar

3.4.1.1. Recolección de la muestra.

Este proceso se realizó de manera cuidadosa y aseptico para asegurar la obtención de material biológico que contiene el hongo entomopatígeno.

Posterior a la colecta de la muestra, se rotulo con una etiqueta adecuada y el almacenamiento dentro del cooler cubierto con hielo gel.

3.4.1.1. Aislamiento de *Beauveria* spp. y caracterización morfológica

Se prepararon medios de cultivo selectivos que proporcionaron las condiciones óptimas para el crecimiento de estos hongos entomopatígenos. Se empleo el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA). Se incubo estas muestras a una temperatura de 28°C las cepas de *Beauveria* spp..

La identificación morfológica proporciono los primeros indicios de ser cepas de *Beauveria* spp., para la cual se empleo PDA suplementado con cloranfenicol al 0,05 %. Dicha siembra se realizo empleando discos de agar PDA, con crecimiento fúngico de 7 días de crecimiento micelial, que se traspasara a otro medio PDA, se observo la formación de los discos concéntricos, el color, textura y forma de las colonias propias del género *Beauveria*. Posteriormente se realizará una tinción con lactofenol, para la identificación de esporas, conidios e hifas.

3.4.1.2. Identificación molecular

El ADN se extrajo utilizando un kit de extracción de ADN comercial de

Pro-omega,. Se cultivaron las cepas de *Beauveria* sp. en medio PDA por 5 dias a 28 °C.

3.4.1.2.1. Preparación de las muestras.

Se realizao un raspado del micelio para todas las cepas de *Beauveria* spp., posteriormente, se transferio a un tubo de microcentrífuga estéril de un volumen de 2mL.

3.4.1.2.2. Lisis celular

Siguiendo las instrucciones del kit ProOmega, se agregó una solución de lisis

al tubo de muestra y se homogenizo adecuadamente empleando vortex a 14

000 rpm durante 20 minutos. Este procedimiento permitio romper las membranas celulares y liberar el contenido intracelular, incluido el ADN.

3.4.1.2.3. Precipitación de proteínas.

Se agrego el precipitante de proteínas proporcionadas en el kit a la muestra y se mezcló con cuidado. La proteína precipitada se eliminó en la siguiente etapa, empleando los tubos con columnas, posteriormente se centrifugo a 12000 xg durante 5 minutos.

3.4.1.2.4. Transferencia de sobrenadante

Se transferio el sobrenadante (que contiene el ADN) a un nuevo tubo de microcentrífuga estéril de 2mL, evitando tocar la parte inferior del tubo donde se encuentra el pellet de proteínas precipitadas.

3.4.1.2.5. Precipitación de DNA

Se agrego 700 microlitos de alcohol isopropílico al sobrenadante y se mezclo suavemente. Esto ocasiono la precipitación del ADN. Posteriormente, se realizó otra centrifugación a alta 14000 xg durante 5 minutos para obtener un pellet de ADN. Luego, se lavó el pellet con etanol al 70% para eliminar cualquier residuo de sal o impurezas.

3.4.1.2.6. Resuspensión de DNA

Después de desechar el etanol, se secó brevemente el pellet al aire durante 30 minutos y se resuspendio el ADN en el tampón de elución proporcionado en el kit.

3.4.1.2.7. Almacenamiento de DNA

El ADN se almaceno entre un rango de -4°C o -80°C hasta su la corrida en gel de electroforesis y análisis moleculares específicos diseñados para *Beauveria* spp.

3.4.1.3. Evaluación del potencial de control biológico.

Se cultivo las cepas autóctonas de *Beauveria* spp. en condiciones de Laboratorio, para la producción de suspensiones fúngicas. La evaluación de la virulencia de las cepas implico el ensayo de pruebas de patogenicidad en moscas blancas, que determino su capacidad para infectar y

eliminar a la plaga. Se diseñaron crianza de mosca blanca en diferentes frascos al cual se inoculo diversas concentraciones de esporas/ mL (Tabla N°1).

Tabla N°1: Configuración de tratamientos

Tratamiento	Concentración esp/mL
T1	1*10E+06
T2	5*10E+06
T3	1*10E+07
T4	5*10E+07
T5	agua

Los ensayos de campo proporcionan una evaluación realista de la eficacia de las cepas en condiciones de campo, donde diversos factores ambientales pueden influir en su rendimiento como controladores biológicos.

3.4.2. Descripción de los instrumentos

Autoclave: Equipo empleado para esterilizar medios de cultivos usando calor húmedo a 121 °C durante 20 minutos por 15 libras de presión. El proceso de esterilización se realiza mediante la exposición del material a vapor de agua a alta temperatura y presión.

Balanza analítica: Equipo usado para el pesaje de los medios de cultivos como PDA y SDA empleados en el aislamiento y repique de *Beauveria* spp.

Bioespectrofometro: Instrumento utilizado en la rama de la biología para medir la cantidad de luz absorbida por una muestra biológica a cierta longitud de onda, empleado en la cuantificación de DNA genómico.

Cabina de flujo laminar: Equipo que será usado para la reactivación y siembra en los medios de cultivo de los microorganismos estudiados, brindando condiciones de esterilidad y asepsia

Cámara de Neubauer: Es una placa de vidrio con una serie de cuadrados pequeños y bien definidos en la superficie, cada uno de los cuales es un

campo de conteo, utilizado para el recuento de esporas de *Beauveria* spp.

Cámara de electroforesis: Instrumento utilizado en biología molecular para separar y analizar moléculas biológicas de ADN. Su funcionamiento se basa en la aplicación de un campo eléctrico positivo a una muestra de material biológico disperso en un gel de agarosa, lo que provoca que las moléculas se desplacen a través del gel en función de su tamaño y carga eléctrica.

Incubadora estufa: Equipo empleado para brindar las condiciones óptimas de temperatura para el cultivo de *Beauveria* spp.

Microscopio óptico: Equipo usado para observar las estructuras morfológicas, recuento de esporas de *Beauveria* sp.

Termociclador: Es un equipo utilizado en biología molecular para realizar reacciones de amplificación de ácidos nucleicos, como la reacción en cadena de la polimerasa, funciona para ciclar repetidamente a través de tres temperaturas.

3.5. Técnicas para el procesamiento de la información

El procesamiento de la data obtenida se realizará empleando un análisis de varianza usando el software R-studio versión 4.3.4

4. Resultados

4.1. Aislamiento de cepas nativas de *Beauveria* spp.

El aislamiento de cepas nativas de *Beauveria* spp. se llevó a cabo a partir de insectos de broca (*Hypothenemus hampei*) infestados en frutos de café (*Coffea arabica*), colectados en la provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas, durante el mes de noviembre. Las muestras fueron recolectadas en cinco puntos estratégicos que abarcaron distintas áreas productivas de café.

Se extrajeron frutos de café, los cuales presentaban signos de infestación y se almacenaron en una caja con hielo gel para su posterior traslado al laboratorio de biotecnología de la UNJFSC. Los frutos colectados fueron lavados con agua destilada estéril y secados con papel toalla. Posteriormente, se procedió al aislamiento utilizando una cámara húmeda que mantuvo una humedad relativa constante de aproximadamente 85-90% y una temperatura de incubación de 25°C, hasta que se empezaron a observar micelio blanco sobre la cutícula del insecto (Fig.3).



Fig. N°3: Vista estereoscópica (10X) de cepas de *Beauveria* spp. colonizando la cutícula de la broca del café.

Para el proceso de purificación de las cepas, se empleó PDA, un medio nutritivo estándar empleado en el cultivo de hongos. Se realizaron raspados del micelio de los insectos infectados, luego fueron dispuestos sobre el medio PDA y, tras el periodo de incubación de 96 horas a 27 °C, durante los días de incubación solamente se sub cultivaron aquellas colonias que presentaron morfotipos propios de *Beauveria* spp. con un crecimiento fúngico caracterizado por la aparición de un micelio blanco, denso y algodonoso en la superficie del PDA.

4.2. Caracterización morfológica

4.2.1. Microscópica

Se observó hifas hialinas no septadas con una escasa ramificación que presentaron forma curvada similar. Asimismo, mediante la tinción con lactofenol se pudo observar los esporangios visualizándolo en forma esférica en la parte céntrica de las hifas (Fig. 4B), empleando un microscopio óptico modelo Olympus LM- 10 SP.



Fig. N°4: A) Microcultivo de aislados de *Beauveria* spp., B) Espora germinada de *Beauveria* spp a 60 X.

4.2.2. Macroscópica

Se identificaron características macroscópicas adicionales que permitieron confirmar la presencia de 2 cepas de *Beauveria* spp.. Las colonias de *Beauveria* spp. en el medio PDA mostraron un micelio de color blanco, con una textura algodonosa en las primeras etapas de desarrollo. Con el tiempo, las colonias adquirieron un tono más grisáceo y amarillo a medida que se formaban las estructuras reproductivas, incluyendo los conidios, que aparecieron en grandes cantidades, cubriendo la superficie de la placa (9 cm) en 10 días.



Fig. N°4: Registros fotográficos de las 2 cepas de *Beauveria* spp. del anverso y reverso en placas con medio PDA.

4.3. Análisis e identificación molecular

4.3.1. Obtención del ADN fúngico y cuantificación.

La extracción del ácido dextrorribonucleico, se realizó empleando un kit comercial de (Wizard® Genomic DNA), siguiendo las indicaciones establecidas en el protocolo. Tras

el raspado del micelio y su trituración con nitrógeno líquido en un mortero esterilizado durante 5 minutos, se obtuvo una muestra homogénea que fue transferida a un tubo de microcentrífuga de 2mL.



Figura 5: Kits comercial de extracción de DNA Wizard® Genomic DNA. La solución de lisis es utilizada para la ruptura de la pared celular y el núcleo de *Beauveria* spp. La solución de salina elimina las proteínas. El isopropanol es utilizado para la precipitación y concentración del DNA.

El tratamiento con la solución de lisis del kit ProOmega permitió una ruptura eficiente de las membranas celulares, liberando el contenido intracelular que contenía ácidos nucleicos y proteínas. Seguidamente, las proteínas fueron precipitadas durante la centrifugación, obteniendo un sobrenadante que contenía el DNA de cada muestra de las 2 cepas de *Beauveria* spp. por duplicado. Se obtuvo la formación del pellet de un DNA visible que presento un color blanquecino, que fue precipitado mediante la adicción de alcohol isopropílico seguido de la centrifugación. Además, este pellet fue purificado mediante lavado con alcohol y etanol a l 70 % y resuspendido en un tampón de elución.



Figura 6: Proceso de extracción de DNA fúngico. A) Tubo eppendorf con con las muestras de pellet sedimentada. B) Muestras de DNA resuspendida con tampón de elución. C) Muestras de DNA de *Beauveria* spp. en tubos columna de filtro por duplicado.

La cuantificación del ADN extraído de *Beauveria bassiana* se realizó utilizando un espectrofotómetro, obteniendo una concentración de 889.6 ng/μL, con una absorbancia de 1.834 a 260 nm. El análisis de la pureza del ADN presento una relación A260/A280 de 1.97, lo que indica una calidad adecuada para análisis posteriores, dentro del rango esperado para ADN puro. Además, la relación A260/A230 fue de 1.64, lo que se puede asociar a la presencia de algunas impurezas, aunque en niveles tolerables para el proceso de secuenciamiento. En todas las muestras de ácidos nucleicos se obtuvieron un DNA de alta calidad con concentración similares a la muestra 1. Sin embargo, todas las lecturas de concentraciones superaron a la requerida para realizar la reacción de cadena a de polimerasa (PCR) (Figura 7).

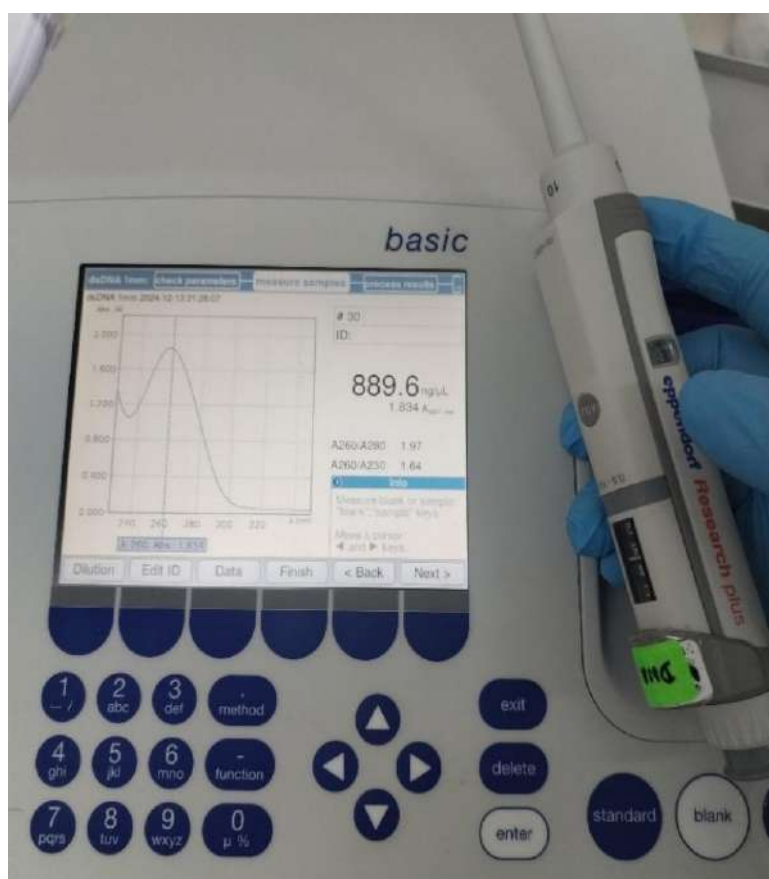


Figura 7: Cuantificación de la concentración del DNA de las cepas fúngicas de *Beauveria* spp.

4.3.2. Reacción en cadena de polimerasa y electroforesis

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para amplificar el ADN de las cepas de *Beauveria* spp. se realizó utilizando un termociclador PCR T100 de 96 pocillos de la marca Bio-rad, utilizando los cebadores ITS1F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') (Gardes & Bruns, 1993) e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White *et al.*, 1990). La reacción se realizó en un volumen total de 25 µl, que incluyó 12,5 µl de PCR Máster Mix de Promega (2X), 1,25 µl de cada cebador a 10 µM (forward y reverse) y 10 µl de ADN a una concentración de 0,5 ng/µl. El protocolo de amplificación constó de una desnaturalización inicial a 94°C por 5 minutos, seguida de 30 ciclos que incluyeron desnaturalización a 94°C por 30 segundos, alineamiento a 50°C por 45 segundos, elongación a 72°C por 1 minuto, y una extensión final a 72°C por 7 minutos.



Figura 8: A) Preparación de la máster mix. B) Tiempos de ciclado en el termociclador para la amplificación de las muestras de PCR

Los productos de la PCR fueron verificados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1 % (p/v). Para ello, se cargaron 1,2 μ l de los productos amplificados mezclados con 1 μ l de Dye 6X (Blue/Orange, Promega) en geles de agarosa preparados con 1,44 g de agarosa, 150 ml de solución TAE 1X y 4 μ l de SYBR Safe. La electroforesis se realizó a 100 voltios durante 20 minutos, permitiendo que las moléculas de ADN amplificadas migraran hacia el polo positivo. La escalera molecular de 1 Kb (Promega) incluida funcionó como marcador de tamaño para los productos amplificados. Las bandas resultantes fueron visualizadas gracias a la interacción de SYBR Safe con el ADN, iluminadas con luz azul, y las imágenes fueron capturadas utilizando un transiluminador y un fotodocumentador de geles (Cleaver Scientific). Los productos PCR que mostraron resultados positivos en la electroforesis fueron seleccionados para su análisis posterior.

Figura 9: A) Proceso en cual se carga el DNA sobre el gel de electroforesis. B)



Visualización de las bandas de DNA amplificadas mediante los cebadores.

4.4. Análisis filogenético

Se construyó un árbol filogenético a partir de secuencias ITS (Internal Transcribed Spacer) correspondientes a diferentes cepas del género *Beauveria*, incluyendo dos aislamientos bajo estudio, denominados cepa BB1 y cepa BB2. El análisis se llevó a cabo mediante el método de agrupamiento Neighbor-Joining y utilizando el modelo de sustitución Kimura de dos parámetros, con el fin de evaluar la relación filogenética entre las cepas analizadas y secuencias de referencia disponibles en bases de datos públicas.

En la Figura 11 se observa que la cepa BB1 se agrupa estrechamente con la secuencia PV683298.1, formando un clado bien definido con alto soporte. Este resultado indica una alta similitud genética entre ambas secuencias, lo que respalda la identificación de la cepa BB1 como una cepa de *Beauveria bassiana*. Por otro lado, la cepa BB2 se agrupa directamente con la secuencia PV741082.1, también perteneciente a *Beauveria bassiana*, demostrando igualmente una estrecha relación filogenética.

Ambas cepas se encuentran dentro de un grupo monofilético compuesto por secuencias previamente identificadas como *Beauveria bassiana*, lo que nos permite consolidar su clasificación taxonómica. Las distancias evolutivas representadas en el árbol reflejan una alta similitud entre las cepas estudiadas y las referencias utilizadas, validando el uso del marcador ITS para este tipo de análisis taxonómico en hongos entomopatógenos.

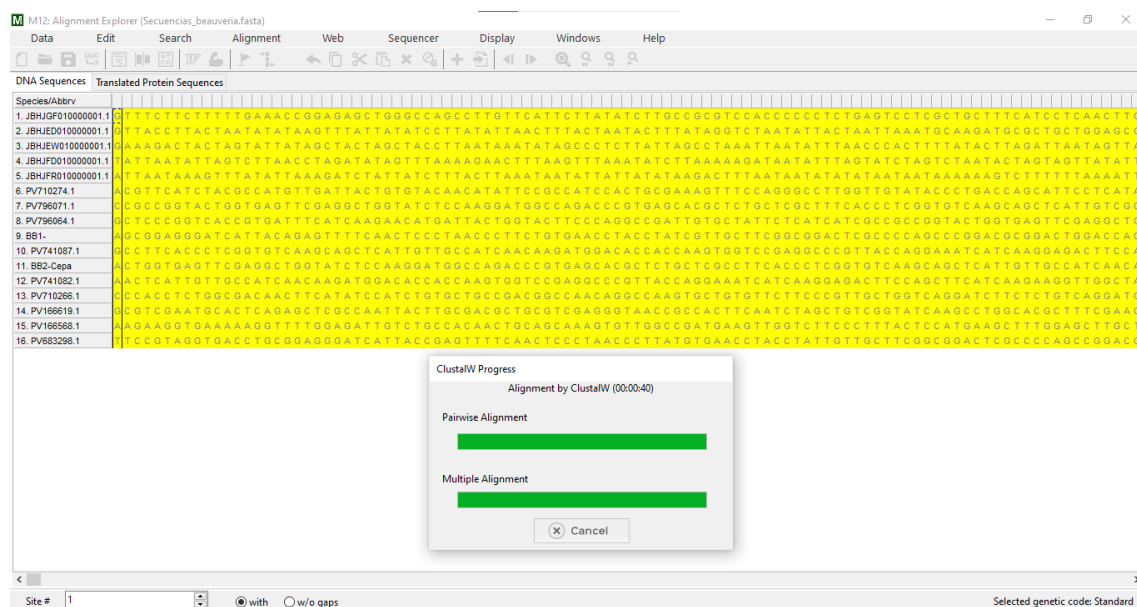


Figura 10. Alineamiento de secuencias de referencias con secuencias de las cepas de *Beauveria* sp.

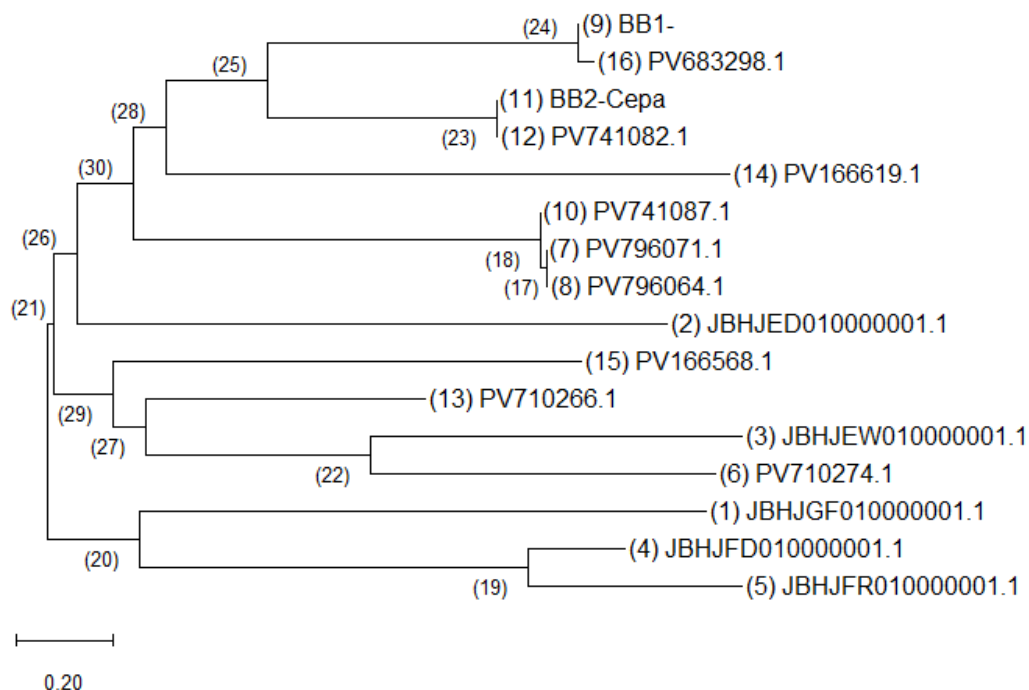


Figura 11. Árbol filogenético construido a partir de secuencias ITS de *Beauveria* spp. usando el “Statistical Method” de Neighbord-joining y el modelo de “Kimura 2-parameter model.

4.5. Biocontrol de *Beauveria* spp. sobre *Bemisia tabaci*

El sustrato sólido fermentativo utilizado fue a base de maíz triturado colonizado por esporas de *Beauveria* spp., se realizaron mediante 3 lavados consecutivos para la recuperación y deshidratación a 35 °C en una estufa de aire forzado para la obtención de esporas de *Beauveria* spp. después de 20 días de incubación a 27 °C (Figura 10). Dichas esporas fueron ajustadas a una concentración en específica, de acuerdo con los tratamientos.

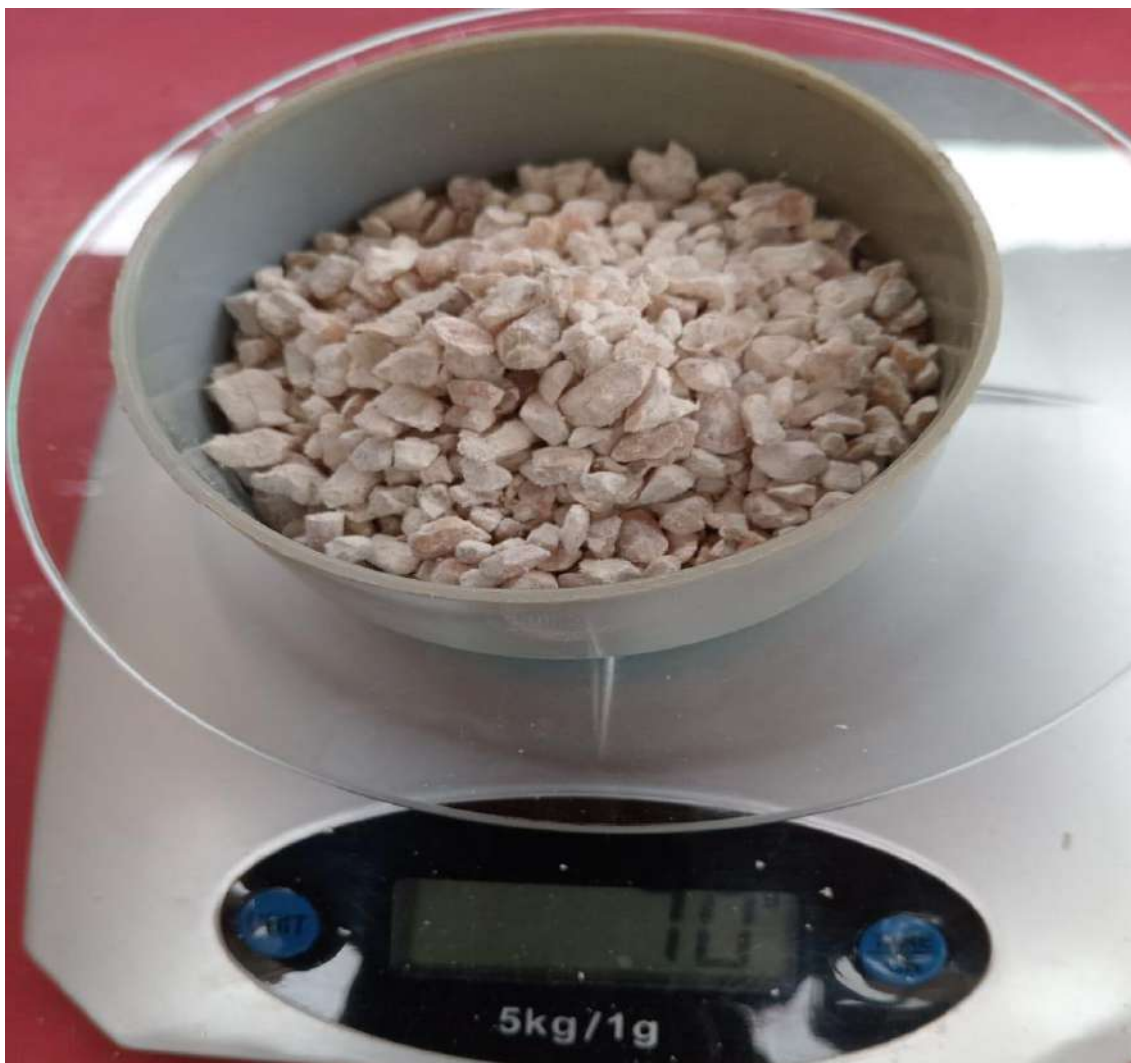


Figura 10: Esporas de *Beauveria* spp. cultivadas en sustrato fermentativo sólido de maíz triturado.

El ensayo de control biológico se realizó dentro de un ambiente de casamalla en la provincia de Huaral, en donde se establecieron los tratamientos; estableciendo un diseño completamente al azar DCA, conformado por plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) de 5 tratamientos, cada uno de ellos conformados por 20 réplicas, con un total de 100 unidades experimentales, acopladas a un sistema de riego por goteo que fue constante durante los 35 días de cultivo en tierra. Se registraron hojas de lechuga cuya savia de las hojas había sido succionado; lo cual causó amarillamiento, retraso en el crecimiento, y en 10 unidades experimentales causaron la muerte de la planta (Figura 11).



Figura 11: Envés de la hoja de lechuga (*Lactuca sativa*), infectada por mosca blanca.

Las plantas infectadas fueron fumigadas usando 2 dosis (A) con 2 cepas de *Beauveria* spp. (B) de acuerdo con la tabla N° 1 (2A * 2B y un grupo control); tras la aplicación, se observaron diversos efectos progresivos tanto en los estados juveniles como en los adultos de la plaga. Las aplicaciones se realizaron de forma foliar, cubriendo adecuadamente el envés de las hojas donde suelen concentrarse las ninfas, lo que permitió una buena cobertura de las poblaciones objetivo.

A partir de los 3 a 5 días posteriores a la primera aplicación, se comenzaron a notar los primeros signos de infección en individuos de mosca blanca. Las ninfas infectadas presentaban un cambio de coloración, tornándose opacas, de tonalidad blanquecina o grisácea, y con pérdida de movilidad. En algunos casos, se observó que quedaban completamente adheridas al tejido foliar del envés de la hoja de lechuga.

Después de la segunda aplicación, se notó un incremento en la cantidad de individuos afectados, incluyendo algunos adultos. Posteriormente, a la tercera aplicación los insectos adultos infectados mostraban una disminución notable en su actividad: vuelo lento y menor capacidad de evasión ante estímulos. El T4 correspondiente al inóculo de 5×10^7 esporas/ml, fue el que mejor resultados presentó en contraste con los otros tratamientos.



Figura 12: Aplicación foliar de *Beauveria* spp. en hojas de lechuga variedad Tropicana.

En fases más avanzadas de infección, los cadáveres de mosca blanca, especialmente en los estados inmaduros, presentaban una esporulación externa visible, con una coloración blanquecina algodonosa, característica del desarrollo de *Beauveria* spp. sobre el hospedero muerto. A pesar de que no todos los individuos resultaron infectados, se observó una reducción significativa en la densidad poblacional de la mosca blanca durante las siguientes dos semanas.

El efecto de ambas cepas de *Beauveria* spp. fue lento en los primeros días, pero se mantuvo de manera progresiva, con un efecto mayor sobre las ninfas que sobre los adultos, lo cual es consistente con diversos estudios previos.

4.6. Análisis estadístico

4.6.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA de un factor) para evaluar el efecto de cinco tratamientos (T1 a T5) sobre la cantidad de ninfas de mosca blanca en plantas de lechuga variedad (*Lactuca sativa*) post inoculación de esporas de *Beauveria* spp. con 20 réplicas por tratamiento.

Fuente	GL	SC	MC	F	p-valor
Tratamiento	4	77,215	19,304	2227	< 2e-16 ***
Error (Residual)	95	823	9		

El efecto del tratamiento es estadísticamente significativo ($p < 0.001$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos produce una diferencia significativa en la cantidad de ninfas afectadas respecto a los otros tratamientos.

4.6.2. Normalidad de los residuos

Prueba de Shapiro-Wilk sobre los residuos del modelo:

- Estadístico W: 0.99076
- p-valor: 0.7262

El valor de p es mayor que 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Además, los residuos del modelo ANOVA se distribuyen normalmente.

4.6.3. Homogeneidad de varianzas (homocedasticidad)

Prueba de Levene (centro = mediana):

Grupos	F valor	p-valor
4	2.1246	0.0837

El valor de p es mayor que 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas entre grupos. Además, se cumple el supuesto de homocedasticidad.

4.6.4. Agrupación por letras (Tukey HSD)

Se asignaron letras a los tratamientos según los resultados del Tukey HSD. Todos los tratamientos difieren significativamente entre sí.

Tratamiento	Media de ninfas	Letra (Tukey)
T5 (agua)	98.6	a
T1	80.1	b
T2	61.3	c
T3	39.3	d
T4	20.8	e

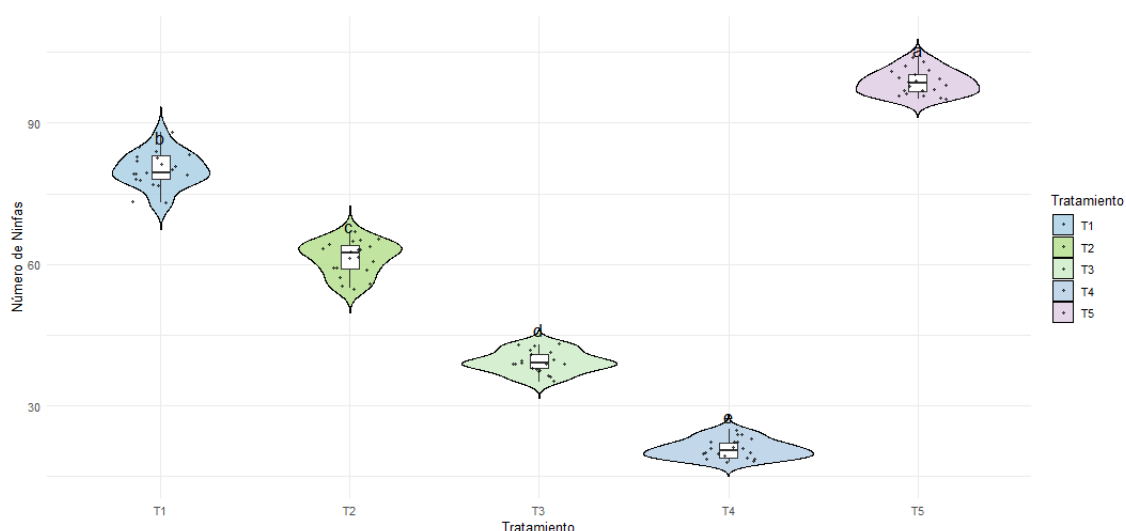


Figura 13: Tratamientos con diferencias letras significan diferencias significativas ($p < 0.05$).

El número de ninfas de mosca blanca varió significativamente entre los tratamientos aplicados a plantas de lechuga variedad (*Lactuca sativa*), (Figura 13). La evaluación estadística mediante ANOVA presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$), y la posterior prueba de Tukey confirmó que todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí. La prueba post hoc de Tukey confirmó que todas las comparaciones por pares entre tratamientos fueron estadísticamente significativas, evidenciando que cada combinación de cepa y concentración evaluada presentó un nivel de eficacia distinto en el control de la plaga.

El tratamiento T4, correspondiente a la aplicación de la cepa 2 de *Beauveria* a una concentración de 5×10^7 esporas/ml, mostró la menor cantidad promedio de ninfas (media = 20.8), indicando un efecto más eficiente del bioinsecticida en esa formulación. Este tratamiento fue significativamente diferente del resto, lo que se visualiza con la letra “e” sobre su grupo en el gráfico de dispersión de violín. Le siguió en eficacia el tratamiento T3 (cepa 2, 1×10^7 esp/ml), con una media de 39.3 ninfas, también significativamente diferente de los demás (letra “d”).

En comparación, los tratamientos T1 y T2, ambos correspondientes a la cepa 1 en distintas concentraciones (1×10^6 y 5×10^6 esp/ml, respectivamente), mostraron niveles intermedios de infestación. T2 (media = 61.3) resultó más eficaz que T1 (media $\approx$ 80.1), mostrando que el incremento en la concentración tuvo un efecto positivo sobre la reducción de ninfas, aunque con menor impacto que los tratamientos con la cepa 2. El tratamiento T5, correspondiente al control con agua, presentó la mayor cantidad de ninfas (media $\approx$ 98.6), confirmando la ausencia de control biológico, demostrando la eficacia comparativa frente al resto de tratamientos. Este grupo fue estadísticamente diferente de todos los demás, lo que respalda su clasificación con la letra “a” en el análisis post-hoc.

El gráfico de violín permite visualizar detalladamente la distribución de los datos, las medianas y la dispersión interna de cada tratamiento. La forma estrecha y compacta del violín correspondiente a T4 refleja baja variabilidad y alta consistencia en la respuesta, mientras que los tratamientos T1 y T2 muestran mayor dispersión, lo que podría relacionarse con diferencias individuales en la susceptibilidad de las ninfas o con la heterogeneidad en la deposición de conidios. Este tipo de representación gráfica complementa el análisis inferencial al mostrar patrones no visibles solo con promedios y letras de significancia.

5. Discusión

Los resultados de este estudio presentaron efectividad en el control biológico de *Beauveria bassiana* en el manejo de poblaciones de ninfas de *Bemisia tabaci* en cultivos de lechuga variedad crespa. La reducción significativa en la cantidad de ninfas, especialmente en el tratamiento T4 (cepa 2 a 5×10^7 esporas/mL), respalda el potencial de

este hongo entomopatógeno como herramienta biológica viable bajo condiciones de infestación natural.

La diferencia en eficacia observada entre las cepas y concentraciones empleadas puede atribuirse a factores tanto genéticos como fisiológicos de los aislamientos fúngicos (Shahid et al., 2014). Estudios previos han demostrado que las características inherentes a cada cepa, como la tasa de germinación, velocidad de penetración cuticular, y capacidad de producción de toxinas, influyen de manera directa en la virulencia y persistencia del biocontrolador. (Chaithra et al. (2022) identificaron que cepas como Bb6 y Bb15 mostraron alta virulencia contra *Tetranychus truncatus*, lo que se correlaciona con perfiles metabólicos diferenciados y una expresión aumentada de genes relacionados con enzimas cuticulolíticas. Esto es coherente con lo observado en este estudio, donde la cepa 2, en ambas concentraciones, fue consistentemente más eficaz que la cepa 1.

Más allá de la concentración, la consistencia de respuesta entre réplicas en los tratamientos con cepa 2 presenta un comportamiento más homogéneo del biocontrolador. Tal comportamiento puede asociarse con una mejor adaptación fisiológica al hospedero o a condiciones ambientales locales, lo cual ha sido documentado también por Wang et al., (2022), quienes resaltan la importancia de seleccionar cepas endémicas o adaptadas para mejorar la eficacia de aplicaciones en campo abierto.

El mecanismo de acción de *B. bassiana* involucra la adhesión de las conidias a la cutícula del insecto, seguida de la germinación, penetración y proliferación interna, acompañado de la producción de metabolitos secundarios que contribuyen a la inmovilización y muerte del huésped. Entre estos compuestos, la bassianolida, beauvericina y oosporeína han sido ampliamente asociados con efectos tóxicos e inmunosupresores en insectos blanco (Hricáková et al., 2018; Topkara et al., 2022). Estos efectos no solo se traducen en mortalidad directa, sino también en alteraciones fisiológicas que afectan el desarrollo de las ninfas, incluso cuando no se observa muerte inmediata (Almeida Carneiro et al., 2008). Esto resulta particularmente relevante para etapas como la ninfa de *B. tabaci*, donde la inmovilidad limita el contacto físico directo, por lo que la virulencia debe depender en gran medida de la capacidad de colonización fúngica eficiente.

Desde una perspectiva ecológica, los tratamientos más efectivos (T3 y T4) pueden reducir de forma significativa la presión poblacional de la plaga sin afectar organismos no

objetivo. Estudios como el de Zhou et al., (2023) documentan que el uso de *B. bassiana* no compromete la supervivencia ni el comportamiento de depredadores naturales como *Dastarcus helophoroides*, promoviendo su compatibilidad con estrategias integradas de manejo de plagas.

La comparación con estudios similares permite contextualizar los hallazgos. Por ejemplo, investigaciones como la de Santos et al. (2013) demostraron que cepas aplicadas a 8.1×10^8 esporas/mL lograron más del 90% de mortalidad en adultos de *B. tabaci* en algodón. Aunque las concentraciones utilizadas en este trabajo fueron ligeramente menores, los resultados alcanzados en T4 se acercan a esos niveles de eficacia, reforzando su aplicabilidad en escenarios hortícolas. Además, considerando que se trabajó bajo condiciones no controladas y con infestación natural, la eficacia obtenida adquiere mayor relevancia práctica.

Un aspecto adicional es el comportamiento endofítico de algunas cepas de *B. bassiana*, las cuales pueden colonizar tejidos vegetales y generar un efecto sistémico de protección, incluso sin contacto directo con la plaga. Ciertas cepas de *Beauveria* pueden establecerse endofíticamente en diversos cultivos, contribuyendo al control indirecto de insectos fitófagos (Yari Briones et al., 2021).

Cabe señalar que, si bien la concentración de conidias influye positivamente en la eficacia, como se observa en la comparación T1 vs. T2 y T3 vs. T4, este incremento también puede elevar los costos de producción. En este sentido, la elección del tratamiento óptimo debe considerar un balance entre efectividad biológica y viabilidad económica; al evaluar cepas nativas para aplicaciones comerciales en agricultura sostenible (Sui et al., 2023; H. Wang et al., 2021).

Finalmente, la consistencia en los supuestos estadísticos valida la eficacia de los resultados. Tanto la normalidad como la homocedasticidad fueron confirmadas, lo que permite confiar en la solidez del modelo ANOVA utilizado. La clara separación entre tratamientos evidenciada por las letras del análisis de Tukey respalda la existencia de diferencias significativas reales y no aleatorias, confirmando que la cepa y la concentración son factores determinantes en la eficacia del control biológico de *B. tabaci*.

6. Conclusión

La caracterización morfológica macroscópica y microscópica confirmó que ambos aislados presentan rasgos típicos del género *Beauveria*. A nivel de colonia se observó crecimiento algodonoso blanco a blanquecino, mientras que microscópicamente se identificaron conidias elipsoidales dispuestas en racimos sobre conidióforos ramificados, elementos consistentes con la morfología reportada para *B. bassiana*.

La identificación molecular mediante amplificación de la región ITS del ADN ribosomal permitió confirmar que ambos aislados corresponden a *Beauveria bassiana*. El análisis de las secuencias y su comparación con bases de datos genéticas internacionales aseguró la validez taxonómica de las cepas utilizadas, consolidando su clasificación a nivel de especie

Los ensayos de virulencia demostraron que ambos aislados son capaces de reducir significativamente la cantidad de ninfas de *B. tabaci* en condiciones in vitro. Sin embargo, la cepa 2 a una concentración de 1×10^7 esporas/mL presentó el mayor efecto, con diferencias estadísticas claras respecto a los demás tratamientos. Se observó también que un aumento en la concentración de conidias incrementa la eficacia del hongo, resaltando la influencia tanto del origen del aislamiento como de la dosificación en el control biológico.

7. Fuentes de información

7.1. Fuentes bibliográficas

Acuña-Payano, R., Quiroz-Farfán, D., Laynes-Zela, P., Nolasco-Cárdenas, O., & Gutiérrez-Román, A. (2017). *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) induce in vitro laminarinasa y quitinasa de *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae). *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 7–13.

Almeida Carneiro, A., Aparecida Gomes, E., Teixeira Guimarães, C., Tavares Fernandes, F., Portilho Carneiro, N., & Cruz, I. (2008). Molecular characterization and pathogenicity of isolates of *Beauveria* spp. to fall armyworm. *Pesq. Agropec. Bras*, 43(4), 513–520. www.ncbi.nlm.nih.gov

- Alvindia, D. G. (2013). Improving control of crown rot disease and quality of pesticide-free banana fruit by combining *Bacillus amyloliquefaciens* DGA14 and hot water treatment. *European Journal of Plant Pathology*, 136(1), 183–191. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0154-7>
- Borges, J. A., Barrios, M., & Escalona, O. (2012). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Zootecnia Trop*, 30(1), 17–25.
- Bravo-Portocarrero, R., Uscamayta, K. Z., & Lima-Medina, I. (2020). Efficiency of color sticky traps in the insect capture of leafy vegetable. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 61–66. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.07>
- Bustamante, D. E., Oliva, M., Leiva, S., Mendoza, J. E., Bobadilla, L., Angulo, G., & Calderon, M. S. (2019). Phylogeny and species delimitations in the entomopathogenic genus *Beauveria* (Hypocreales, Ascomycota), including the description of *B. Peruviansis* sp. Nov. *MycoKeys*, 58, 47–68. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.58.35764>
- Chaithra, M., Prameeladevi, T., Bhagyasree, S. N., Prasad, L., Subramanian, S., & Kamil, D. (2022). “Multilocus sequence analysis for population diversity of indigenous entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and its bio-efficacy against the cassava mite, *Tetranychus truncatus* Ehara (Acari: Tetranychidae).” *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1007017>
- Chaithra, M., Prameeladevi, T., Prasad, L., Kundu, A., Bhagyasree, S. N., Subramanian, S., & Kamil, D. (2022). “Metabolomic diversity of local strains of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and their efficacy against the cassava mite, *Tetranychus truncatus* Ehara (Acari: Tetranychidae).” *PLoS ONE*, 17(11 November). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277124>
- Chouikhi, S., Assadi, B. H., Lebdi, K. G., & Belkadhi, M. S. (2022). Efficacy of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* in the control of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00640-5>

- Cuéllar, M. E., & Morales, F. J. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomologia* , 32(1), 1–9.
- Delgado-Zegarra, J., Alvarez-Risco, A., & Yáñez, J. A. (2018). Indiscriminate use of pesticides and lack of sanitary control in the domestic market in Peru. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 42. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.3>
- Estrada, M. E., Camacho, M. V., & Benito, C. (2007). The molecular diversity of different isolates of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. as assessed using intermicrosatellites (ISSRS). *Cellular and Molecular Biology Letters*, 12(2), 240–252. <https://doi.org/10.2478/s11658-006-0069-4>
- Filippou, C., Garrido-Jurado, I., Meyling, N. V., Quesada-Moraga, E., Coutts, R. H. A., & Kotta-Loizou, I. (2018). Mycoviral population dynamics in Spanish isolates of the entomopathogenic fungus *beauveria bassiana*. *Viruses*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/v10120665>
- Gençer, D., & Bayramoğlu, Z. (2022). Characterization and pathogenicity of *Beauveria bassiana* strains isolated from *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) in Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00599-3>
- Gutiérrez Román, A. I. F., Laynes Zela, P. F., Acuña Payano, R. K., Nolasco Cárdenas, O. P., Santa-Cruz Carpio, C. M., & Leiva Eriksson, N. R. (2022). Production of Sustainable Proteins Through the Conversion of Insects to Proteins Using *Beauveria bassiana* Cultures. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.760274>
- Hricáková, N., Medo, J., Hleba, L., Barta, M., & Maková, J. (2018). Use of MALDI-TOF mass spectrometry in rapid identification of *beauveria bassiana* and *beauveria pseudobassiana*. *Journal of Central European Agriculture*, 19(2), 394–407. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.2.2151>
- Kanaoka, M., Isogai, A., Murakoshi, S., Ichinoe, M., Suzuki, A., & Tamura, S. (1978). Bassianolide, a new insecticidal cyclodepsipeptide from *beauveria*

bassiana and verticillium lecanii. *Agricultural and Biological Chemistry*, 42(3), 629–635. <https://doi.org/10.1080/00021369.1978.10863029>

Khashaba, E. H. K. (2021). Inoculation and colonization of isolated entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* in rice plants, *Oryza sativa* L. through seed immersion method. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00434-1>

Navarrete, J. B., Valarezo, O., Cañarte, E., & Solórzano, R. (2016). EFECTO DEL NIM (*Azadirachta indica* JUSS.) SOBRE *Bemisia tabaci* GENNADIUS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) Y CONTROLADORES BIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DEL MELÓN *Cucumis melo* L. *La Granja*, 25(1), 33. <https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.03>

Pariona, N., Castellanos Elizabeth León, P., & Pedro Castellanos, E. (2007). Capacidad entomocida de cepas nativas de *Beauveria* sp. sobre *Schistocerca piceifrons* peruviana (Lynch Arribalzaga, 1903) Entomocidal ability of native strains *Beauveria* sp. on *Schistocerca picei-frons* peruviana (Lynch Arribalzaga, 1903). In *Rev. peru. biol* (Vol. 14, Issue 2). Diciembre. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>

Ríos Da Silva, R., Vargas-Flores, J., Sánchez-Choy, J., Oliva-Paredes, R., Alarcón-Castillo, T., & Villegas Panduro, P. P. (2020). *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as compatible and efficient controllers of plague insects in aquaponic crops. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 419–426. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.14>

Santos, A., Grijalba, E., Zuluaga, M. V., Gomez, M., & Villamizar, L. (2013). *Compatibilidad in vitro de un bioplaguicida a base de Lecanicilium lecanii (Hipoconiales: Clavicipitaceae) con agroquímicos empleados en los cultivos de algodón y berenjena*. 132–142.

Sayed, S. M., Ali, E. F., El-Arnaouty, S. A., Mahmoud, S. F., & Amer, S. A. (2018). Isolation, identification, and molecular diversity of indigenous isolates of *beauveria bassiana* from Taif region, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 1–6. [https://doi.org/10.1186/s41938-018-0054-](https://doi.org/10.1186/s41938-018-0054-z)

z

- Shahid, M., Srivastava, M., Singh, A., Kumar, V., Rastogi, S., Pathak, N., & Srivastava, A. K. (2014). Comparative Study of Biological Agents, *Trichoderma harzianum* (Th-Azad) and *Trichoderma viride* (01PP) for Controlling Wilt Disease in Pigeon Pea. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 6(2), 110–115. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000130>
- Solano-González, S., Castro-Vásquez, R., & Molina-Bravo, R. (2023). Genomic Characterization and Functional Description of *Beauveria bassiana* Isolates from Latin America. *Journal of Fungi*, 9(7), 711. <https://doi.org/10.3390/jof9070711>
- Sui, L., Lu, Y., Zhou, L., Li, N., Li, Q., & Zhang, Z. (2023). Endophytic *Beauveria bassiana* promotes plant biomass growth and suppresses pathogen damage by directional recruitment. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1227269>
- Topkara, E. F., Yanar, O., Tuncer, C., Ozdemir, I. O., & Yildirim, E. (2022). Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Beauveria pseudobassiana* isolates against the pine processionary moth, *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, 1926 (Lepidoptera/Notodontidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00501-7>
- Varéa, G. S., Oliveira, J. A. Y., Sugahara, V. H., Ito, E. T., Pinto, J. P., Trevisan, D., De Oliveira Ramos, H. J., De Magalhães, D. M., & Pereira, L. F. P. (2012). Identificação de proteases produzidas pelo fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. Cepa CG432 previamente ativada em insetos vivos de broca do café ((*Hypothenemus hampei*)). *Semina: Ciências Agrárias*, 33(SUPPL2), 3055–3068. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl2p3055>
- Wang, H., Peng, H., Li, W., Cheng, P., & Gong, M. (2021). The Toxins of *Beauveria bassiana* and the Strategies to Improve Their Virulence to Insects. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705343>
- Wang, Y., Fan, Q., Wang, D., Zou, W. Q., Tang, D. X., Hongthong, P., & Yu, H. (2022). Species Diversity and Virulence Potential of the *Beauveria bassiana*

Complex and *Beauveria scarabaeidicola* Complex. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.841604>

Yari Briones, D. I., Paredes-Valderrama, J. R., Milla Pino, M. E., & Murga Valderrama, N. L. (2021). Effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the control of ticks in cattle. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(5). <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19586>

Zhou, Y., Lu, C., Chen, Z., Ye, S., Fang, X., Zhang, Z., Cai, S., Zhang, F., & Liang, G. (2023). Pathogenicity virulence of *Beauveria* spp. and biosafety of the BbMQ strain on adult ectoparasitic beetles, *Dastarcus helophoroides* Fairmaire (Coleoptera: Colydiidae). *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1077473>

Zhumatayeva, U. T., Duissembekov, B. A., Dutbayev, Y., Kidirbayeva, K. K., Alshynbayev, O. A., & Bekbulatova, G. A. (2022). Effective Strains of *Beauveria Bassiana* and *B. Pseudobassiana* used Against the Asian Locust (*Locusta Migratoria* L.) in Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 22(4), 492–501. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2022.492.501>

7.2. Fuentes documentales

7.3. Fuentes electrónicas