

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE AISLAMIENTOS NATIVOS DE *Beauveria brongniartii* A PARTIR DE INSECTOS INFECTADOS EN CAMPO

Morphological and physiological characterization of native isolates of *Beauveria brongniartii* from field infected insects

Carlos López Blanco¹, David Cruz Choque², Jorge Espinoza Almazán³, Juan Javier Quino Luna⁴

RESUMEN

El hongo *Beauveria brongniartii* tiene actividad patogénica sobre diversos insectos en el agroecosistema andino. Sin embargo, los estudios en este campo son escasos en el país. El objetivo del estudio fue caracterizar morfológica y fisiológicamente aislamientos nativos del hongo, a partir de insectos infectados en campo, en la Estación Experimental Choquenaira, Viacha - Bolivia. Se colectó insectos parasitados de campo, los cuales se aislaron y caracterizaron bajo criterios morfológicos y fisiológicos en laboratorio. Las variables evaluadas fueron: análisis de aislamientos obtenidos, características morfológicas macroscópicas (crecimiento, aspecto, color, superficie, pigmentación y sinemas) y microscópicas (hifas, conidióforos, fiálide, rachis, conidias) y medidas fisiológicas (crecimiento, conidiación y germinación). Se realizó el análisis descriptivo (características morfológicas) y estadístico (características fisiológicas) bajo el diseño completo al azar, con ANVA, prueba Duncan, desviación estándar (error ≤ 5 %). Se obtuvo cinco aislamientos a partir de los hospederos *Phyllophaga* sp., *Premnotypes* sp (2), *Astylus vittaticollis*, *Notiobia* sp. (Bbr1, Bbr2, Bbr3, Bbr4 y Bbr5), denotando su adaptabilidad, su rango y especificidad sobre insectos. El análisis morfológico presentó variación y similitud en sus características, perteneciendo los aislados a la especie *B. brongniartii*. El análisis fisiológico determinó diferencias en conidiación, sobresaliente el Bbr5 (5.95×10^7 c ml⁻¹), y sin diferencias las variables crecimiento radial (TDCR) y germinación, con superioridad no significativa de Bbr2 (39.20 mm y 1.91 mm día⁻¹) y Bbr5 (94.20 %). La investigación realizada aporta resultados positivos ya que al caracterizar los aislamientos nativos de *B. brongniartii* a partir de insectos infectados, se confirma el potencial de la especie para realizar a futuro la caracterización patogénica en la obtención de cepas promisorias para el control biológico de plagas en la región.

Palabras clave: hongos entomopatógenos, *Beauveria brongniartii*, caracterización, aislamientos, conidias.

ABSTRACT

The fungus *Beauveria brongniartii* has pathogenic activity on various insects in the Andean agroecosystem. However, studies in this field are scarce in the country. The objective of this study was to characterize morphologically and physiologically native isolates of the fungus, from insects infected in the field, at the Choquenaira Experimental Station, Viacha - Bolivia. Parasitized insects were collected from the field, isolated and characterized under morphological and physiological criteria in the laboratory. The variables evaluated were: analysis of isolates obtained, macroscopic morphological characteristics (growth, appearance, color, surface, pigmentation and synemas) and microscopic (hyphae, conidiophores, phialides, rachis, conidia) and physiological measurements (growth, conidiation and germination). Descriptive (morphological characters) and statistical (physiological characters) analysis was performed under complete randomized design, with ANVA, Duncan test, standard deviation (error ≤ 5 %). Five isolates were obtained from the hosts *Phyllophaga* sp., *Premnotypes* sp (2), *Astylus vittaticollis*, *Notiobia* sp. (Bbr1, Bbr2, Bbr3, Bbr4 and Bbr5), denoting their adaptability, range and specificity on insects. The morphological analysis showed variation and similarity in their characteristics, the isolates belonging to the species *B. brongniartii*. The physiological analysis determined differences in conidiation, with Bbr5 standing out (5.95×10^7 c ml⁻¹), and without differences in the variables radial growth (TDCR) and germination, with non-significant superiority of Bbr2 (39.20 mm and 1.91 mm day⁻¹) and Bbr5 (94.20 %). The research carried out provides positive results since characterizing native isolates of *B. brongniartii* from infected insects confirms the potential of the species for future pathogenic characterization to obtain promising strains for the biological control of pests in the region.

Keywords: entomopathogenic fungi, *Beauveria brongniartii*, characterization, isolations, conidia.

¹✉ Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-6919>. calobla9@yahoo.es

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/009-006-2172-3269>. dcruz@umsa.bo

³ Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8210-2697>. jorgealmazan_7886arg@hotmail.com

⁴ Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8518-3734>. quinolunaj@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La zona andina de Bolivia, es una región que presenta altos riesgos en la producción agrícola debido a factores abióticos (sequias, heladas, granizadas) y bióticos (malezas, plagas y enfermedades). Entre los factores bióticos, los insectos plagas se constituyen en uno de los principales problemas ocasionando reducciones en el rendimiento agrícola de los cultivos. La medida de control depende de los insecticidas químicos, los cuales representan un costo, además tienen efectos nocivos en la salud humana, animales y el ambiente, así como la generación de resistencia de los insectos plaga.

Una forma de reducir los productos químicos, es mediante el uso de hongos entomopatógenos (Urrea, 2015), los cuales regulan poblaciones de insectos plaga en diversos ecosistemas mediante epizootias (Valle et al., 2022). Estos hongos son la capacidad de renovar inoculo sobre insectos muertos, establecerse en forma permanente en el suelo y no inducen la aparición de resistencia (Alves, 2003 citado por Mandujano, 2015), a diferencia de los agroquímicos (Sepúlveda, 2017), siendo una opción frente al control químico de insectos (Bautista et al., 2018). Los principales géneros de hongos que se utilizan en la agricultura son: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Rodríguez, 2017), controlando plagas en una amplia variedad de cultivos (García et al., 2019).

Las especies del género *Beauveria* más estudiados y utilizados en el control de insectos plaga son *B. bassiana* y *B. brongniartii* (Bustillo, 2001). *B. brongniartii* (Saccardo) Petch, tiene actividad patogénica sobre diversos ordenes de insectos, con amplia distribución en el agroecosistema andino, sobre los 2 800 m s.n.m., donde las bajas temperaturas prevalecen (Alcázar et al., 2003), sin riesgo para humanos y animales (Cova et al., 2009), siendo una alternativa para el control de insectos plaga (Vargas, 2003), presenta dos fases en su desarrollo, una saprofítica, viviendo sobre materia en descomposición y otra parasítica, infectando a insectos (Vera, 1996), considerado seguro para el ambiente (Cova et al., 2009).

El control biológico de plagas con hongos entomopatógenos depende de la producción del inóculo para su aplicación en campo, la selección de cepas o aislados con alta virulencia, el buen desarrollo, la esporulación y la resistencia a condiciones ambientales adversas (García et al., 2015 citado por

Valle et al., 2022). Al buscar agentes de control biológico, una estrategia básica es investigar los enemigos naturales nativos, antes de introducir agentes exóticos (García et al., 2011). Existe reportes de hongos entomopatógenos nativos en el altiplano boliviano, entre ellos *Beauveria* sp (Rojas, 2014; Rojas et al., 2017), sin embargo, los estudios en este campo son escasos (Pacasa, 2018), donde aislamientos nativos de *B. brongniartii* no han sido obtenidos ni evaluados en esta región. La variabilidad intraespecífica en los hongos entomopatógenos en cuanto a rango de hospederos, características fisiológicas y virulencia (Ayala et al., 2005 citado por Gerónimo et al., 2016) hacen necesario la caracterización para seleccionar hongos con los mejores atributos como reguladores de plagas (Valle et al., 2022).

Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue la caracterización morfológica y fisiológica de aislamientos nativos de *B. brongniartii* *in vitro* a partir de insectos infectados en campo, en la Estación Experimental Choquenaira, Viacha – Bolivia. Bajo estas consideraciones los objetivos específicos del estudio fueron: a) Aislar los aislamientos nativos del hongo a partir de insectos parasitados en campo, b) Caracterizar a nivel morfológico los aislamientos obtenidos, c) Caracterizar fisiológicamente los aislamientos nativos del hongo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de entomopatógenos de la Estación Experimental Choquenaira (EECH) dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA); ubicado en el Distrito 3 del municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz, Bolivia. Geográficamente situado a 16° 42' 05" de Latitud Sur y 68° 15' 15" de Longitud Oeste, a una altura de 3 870 m s.n.m., con una precipitación pluvial media de 473 mm año⁻¹, la temperatura media anual de 16.52 °C, una humedad relativa de 66.93 %, la evapotranspiración aproximada de 1 050 mm año⁻¹ y la velocidad del viento que oscila de 13.5 a 17 km h⁻¹ (Flores, 2012; EECH, 2021).

Metodología

El presente estudio se realizó en dos fases (Figura 1). La fase de campo, con la búsqueda y colecta de

insectos infectados por *B. brongniartii* de los suelos de los cultivos agrícola forrajeros de la EECH. La fase de laboratorio, se desarrolló mediante protocolos, con la reactivación, aislado, purificación y caracterización morfológica y fisiológica de colonias de aislamientos nativos del hongo en el laboratorio de entomopatógenos de la EECH, con el uso de equipos, materiales, reactivos y otros.

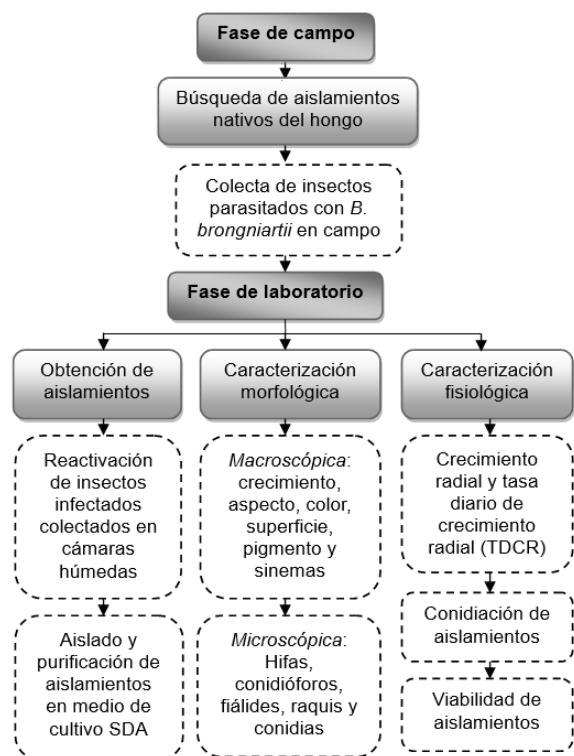


Figura 1. Flujograma de estudio con las fases de campo y laboratorio.

Fase de campo: recolección de insectos infectados por el hongo *B. brongniartii*

Con el método de captura de Castillo (2012) mediante muestreo dirigido se obtuvo los aislamientos nativos del hongo a partir insectos infectados, con características de crecimiento fungoso de color blanco (micelio y esporulación) (Cañedo y Ames, 2004), denotando su capacidad patogénica natural (Vega y Kaya, 2012). La colecta de insectos infectados se realizó en la EECH, en época húmeda y seca (febrero a junio del 2022), en suelos de los cultivos de papa (*Solanum sp*), avena forrajera (*Avena sativa*) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare*). El material biológico se colectó en viales, etiquetándose (lugar, fecha, tipo de insecto) y llevándose al laboratorio de entomopatógenos de la EECH, para su procesamiento.

Fase de laboratorio: reactivación, aislado y purificación de aislamientos

Bajo la metodología de Gerónimo et al. (2016), con algunas modificaciones. Los insectos colectados se desinfestaron con hipoclorito de sodio (X.5) al 5.5 % por tres minutos, eliminando el exceso de hipoclorito con el lavado triple en Agua Destilada Estéril (ADE), y se colocaron sobre papel toalla estéril para quitar el exceso de humedad. Se depositaron los insectos en cámaras húmedas preparadas (90 % HR) a 18±2 °C, durante 12 días, para la reactivación del hongo con nueva esporulación sobre los insectos.

Con la metodología de Villamil (2015), a partir de los insectos reactivados, bajo la técnica de aislado directo, se multiplicó los aislamientos del hongo (conidias y micelio), en cajas Petri (CP) con medio de cultivo Saboraud Dextrosa Agar (SDA) esterilizado en autoclave a 121 °C, durante 30 minutos. Las CP se rotularon e incubaron por 20 días a 18±2 °C, observando el desarrollo del hongo y la presencia de contaminantes saprofitos (*Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*). Se realizó de dos a tres resiembras de los aislamientos en medio SDA, obteniendo colonias puras, los cuales se sellaron con cinta Parafilm, rotulándose y conservándose en refrigeración (4 °C), para su uso posterior en las diferentes pruebas de caracterización.

Caracterización morfológica

- **Características macroscópicas:** En la identificación macroscópica del hongo se utilizó la metodología de observación con la ayuda de claves y descriptores morfológicos (Cañedo y Ames, 2004). En el proceso de producción de aislamientos del hongo en medio de cultivo SDA, se observaron a simple vista las características de las colonias en: crecimiento, aspecto, color, superficie, pigmentación y formación de sinemas del hongo.

- **Características microscópicas:** La identificación microscópica del hongo se basó en la observación de estructuras reproductivas (Barnett y Hunter, 1998; Humber, 2012). Después de la obtención de aislamientos, en una lámina portaobjetos se colocó una gota de colorante polícrómico, y con la ayuda del asa de platino se raso una parte de la colonia del hongo, lo cual se dispersó sobre la gota del colorante, y se colocó el cubreobjetos. Se observó en microscopio (Olympus), identificando las estructuras del hongo: conidióforos, fiáldes, raquis y conidias.

Se determinó el género y especie de los aislamientos obtenidos.

Caracterización fisiológica

- *Crecimiento radial y tasa diaria de crecimiento radial:* Se empleo la metodología de Vélez et al. (2000), con algunas modificaciones. Se preparo una solución fúngica de 1×10^7 c.ml⁻¹ en base a conteo realizado en la cámara de Neubauer, y con una micropipeta se inoculo 5 μ L al centro de la CP con medio de cultivo SDA, incubándose a 18 ± 2 °C, por 20 días en ausencia de luz. Con un Vernier digital se midió a diario el crecimiento radial de las colonias por el reverso de la CP en dirección vertical y horizontal. Para el análisis se consideró la tasa diaria de crecimiento radial (TDCR), empleando el DCA con 4 repeticiones, cada CP represento una unidad experimental. Se aplico la formula modificada de Vela et al. (2018), para velocidad de crecimiento radial:

$$V = \frac{X \text{ (mm)}}{T \text{ (d)}} \quad (1)$$

Donde: V = velocidad de crecimiento radial; X = radio de la colonia en milímetros; T = tiempo en días de ensayo.

- *Producción de conidias:* Se utilizó la metodología propuesta por Gerónimo et al. (2016), con alguna modificación. A los aislamientos en CP con medio SDA con 20 días de incubación, se agregó 10 ml de ADE y Gomax al 1 %, lavándose cada colonia con la ayuda de un hisopo estéril. Para determinar la concentración de conidias se tomó 1 ml de la solución madre obtenida de cada aislamiento y se realizó diluciones seriadas con un factor de dilución de 0.1, en tubos de ensayo con 9 ml de ADE ($10^1, 10^2, 10^3, 10^4$). El conteo de conidias se realizó en la cámara de Neubauer utilizando un microscopio (objetivo 40x), eligiendo la dilución adecuada (10 a 50 conidias. cuadrante⁻¹). Se utilizó el DCA con 4 repeticiones, la suspensión conidial de cada CP representó una unidad experimental, considerando el promedio de 6 lecturas para cada repetición. La concentración de conidias se estimó con:

$$C = N \cdot D \cdot F \quad (2)$$

Dónde: C = concentración que se desea conocer (c ml⁻¹); N = número promedio de conidias por cuadrante; D = dilución empleada; F = factor de cámara.

- *Prueba de viabilidad:* Para evaluar la viabilidad de conidias se utilizó la metodología propuesta por Malpartida et al. (2013), con algunas modificaciones. Se preparó en CP 10 ml del medio SDA, marcando en la superficie externa inferior 5 puntos, donde se inoculó 2 μ L de una suspensión ajustada de 1×10^7 c ml⁻¹, incubándose a 18 ± 2 °C por 24 horas. Se añadió una gota de colorante policrómico a cada alícuota para la tinción de la germinación, luego se cortó y pego las alícuotas en portaobjetos con alcohol etílico al 96 %. En un microscopio se contó por punto las conidias germinadas del total presente, considerando conidia germinada, el que presenta la longitud del tubo germinativo al menos al tamaño de la conidia. Se utilizó el DCA, el valor promedio de los 5 puntos representó la tasa de germinación (%) de una unidad experimental. El porcentaje de germinación se calculó mediante:

$$\text{Germinación (\%)} = \frac{\text{No de conidias}}{\text{No total de conidias}} \cdot 100 \quad (3)$$

Tipo de investigación

El estudio es de carácter descriptivo, por el uso de técnicas en la toma, recepción y procesamiento de datos, asociando las variables e identificando las características y conductas propias del problema del estudio, es exploratorio porque se da a conocer las características del hongo nativo *B. brongniartii* (aislamientos) en este agroecosistema a partir de insectos infectados recolectados en predios agrícolas de la EECH.

Variables de estudio

Características morfológicas: descripción macroscópica de colonias (crecimiento, aspecto, color, superficie, pigmentación y formación de sinemas) y descripción microscópica (forma de hifas, conidióforos, fiáldes, raquis, conidias y genero).

Características fisiológicas: evaluación del crecimiento radial (mm) y tasa de crecimiento diario de colonias (mm dia⁻¹), la producción conidial (c ml⁻¹) y la viabilidad de conidias (porcentaje de germinación).

Análisis estadístico

Para el análisis de caracterización morfológica de aislamientos nativos del hongo se utilizó la estadística descriptiva, y para la caracterización fisiológica se realizó un análisis de varianza (ANVA) de un solo factor, determinando el coeficiente de variación de los ensayos y la comparación de medias de los aislamientos con la prueba de rangos múltiples Duncan ($p < 0.05$) (Peñafiel, 2020), utilizando el software Microsoft Office Excel 2010 versión en español.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamientos obtenidos del hongo *B. brongniartii*

Con las búsquedas realizadas en los predios agrícolas de la EECH, se logró colectar especies de insectos parasitados (larvas y adultos) con el hongo en forma

natural, obteniendo a través de su proceso de reactivación, aislado y purificación cinco aislamientos nativos del hongo entomopatógeno *B. brongniartii*, provenientes de suelos de los cultivos de papa, avena forrajera y cebada forrajera, tomando un periodo de cinco meses (febrero a junio del 2022), codificados según su origen (Tabla 1).

Tabla 1. Aislamientos de *B. brongniartii* obtenidos a partir de insectos infectados en campo.

Insectos hospederos	Estado	Cultivo	Mes de colecta	Código
Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> sp)	larva y adulto	papa, avena, cebada	febrero, marzo, junio	Bbr1/EECH
Gorgojo de los andes (<i>Premnotypes</i> sp)	larva y adulto	papa	marzo, abril	Bbr2/EECH
Gorgojo del follaje de papa (<i>Premnotypes</i> sp)	adulto	papa	marzo, abril	Bbr3/EECH
Merilido rayado (<i>Astylus vittaticollis</i>)	adulto	papa	abril	Bbr4/EECH
Escarabajo de suelo (<i>Notiobia</i> sp.)	adulto	papa, cebada	abril, junio	Bbr5/EECH

Se utilizaron en el presente estudio, aislados del hongo a partir de insectos colectados en el cultivo de la papa.

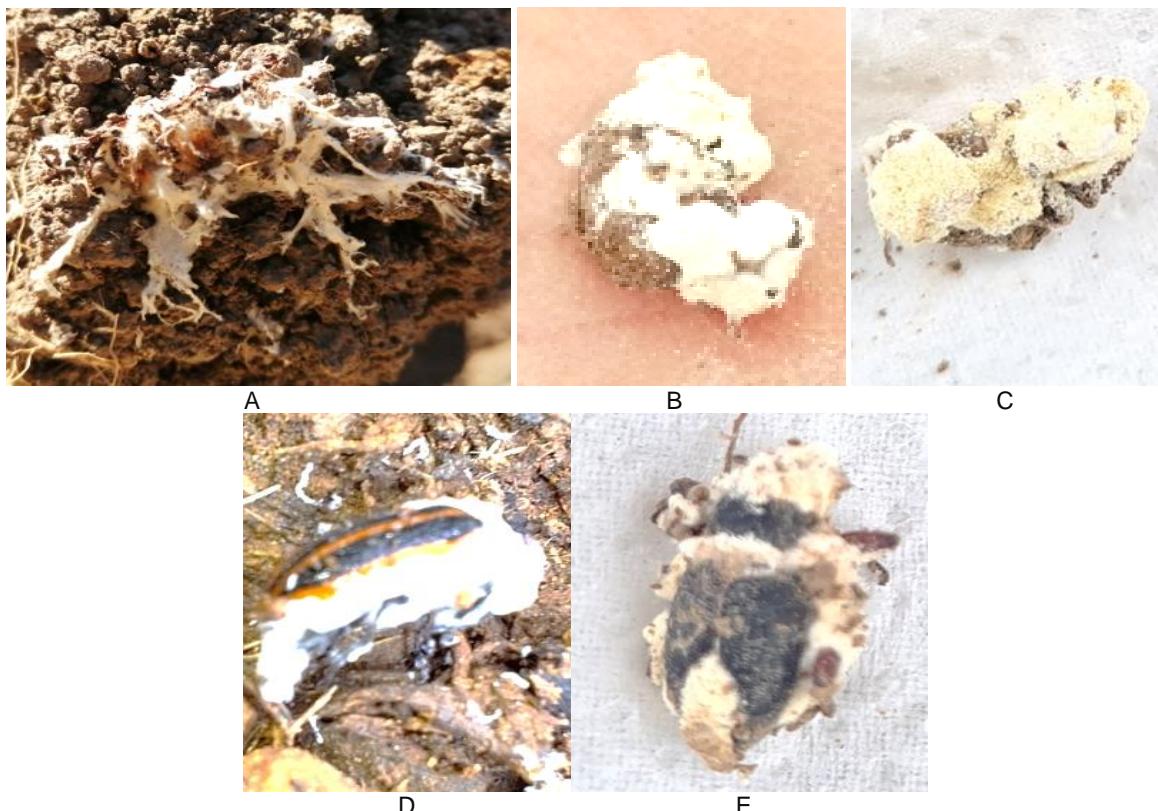


Figura 2. Insectos infectados por *B. brongniartii* en campo: gallina ciega (A), gorgojo de los andes (B), gorgojo del follaje de papa (C), merilido rayado (D), escarabajo de suelo (E).

Con la obtención de los aislamientos se confirma la presencia del hongo nativo *B. brongniartii* en esta región del altiplano a 3 873 m s.n.m., denotando su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas adversas (alta radiación, baja humedad y temperatura), coincidiendo con Rojas et al. (2017), evidenciando el amplio rango de hospederos del hongo con la parasitación natural de diferentes insectos, concordando con Alcázar et al. (2003) y Vargas (2003), su especificidad de control sobre insectos coleópteros, corroborado por Zenner y Posada (1992), siendo un

factor fundamental la presencia de especies de insectos en la región para el desarrollo y multiplicación del hongo. Destacar la presencia natural del hongo en cultivos de importancia como la papa, parasitando insectos plagas clave y ocasionales, validando lo descrito por Narrea y Malpartida (2006), Alcázar et al. (2003). Para estudios de caracterización patogénica, los aislamientos obtenidos son una alternativa manejable por su tolerancia a las condiciones climáticas de la zona (García et al., 2011).

Análisis de caracterización morfológica del hongo

Morfología macroscópica de los aislamientos

Las características macroscópicas de los aislamientos obtenidos varían (Tabla 2), presentando colonias de *Crecimiento circular* moderado con bordes definidos e irregular ancho lobulado; aspecto algodonoso y pulverulento; color, blanco, crema a café claro - oscuro (centro y anillos posteriores), bordes blancos, al

reverso naranja claro - oscuro, amarillo naranja, amarillo a verde claro - oscuro (centro y anillos posteriores) y borde blanco; *Superficie* elevada, pulvinada a elevada y umbonada a elevada (centro y anillos); *Pigmentación*, sin difusión al medio; *Sinemas*, con y sin formación. Lo cual coincide y difiere con las características descritas por Vargas (2003), Pariona et al. (2007) y Rojas et al. (2017), al caracterizar cepas y aislamientos del hongo *B. brongniartii*.

Tabla 2. Características morfológicas macroscópicas observadas en los aislamientos nativos.

Códigos de aislados	Crecimiento colonia	Aspecto colonia	Color de la colonia		Superficie colonia	Pigmento Formación	
			Anverso	Reverso		difundido al medio	de sinemas
Bbr1/EECH	Circular con bordes definidos	Algodonoso, pulverulento	Blanco a café claro y oscuro	Naranja y blanco (borde)	Pulvinada, elevada	No	Si
Bbr2/EECH	Circular con bordes irregulares	Pulverulento	Blanco con aro amarillo al centro	Amarillo naranja y blanco	Elevada	No	No
Bbr3/EECH	Circular con bordes definidos	Algodonoso, pulverulento	Blanco a café claro y oscuro	Amarillo, naranja y blanco	Elevada	No	Si
Bbr4/EECH	Circular con bordes definidos	Algodonoso	Blanco a café claro y oscuro	Naranja claro - oscuro, blanco	Elevada, pulvinada	No	Si
Bbr5/EECH	Circular con bordes definidos	Algodonoso, pulverulento	Blanco a blanco vivo intenso	Amarillo a verde oscuro -claro, blanco	Umbonada (centro), elevado	No	No

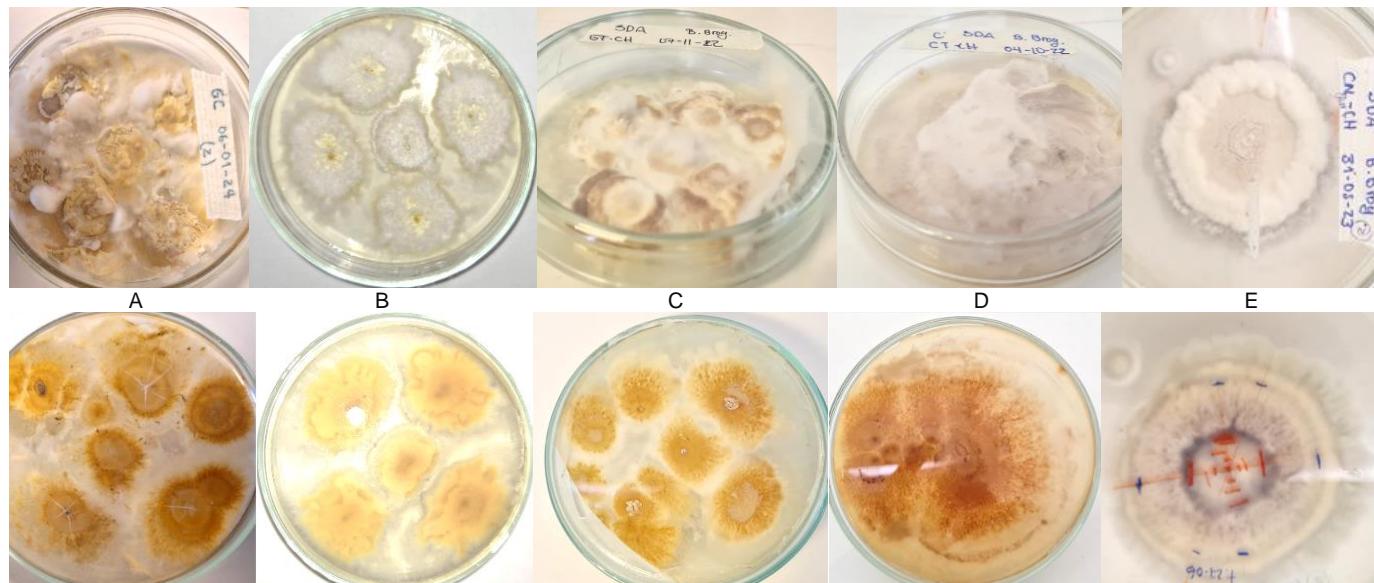


Figura 3. Morfología macroscópica de aislados en cultivo SDA, vistas de anverso (arriba) y reverso (abajo): gallina ciega (A), gorgojo de los andes (B), gorgojo del follaje (C), merilido rayado (D), escarabajo de suelo (E).

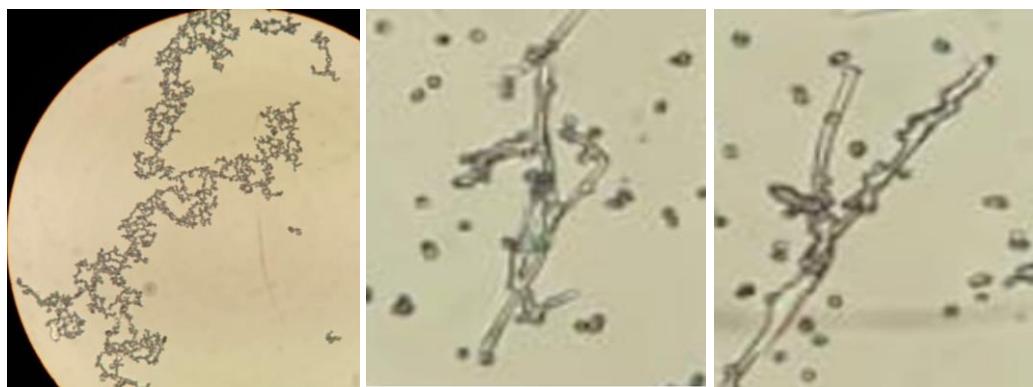
Morfología microscópica de los aislamientos

Las características microscópicas de los aislamientos estudiados coinciden con las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998); Humber (2012). Las características observadas en las estructuras reproductivas de los aislamientos (Tabla 3), presentaron: hifas septadas, hialinas y lisas, con células conidióforas y/o conidiogénica sencillas, formando racimos irregularmente densos, formada

desde una base hinchada y adelgazadas en el ápice (Fíalide subglobosa), con raquis largo bien desarrollado, geniculado o curvado, denticulado (forma de zig - zag), produciéndose las conidias en cada punto de flexión. Las conidias de carácter hialino, globoso a elipsoidal, lisas, unicelulares y grandes; cuyas características corresponden a la especie *B. brongniartii*, tal como lo describen Vargas (2003); Bravo (2017), Pariona et al. (2007) y Rojas et al. (2017), encontrando diferencias con la especie *B. bassiana*.

Tabla 3. Características morfológicas microscópicas observadas en los aislamientos nativos.

Aislados nativos	Hifas	Conidióforos	Fiálide	Raquis	Conidias	Genero
Bbr1/EECH	Septadas, hialinas y lisas	Sencillos, células conidiógenas	Subglobosas	Alargado y denticulado	Globosas, hialinas y lisas	<i>Beauveria</i>
Bbr2/EECH	Septadas, hialinas y lisas	Sencillos, células conidiógenas	Subglobosas	Alargado y denticulado	Ovoides, hialinas, lisas	<i>Beauveria</i>
Bbr3/EECH	Septadas, hialinas y lisas	Sencillos, células conidiógenas	Subglobosas	Alargado y denticulado	Globosas, hialinas y lisas	<i>Beauveria</i>
Bbr4/EECH	Septadas, hialinas y lisas	Sencillos, células conidiógenas	Subglobosas	Alargado y denticulado	Ovoides, hialinas, lisas	<i>Beauveria</i>
Bbr5/EECH	Septadas, hialinas y lisas	Sencillos, células conidiógenas	Subglobosas	Alargado y denticulado	Ovoides, hialinas, lisas	<i>Beauveria</i>

Figura 4. Características morfológicas microscópicas de *B. bronniartii* (estructuras reproductivas).

Análisis de la caracterización fisiológica de aislamientos

Evaluación de crecimiento radial y la tasa diaria de crecimiento radial (TDCR)

El ANVA (Tabla 4) de la tasa diaria de crecimiento radial (TDCR) de colonias de aislamientos nativos, no presentaron diferencias significativas, manifestando un desarrollo regular expansivo y homogéneo (circular), directamente proporcional con el tiempo, distinguiendo desde su centro una fase de crecimiento inicial, seguido de una fase de crecimiento acelerado y finalizando con un crecimiento lento.

Tabla 4. ANVA de la tasa diaria de crecimiento radial de aislados.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)
Tratamientos	4	0.09	0.02	2.96	3.06
Error	15	0.12	0.01		
Total	19	0.21			

Coeficiente de variación (CV): 4.75%.

El crecimiento radial de los aislamientos (Tabla 5), bajo la siembra fúngica de 1×10^7 c ml^{-1} , en medio SDA, durante 20 días a 18 °C, manifestó una longitud de crecimiento radial promedio que varío de 35.55 ± 1.17 mm (diámetro menor) a 39.20 ± 2.27 mm (diámetro mayor), y la TDCR que vario de 1.78 ± 0.06 mm día^{-1} (menor velocidad) a 1.96 ± 0.11 mm día^{-1} (mayor velocidad).

Tabla 5. Longitud y tasa de crecimiento radial de aislados en SDA.

Código de aislamientos	Radio de colonias (mm)	D.E.	TDCR (mm.dia $^{-1}$)	D.E.
Bbr1/EECH	35.95	± 1.48	1.80	± 0.07
Bbr2/EECH	39.20	± 2.27	1.96	± 0.11
Bbr3/EECH	35.55	± 1.17	1.78	± 0.06
Bbr4/EECH	36.80	± 1.56	1.84	± 0.08
Bbr5/EECH	38.10	± 2.09	1.91	± 0.10

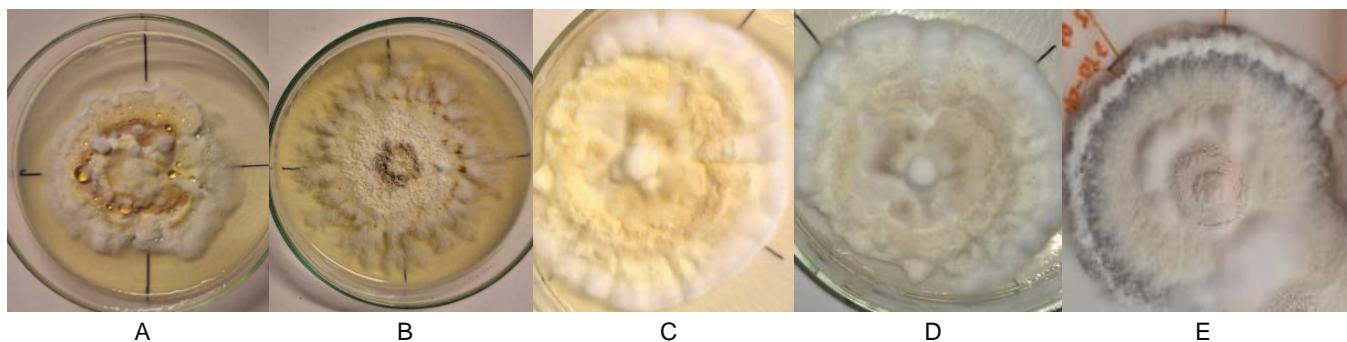


Figura 5. Crecimiento radial de aislamientos de *B. brongniartii* en medio SDA: gallina ciega (A), gorgojo de los andes (B), gorgojo del follaje (C), merilido rayado (D), escarabajo de suelo (E).

Los resultados obtenidos de crecimiento radial y TDCR en los aislamientos son superiores a lo reportado por Narrea y Malpartida (2006), quienes obtuvieron valores de 57, 58, 62 y 65 mm de crecimiento diametral y 1.91, 1.93, 1.94 y 2.05 mm día^{-1} de tasa de crecimiento diario, al evaluar cuatro cepas de *B. brongniartii* sobre SDA, durante 30 días a 20 °C; asimismo, son superiores a lo obtenido por Arcoccaulla (2020), con valores de 38 mm y 2.5 mm día^{-1} de longitud diametral y tasa de crecimiento diario, al evaluar diferentes aislamientos de hongos entomopatógenos sobre PDA, en 15 días; no obstante, se aproxima a la TDCR obtenido por Vargas (2003), con valores de 1.79, 1.69 y 1.83 mm día^{-1} , en tres cepas de *B. brongniartii* sobre PDA, en 15 días a 22 °C. El crecimiento del hongo es variable y depende de varios factores, tales como el material biológico empleado (tipo de cepas y/o aislamientos), método de producción (medios de cultivo, siembra, incubación) y climáticos (temperatura, humedad) (Espinoza y Vallejos, 2016).

Evaluación de producción de conidias (conidiación)

El ANVA de la producción de conidias (Tabla 6) presentó diferencias significativas, determinando la variabilidad de los aislamientos del hongo

entomopatógeno, con heterogeneidad de conidiación sobre el medio de cultivo SDA, a los 20 días de incubación a una temperatura de 18±2 °C. El coeficiente de variación de 13.13 % indica que hubo precisión en el ensayo por estar en el rango de aceptación y no presentar dispersión con respecto a la media.

Tabla 6. ANVA de producción de conidias de aislamientos.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)
Tratamientos	4	2.35E+15	5.87E+14	17.77	3,06 **
Error	15	4.95E+14	3.30E+13		
Total	19	2.84E+15			

CV: 13.13%

En la producción de conidias (Tabla 7), el aislamiento Bbr5 mostro el valor más alto con 5.95×10^7 c ml^{-1} , siendo significativamente superior a los otros aislamientos; a su vez, los aislamientos Bbr4, Bbr1 y Bbr2 revelan una producción intermedia de conidias con valores de 4.78×10^7 , 4.38×10^7 y 4.18×10^7 c ml^{-1} , sin diferencias significativas entre ellas; y finalmente el aislamiento Bbr3 presenta el valor más bajo de conidiación con 2.59×10^7 c ml^{-1} , siendo significativamente inferior a los demás aislamientos.

Tabla 7. Producción de conidias de aislados nativos en medio de cultivo SDA.

Código de aislamientos	Promedio de concentración de conidias por aislamiento (c ml^{-1})				Promedio (c ml^{-1})	D.E. (c ml^{-1})	Test Duncan (0.05)
	I	II	III	IV			
Bbr5/EECH	5.41E+07	6.41E+07	6.09E+07	5.90E+07	5.95E+07	0.42E+07	A
Bbr4/EECH	5.01E+07	5.27E+07	4.54E+07	4.31E+07	4.78E+07	0.44E+07	B
Bbr1/EECH	3.85E+07	3.52E+07	5.19E+07	4.97E+07	4.38E+07	0.82E+07	B
Bbr2/EECH	4.79E+07	3.41E+07	3.84E+07	4.68E+07	4.18E+07	0.66E+07	B
Bbr3/EECH	2.37E+07	2.79E+07	2.15E+07	3.06E+07	2.59E+07	0.41E+07	C

Los resultados obtenidos de conidiación en los aislamientos, son inferiores a la producción obtenida por Vargas (2003), con valores de 2.10×10^8 , 12.70×10^7 y 9.25×10^7 c ml^{-1} al caracterizar 3 cepas de *B. brongniartii* en medio PDA, a los 15 días, a 22 °C. A su

vez, la conidiación obtenida en los aislamientos son superiores a los encontrados por Narrea y Malpartida (2006), con esporulaciones que variaron de 1.95×10^7 a 2.04×10^7 c ml^{-1} , al evaluar cuatro cepas de *B. brongniartii* en medio SDA, durante 15 días a 20 °C.

La producción de conidias depende del medio de cultivo, respondiendo los aislamientos mejor a un cultivo que a otro (SDA, PDA, AN, arroz, etc.), debido a los nutrientes que lo conforman (Narváez et al., 1997 citado por Flores, 2009). La selección de aislamientos con potencial genético en la producción de conidias es primordial para la producción a escala comercial de hongos entomopatógenos (Torres et al., 2013), una alta producción de conidias hace más viable su comercialización, reduciendo los costos de ejecución en campo (García et al., 2012), siendo la producción masiva de conidias uno de los aspectos más importantes en los programas de control biológico (Castro et al., 2013).

Evaluación de viabilidad de conidias

El ANVA (Tabla 8) no presentó diferencias significativas para esta variable, indicando similitud en sus porcentajes de germinación de conidias (viabilidad), no permitiendo establecer diferencias entre los aislamientos estudiados, en medio SDA hasta las 24 horas a 18 °C.

Tabla 8. ANVA de la producción de conidias de aislados.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (0.05)
Tratamientos	4	48.80	12.20	1.68	2.87	
Error	20	145.20	7.26			
Total	24	194.00				
CV: 2.93%.						

La germinación de conidias de los aislamientos estudiados (Tabla 9) oscilaron de 90.40 a 94.20 %, siendo inferiores a los obtenidos por Vargas (2003) con germinación de 95.40, 99.07 y 99.74 % en tres cepas de *B. brongniartii* en medio PDA, a 24 horas, a 22 °C, también inferior a lo obtenido por Mandujano (2015), con la germinación de 98.84 % a las 18 horas en medio PDA. Asimismo, los resultados se aproximan a lo obtenido por Pariona (2006), con germinación de 92.50, 94.10, 94.70 y 95.40 % en cepas de *Beauveria sp* en medio Agar Saboraud Glucosa (ASG), a las 18 horas a 20 °C. La germinación de conidias difiere y se aproxima a otros estudios, dependiendo de varios factores, sin embargo, para Tanada y Kaya (1993) citados por Alean (2003), la germinación de conidias en gran parte depende de la humedad ambiental y temperatura y en menor grado de las condiciones de luz y nutricionales.

Tabla 9. Viabilidad de conidias de aislamientos hasta las 24 horas.

Aislados nativos	Porcentaje de germinación de conidias por alícuota					Promedio %G	D.E. %G
	I	II	III	IV	V		
Bbr1/EECH	90	95	89	93	88	91.00	2.92
Bbr2/EECH	90	93	91	95	96	93.00	2.55
Bbr3/EECH	88	93	90	89	92	90.40	2.07
Bbr4/EECH	89	93	91	96	88	91.40	3.21
Bbr5/EECH	95	97	91	92	96	94.20	2.59

La germinación obtenida (> 90 %) supera el parámetro de comparación de 85% (Marín, 1994 citado por Poma, 2011), denotando la buena calidad biológica de los aislamientos estudiados, coincidiendo con los requisitos para el control de calidad de hongos entomopatógenos (Gómez, 1998 citado por Pariona et al., 2007), siendo una característica deseable, debido a que las conidias deben presentar un rápido desarrollo del tubo germinativo, para acelerar el proceso infectivo y disminuir el tiempo de exposición a factores ambientales adversos de campo (Toscano y Yucailla, 2018), la calidad del inoculo de un hongo entomopatógeno se relaciona con la viabilidad de conidias generando variabilidad en las respuestas de patogenicidad sobre el hospedero (Lazo, 1990 citado por Flores, 2009), sin embargo con los datos obtenidos, no se puede deducir cuál de los aislamientos nativos presentan mayor patogenicidad y/o virulencia, lo cual se evidenciará más adelante con estudios de caracterización patogénica sobre insectos plaga en la región.



Figura 6. Conidias de *B. brongniartii*: Sin germinar y germinadas hasta las 24 horas.

CONCLUSIONES

Se obtuvo cinco aislamientos nativos de *B. brongniartii* en esta región del altiplano (3873 m s.n.m.), a partir de insectos infectados, colectados en campo en la EECH, denotando su capacidad de adaptación a las

condiciones climáticas adversas, su amplio rango de hospederos, con especificidad de control de insectos coleópteros, la presencia del hongo en cultivos de importancia como la papa controlando plagas claves y ocasionales.

Los aislamientos obtenidos presentaron características morfológicas variables en: crecimiento, aspecto, color, superficie, pigmentación y formación de sinemas; con similitud en estructuras reproductivas de hifas, conidióforos, fiálide y raquis, con diferencia en la forma de conidias (globosas y ovoides), correspondiendo a la especie *B. brongniartii*.

En las características fisiológicas los aislamientos manifestaron similitud estadística en crecimiento radial y en la TDCR con valores de 35.55 a 39.20 mm y 1.78 a 1.96 mm dia⁻¹, asimismo, similitud en viabilidad de conidias con valores de germinación de 90.40 a 93 %. La producción de conidias presentaron diferencias significativas con valores de 2.59×10^7 a 5.95×10^7 c ml⁻¹ en los aislados Bbr3 y Bbr5 respectivamente.

La caracterización de aislamientos nativos de *B. brongniartii* a partir de diferentes insectos infectados en condiciones de laboratorio, aportan resultados positivos, confirmando el potencial de la especie para la obtención de cepas promisorias en un futuro inmediato para el control biológico de plagas en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcázar, S; Raman, E; Yabar, E. 2003. *Beauveria* sp: Hongo amigo del agricultor (en línea). Boletín de la Papa. Centro Internacional de la Papa. Lima Perú. 5(1): 44-46. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195018549012>
- Alean, CI. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homóptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero (en línea). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Básicas. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/ipm/pdfs/tesis_irina_alean.pdf
- Arcoccaulla, CB. 2020. Hongos entomopatógenos en agroecosistemas de *Solanum tuberosum* (papa) con manejo tradicional en Vinchos y convencional en Chiara (en línea). Ayacucho 2017. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en <https://congresolatinoamericanodemicología.com/wp-content/uploads/2024/08/Libro-de-Resumenes-XICLAM-Final.pdf>
- Bautista, EJ; Mesa, L; Gómez, MI. 2018. Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe (en línea). *Scientia Agropecuaria* 9(4):585-604. Disponible en <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>
- Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (en línea). APS PRESS, Minesota. Disponible en <https://search.worldcat.org/title/Illustrated-genera-of-imperfect-fungi/oclc/750503472>
- Bravo, AE. 2017. Determinación del efecto de aplicación de hongos entomopatógenos en el control del gorgojo de la alfalfa (*Medicago sativa*) en el distrito Jesus – Cajamarca (en línea). Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias EAPA. Disponible en <https://www.scribd.com/document/695374240/Determinacion-Del-Efecto-de-La-Aplicacion-de-Hongos-Entomopatogenos-en-El-Control-de-Gorgojo-de-l>
- Bustillo, A. 2001. Hongos en insectos y posibilidades de uso en el control biológico de plagas en Colombia (en línea). En: seminario Uso de entomopatógenos en Colombia. Sociedad Colombiana de entomología. Bogotá. 30-53 pp. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/275462138>
- Cañedo, V; Ames, T. 2004. Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos (en línea). Lima - Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). Disponible en <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>
- Castillo, C; Cañizales, L; Valera, R; Godoy, J; Guedez, C; Olivar, R; Morillo, S. 2012. Caracterización morfológica de *Beauveria bassiana*, aislada de diferentes insectos en Trujillo- Venezuela (en línea). Academia, 11(23):275-281. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/271825762>
- Castro, SM; González, R; Castaño, J; Sanjuán, T. 2013. Evaluación de medios de cultivo para inducir esporulación de *Isaria tenuipes* Peck (en línea). Agron., 21(1):19-25. Disponible en [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia_21\(1\)_3.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia_21(1)_3.pdf)
- Cova, LJ; Scorz, JV; García, DE; Cañizález, LM; Guedez, CC; Maffey, M; Medina, MG. 2009. Patogenicidad *in vitro* de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch en *Musca domestica* (Linn.) como posible estrategia de control biológico en áreas ganaderas (en línea). Zootecnia Trop. 27(2):113-120. Disponible en https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2650248&pid=S0798
- Espinoza, G; Vallejos, F. 2016. Desarrollo de formulaciones bioplaguicidas a base de *Beauveria bassiana* (Bals y Vuils) con materiales sólidos y líquidos (en línea). Managua: Universidad Nacional Agraria. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/3387/1/tnh10e77.pdf>
- EECH (Estación Experimental Choquenaira). 2021. Consulta y descarga de datos climáticos de la Estación meteorológica digital DAVIS. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

- Flores, CHR. 2009. Evaluación de patogenicidad de cepas promisorias del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill, sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en laboratorio (en línea). Tesis de Grado, Facultad de Agronomía. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4865/T-1297.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, HV. 2012. Diagnóstico de la situación actual del sistema de producción de la Estación Experimental de Choquenaira (en línea). Trabajo Dirigido, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. Disponible en https://cebem.org/wp-content/uploads/2019/07/estudios_de_adaptacion_y_rrd.pdf
- García, MA; Cappello, S; Lesher, JM; Molina, RF. 2011. Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria* y *Metarhizium anisopliae* (en línea). Horizonte Sanitario, 10(2):21-28. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/457845138002.pdf>
- García, AM; Bustillo, AE; Castro, U; Arenas, Y. 2012. Selección de hongos entomopatógenos para controlar salivazos (*Hemiptera: Cercopidae*) de la caña de azúcar en Colombia (en línea). Revista Colombiana de Entomología, 38(2):252-259. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v38n2/v38n2a15.pdf>
- García, I; Del Pozo, E; Hernández, Y. 2019. Producción y conservación de conidios del aislado Ma-005 de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (en línea). Revista Centro Agrícola, 46(1):5-12. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000100005
- Gerónimo, JC; Torres, M; Pérez, M; De La Cruz, A; Ortiz, CF; Cappello, S. 2016. Caracterización de aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y su patogenicidad hacia *Hypothenemus hampei*, en Tabasco, México (en línea). Revista Colombiana de Entomología, 42(1):28-35. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/329229723>
- Humber, R. 2012. Manual of Techniques in Invertebrate Pathology (Second Edition). Chapter VI – Identification of entomopathogenic fungi (en línea). Elsevier Ltd., New York. 151-187. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/279427409_Identification_of_entomopathogenic_fungi
- Malpartida, J; Narrea, M; Dale, W. 2013. Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador de maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio (en línea). Ecología Aplicada, 12(2):75-81. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-2216201300020002&script=sci_abstract
- Mandujano, AE. 2015. Control biológico de *Pagiocerus frontalis* Fabr. (Gorgojo granero) con los hongos entomopatógenos: *Beauveria brongniartii*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (en línea). Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Disponible en <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500>
- Narrea, CM; Malpartida, ZJ. 2006. Evaluación de medios de cultivo en la producción de conidias y crecimiento diametral de cuatro cepas del entomopatógeno *Beauveria brongniartii* (Saccardo) Petch (en línea). Rev. Perú. Entomol. 45:14 5 -147. Disponible en <https://sisbib.unmsm.edu.pe/brevistas/entomologia/v45/pdf/a25v45.pdf>
- Pacasa, QF. 2018. Recursos genéticos de hongos (en línea). Journal of the Selva Andina Biosphere, 6(1):22-25. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&id=S2308-38592018000100004&lng=es&tlang=es
- Pariona, MN. 2006. Evaluación de la capacidad entomocida de *Beauveria* sp sobre *Schistocerca piceifrons* Peruana (Lynch arribalzaga, 1903) nativos del departamento de Ayacucho (en línea). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Biológicas. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1727-99332007000300012
- Pariona, N; Castellano, P; León, E. 2007. Capacidad entomocida de cepas nativas de *Beauveria* sp. sobre *Schistocerca piceifrons* peruana (Lynch Arribalzaga, 1903) (en línea). Revista Peruana de Biología, (14):253-257. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1727-99332007000300012
- Peñafiel, RW. 2020. Diseños Experimentales con evaluaciones sensoriales y ejemplos en el SAS e Infostat. SENAPI, La Paz Bolivia. Primera Edición. 257 p.
- Poma, LHJ. 2011. Reproducción masiva de conidias de cepas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin sobre sustrato natural de arroz, bajo diferentes calidades de grano (en línea). Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10252/T-1533.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Rodríguez, J. 2017. Los Entomopatógenos, control biológico de plagas (en línea). Instituto para la Agricultura (Intagri). Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-entomopatogenos-control-biologico-de-plagas>
- Rojas, GRL. 2014. Capacidad biocontroladora de (*Beauveria brongniartii* Sacc.) y (*Metarhizium anisopliae* Metsch.) en el control de pulgones *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) (en línea). Tesis de Licenciatura. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361349918004>
- Rojas, GR; Loza, MM; Vino, NL; Serrano, CT. 2017. Capacidad biocontroladora de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.,) en el control de pulgones *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) (en línea). J. Selva Andina Res. Soc. 8(1):48-68. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942017000100004
- Sepulveda, M. 2017. Control biológico de plagas usando hongos entomopatógenos BioINIA (en línea). INIA. Chillan – Chile. Disponible en

- <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/6118e5dc-e42e-45a6-b05b-0dec2c4e31df/content>
- Torres, M; Cortez, HM; Ortiz, CF; Capello, S; De la Cruz, A. 2013. Caracterización de aislamientos nativos de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad hacia *Aeneolamia postica*, en Tabasco, México (en línea). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1):40-46. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292021000100069
- Toscano, VJ; Yucailla, SD. 2018. Caracterización de aislamientos nativos de *Metarhizium spp.* en suelos de cultivos de caña de azúcar de la parroquia Tarqui (en línea). Tesis de Grado. Ingeniería Ambiental. Disponible en <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/476/1/T.Amb.B.UEA.3161>
- Urra, F. 2015. Hongos entomopatógenos como control de plagas de insectos (en línea). Disponible en <http://www.mnhn.cl/613/w3-article-52193.html>
- Valle, B; Torres, R; Caicedo, O; Abril, V; Sucoshañay, J. 2022. Aislamiento y caracterización de *Metarhizium spp.* de cultivos de caña de azúcar y su patogenicidad contra *Mahanarva andigena* (Hemiptera: Cercopidae) (en línea). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1):e2361. Disponible en <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2361>
- Vargas, FM. 2003. Características de tres cepas de *Beauveria brongniartii* (Saccardo) patch y su virulencia en *phthorimea operculella* (Seller) y *Symmetrischema tangolians* (gyen) (en línea). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Biológicas. Disponible en http://www.scielo.org.bo/pdf/jstars/v8n1/v8n1_a04.pdf
- Vega, FE; Kaya, HK. 2012. *Insect Pathology* (en línea). Academic Press. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/263604028_Insect_Pathology_Second_Edition
- Vela, P; Pineda, J; Duarte, A; Soto, C; Pineda, C. 2018. Cepa nativa ecuatoriana de *Beauveria bassiana* con potencial industrial (en línea). Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente CEBA. Disponible en <https://cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/03/Biorrefineri%CC%81a-1-23-31.pdf>
- Vera, A. 1996. Patogenicidad del hongo *Beauveria brongniartii* en el gorgojo de los Andes *Premnotypes latithorax* (en línea). Tesis de Biólogo. Universidad Nacional San Antonio Abad. Disponible en <https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvreas-tas/entomologia/v38/pdf/a23v38.pdf>
- Vélez, AE; González, MT; Valderrama, AM; Estrada, MN; Bustillo, AE; Montoya, EC. 2000. Caracterización morfológica, fisiológica y molecular de aislamientos de *Beauveria bassiana* (en línea). CENICAFÉ 51(3):196-206. Disponible en <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1002/1/arc051%2803%29196-206.pdf>
- Villamil, JE; Martínez, JW; Pinzón, EH. 2015. Actividad entomopatogénica de aislamientos autóctonos de *Beauveria spp.* sobre *Premnotypes vorax* (hustache) in vitro (en línea). Temas Agrarios, 20(1):14. Disponible en <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Villamil%2C+J.+E.%2C+Mart%C3%ADnez%2C+J.+W.%2C+Pinz%C3%B3n%2C+E.+H.+%282015%29>
- Zenner, I; Posada, FG. 1992. Manejo de plagas y benéficos de la palma africana (en línea). Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Manual de Asistencia Técnica No 54. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/31573>

Artículo recibido en: 15 de octubre del 2024

Aceptado en: 15 de diciembre del 2024