



Artículo

## Patogenicidad y virulencia de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuill., sobre la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*) del ganado camélido en condiciones de laboratorio

### Pathogenicity and virulence of *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuill., on the tick (*Amblyomma parvitarsum*) of camelid cattle under laboratory conditions

*Limbert Telesforo Laura Huanca, Carlos López Blanco, Miriam Huayllas Maraza, Celso Ayala Vargas, Freddy Antonio Cadena Miranda, Juan José Vicente Rojas, Daniel Choque Sánchez*

**RESUMEN:**

En la región del altiplano boliviano, la producción ganadera camélida presenta dificultades de daño por las garrapatas (ectoparásitos) causando pérdidas económicas, por lo cual es necesario implementar nuevas estrategias para el control de garrapatas con hongos entomopatógenos. El objetivo del estudio fue evaluar la patogenicidad y virulencia de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill., sobre la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*) del ganado camélido en condiciones de laboratorio en la Estación Experimental Choquenaira, Viacha – Bolivia. Las variables evaluadas fueron: efecto patogénico, grado de virulencia, tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>) y concentración letal media (CL<sub>50</sub>). Se realizó análisis estadístico bajo el diseño completo al azar bifactorial, con ANOVA, prueba Duncan, desviación estándar (error ≤ 5 %). El análisis patogénico determinó diferencias en mortalidad de garrapatas, sobresaliendo la cepa 24 PV/CC (73.3 %) a una concentración de 1 x 10<sup>8</sup> conidias ml<sup>-1</sup>, sin embargo, el hongo que alcanzó el 50 % de mortalidad de garrapatas (TL<sub>50</sub>) en tiempo menor fue el T6 con 18 días. La concentración letal media (CL<sub>50</sub>) fue de 2.5 x 10<sup>6</sup> conidias ml<sup>-1</sup> correspondiente a la cepa 24 PV/CC y la cepa Bb.9205 con 1.4 x 10<sup>7</sup> conidias ml<sup>-1</sup>. La investigación realizada aporta resultados positivos ya que las cepas de *B. bassiana*, son patogénicas y virulentas sobre la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*).

**PALABRAS CLAVE:**

control biológico, hongos entomopatógenos, patogenicidad, virulencia, *Amblyomma parvitarsum*

**ABSTRACT:**

In the Bolivian Altiplano region, camelid livestock production is difficult due to damage caused by ticks (ectoparasites), causing economic losses. Therefore, it is necessary to implement new strategies for tick control with entomopathogenic fungi. The objective of this study was to evaluate the pathogenicity and virulence of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. on the camelid cattle tick (*Amblyomma parvitarsum*) under laboratory conditions at the Choquenaira Experimental Station, Viacha, Bolivia. The variables evaluated were: pathogenic effect, degree of virulence, median lethal time (LT<sub>50</sub>), and median lethal concentration (LC<sub>50</sub>). Statistical analysis was performed using a two-factorial complete randomized design with ANOVA, Duncan test, and standard deviation (error ≤ 5%). Pathogenic analysis determined differences in tick mortality, with strain 24 PV/CC (73.3%) standing out at a concentration of 1 x 10<sup>8</sup> conidia ml<sup>-1</sup>; however, the fungus that reached 50% tick mortality (TL<sub>50</sub>) in the shortest time was T6 at 18 days. The mean lethal concentration (LC<sub>50</sub>) was 2.5 x 10<sup>6</sup> conidia ml<sup>-1</sup> corresponding to strain 24 PV/CC and strain Bb.9205 with 1.4 x 10<sup>7</sup> conidia ml<sup>-1</sup>. The research carried out provides positive results since *B. bassiana* strains are pathogenic and virulent on the tick (*Amblyomma parvitarsum*).

**KEYWORDS:**

biological control, entomopathogenic fungi, pathogenicity, virulence, *Amblyomma parvitarsum*.

**AUTORES:**

**Limbert Telesforo Laura Huanca:** Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5231-0559>. [limbertlau@gmail.com](mailto:limbertlau@gmail.com)

**Carlos López Blanco:** Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. [lbclopez@umsa.bo](mailto:lbclopez@umsa.bo)

**Miriam Huayllas Maraza:** Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. [marazahm25@gmail.com](mailto:marazahm25@gmail.com)

**Celso Ayala Vargas:** Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

**Freddy Antonio Cadena Miranda:** Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

**Juan José Vicente Rojas:** Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

**Daniel Choque Sánchez:** Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

DOI: <https://doi.org/10.53287/duzi7915ek43x>

Recibido: 07/04/2025. Aprobado: 28/04/2025.



## INTRODUCCIÓN

La investigación de los hongos entomopatógenos como control biológico se ha incrementado paulatinamente y el proceso de la producción involucra la purificación de las cepas y el mantenimiento de la misma en los medios de cultivo (Chino, 2014). Los hongos son

utilizados para el control de insectos plaga, en diferentes estrategias, como la colonización estacional o insecticida microbial, siendo necesario formular y liberar oportunamente en el campo para disminuir la población de parásitos (Ortiz, 2021).

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.*, 2012 citado por Valle *et al.*, 2022). Asimismo, es una de las grandes alternativas biotecnológicas, que puede utilizarse en los planes de la salud animal (García *et al.*, 2011)

Los hongos entomopatógenos inician su proceso infectivo cuando las esporas son retenidas en la superficie del integumento donde se realiza la asociación de patógeno y hospedero, donde se inicia la formación del tubo germinativo, comenzando el hongo a excretar enzimas como las proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas y lipooxigenasas (Pucheta *et al.*, 2006). Estas enzimas degradan la cutícula del insecto y coayudan con el proceso de penetración por presión mecánica iniciado por el apresorio, que es una estructura especializada formada en el tubo germinativo, una vez dentro del artrópodo, el hongo se desarrolla cuerpos hifales que se van diseminando, así de modo general los hongos entomopatógenos presentan varias fases en el desarrollo de una micosis (Pucheta *et al.*, 2006).

La patogenicidad se refiere a la capacidad de un microorganismo patógeno de provocar enfermedad en términos de virulencia y agresividad sobre insectos e individuos; refiriéndose a la virulencia a la capacidad de vencer la resistencia específica del hospedero, conocido como resistencia vertical y la agresividad afectando la resistencia horizontal del hospedero (Flores, 2009).

La virulencia es la capacidad de producir enfermedad en términos de grado o velocidad de daño en el insecto, es una característica esencial para todo microorganismo si se quiere utilizar en estrategias a corto plazo, lo cual le permite tener una capacidad de reducir la población del insecto plaga por debajo del umbral económico de daño (Shapiro, *et al.*, 2005 citado por Jaramillo 2015).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la patogenicidad y virulencia del hongo entomopatógeno de *B. bassiana* para el control de la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*) en condiciones de laboratorio, en la Estación Experimental Choquenaira, Viacha – Bolivia, siendo una alternativa de control biológico para la aplicación al ganado camélido evitando daños por ectoparásitos.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El presente estudio se realizó en el laboratorio de hongos entomopatógenos en 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. Geográficamente situado a 16° 42' 05" de Latitud Sur y 68° 15' 15" de Longitud Oeste, a una altitud promedio de 3.870 m.s.n.m., con una precipitación pluvial media de 473 mm año<sup>-1</sup>, la temperatura media anual de 16.52 °C, una humedad relativa de 66.93 %, la evapotranspiración aproximada de 1 050 mm año<sup>-1</sup> y la velocidad del viento que oscila de 13.5 a 17 km h<sup>-1</sup> (Flores, 2012; EECH, 2021).

### Materiales

*Material biológico*, se utilizó cepas del hongo *B. bassiana* (24 PV/CC, Bb.9205) procedente de la Región Yungueña – La Paz y CENICAFE – Colombia; garrapatas de la especie *Amblyomma parvitarsum* del ganado camélido.

*Materiales de laboratorio*, en el proceso de la investigación del efecto patogénico y grado de virulencia de las cepas de *B. bassiana*, se utilizó: Cajas Petri, vasos precipitados, mechero de bunsen, porta + cubre objetos, cámara de Neubauer, pipetas, matraz de Erlenmeyer, tubos de ensayo, termómetro, olla a presión, estereoscopio, microscopio, asa de platino, balanza digital, alcohol etílico al 96 %, agua destilada estéril (ADE), Saboraud Dextrosa Agar (SDA) e hipoclorito de sodio.

### Metodología

Se evaluó la patogenicidad y virulencia de las cepas de *B. bassiana* sobre la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*) del ganado camélido en condiciones de laboratorio.

#### *Obtención del material biológico*

Se identificó la cepa 24 PV/CC del hongo *B. bassiana* (Tabla 1), procedente de la Región Yungueña evaluadas por el Proyecto Control Biológico de Plagas (COBIPLA) tiene un comportamiento variado en lo referente a la reproducción masiva en arroz, obteniéndose la maduración de la cepa entre 22 y 25 días a una temperatura de 25 ± 2 °C (Poma, 2011). La cepa Bb.9205 (Tabla 1) del hongo *B. bassiana* es procedente de CENICAFE – Colombia, con antecedentes de obtención del hongo en 15 días sobre sustrato de arroz a una temperatura de 25 ± 2 °C (Poma, 2011).

Tabla 1. Antecedentes de calidad de las cepas de *B. bassiana*.

Cepa	Origen	Viabilidad (%)	Patogenicidad (%)
24 PV/CC	Yungas	–	98
Bb.9205	Colombia	85 – 100	97

Fuente: Poma (2011)

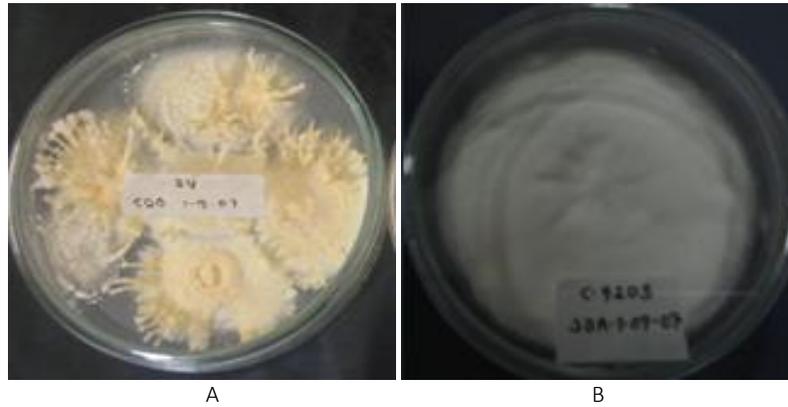


Figura 1. Cepas madres del hongo entomopatógeno *B. bassiana*: Cepa 24 PV/CC (A), Cepa Bb.9205 (B)

#### Reactivación de las cepas en medio de cultivo SDA

Para la reactivación de las cepas de *B. bassiana*, se utilizó medios artificiales para obtener unidades infectivas del hongo de forma pura y libre de

contaminantes. Se preparo el medio Saboraud Dextrosa Agar (SDA), de acuerdo a especificaciones donde se enfrío y distribuyo en Cajas Petri, hasta adquirir la consistencia sólida deseada, posteriormente se realizó la siembra del hongo en las respectivas cajas Petri.

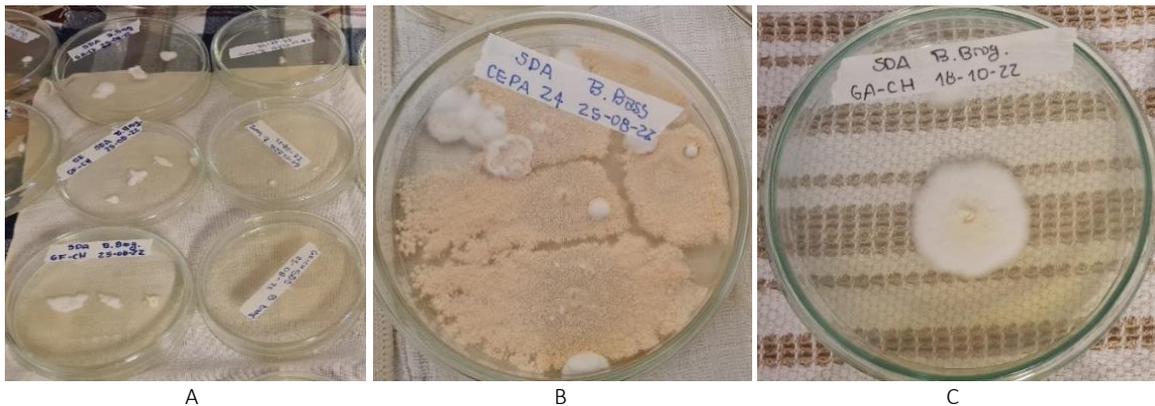


Figura 2. Proceso de reactivación de las cepas de *B. bassiana*: siembra de las cepas en medio de cultivo SDA (A), desarrollo de la cepa 24 PV/CC (A), desarrollo de la cepa Bb.9205 (B).

#### Recolección de garrapatas en campo

Se realizo la recolección de garrapatas del ganado camélido de las Comunidades: Ayllu Junuta Condoroca (Estancia Iñoca), Ayllu Taracollo condoroca (Estancia

Ticani), Ayllu Copacati (Estancia Caracollo) del Municipio de Charaña, Provincia Pacajes del Departamento de La Paz. Posteriormente las garrapatas recolectadas del ganado camélido se llevaron al laboratorio de entomopatógeno de la EECH.

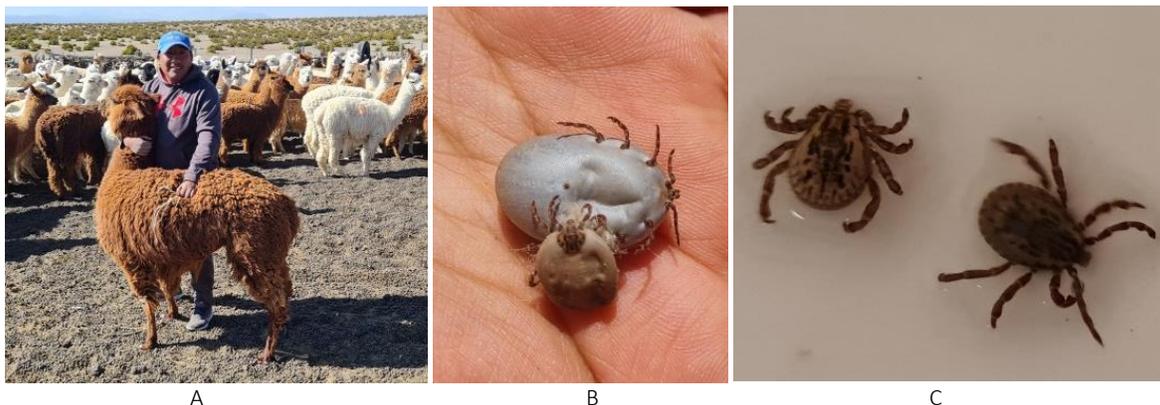


Figura 3. Proceso de recolección de las garrapatas (*Amblyomma parvitarsum*): Tama del ganado camélido (A), garrapatas hembras (B), garrapatas machos (C).

### Infeción y desarrollo del hongo sobre la garrapata del ganado camélido

Para la infección de las garrapatas con las cepas de *B. bassiana*, se utilizó la metodología de Pariona *et al.*, (2007), realizando la desinfección a las garrapatas por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% y lavando con agua destilada estéril (ADE). Las garrapatas

se infectaron con soluciones fungosas de las cepas de *B. bassiana*, posteriormente de forma independiente se colocaron en cámaras húmedas con el fin de obtener el desarrollo de los hongos sobre la garrapata.

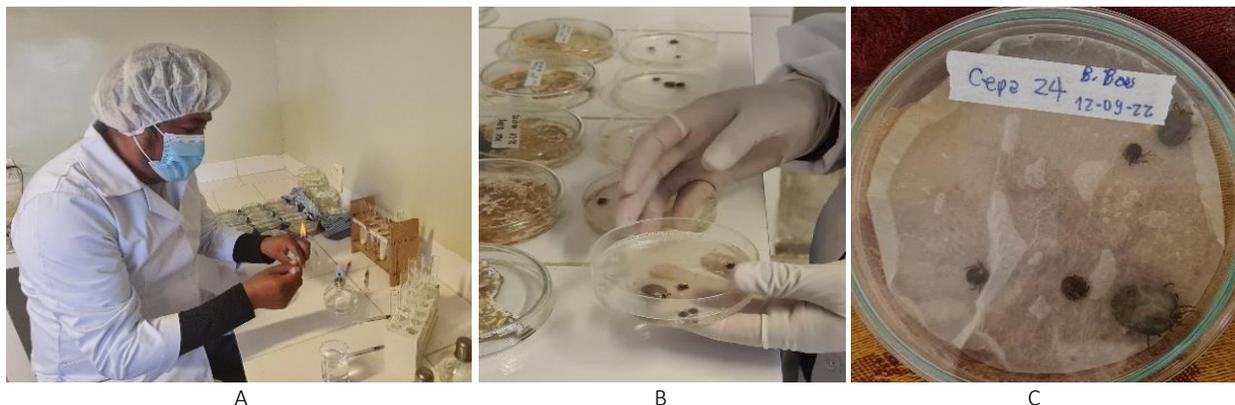


Figura 4. Proceso de infección y desarrollo de las cepas sobre la garrapata: Preparación de las cepas (A), infección de la cepa 24 PV/CC sobre la garrapata del ganado camélido (B), desarrollo de la cepa 24 PV/CC sobre la garrapata

### Aislamiento y siembra de las cepas de *B. bassiana* en la obtención de matrices

La siembra se realizó siguiendo la metodología descrita por Monzón, (2001) citado por Téllez, (2009), se

prepararon Cajas Petri con medio de cultivo Saboraud Dextrosa Agar (SDA) los cuales se inocularon las cepas del hongo de *B. bassiana*.



Figura 5. Proceso de desarrollo de las cepas de *B. bassiana*: siembra de la cepa Bb.9205 en un medio SDA en CP (A), desarrollo de la cepa Bb.9205 (B).

### Evaluación patogénica y virulencia de las cepas de *B. bassiana*

#### Producción y concentración de conidias

Para la producción de conidias se utilizó el sustrato de arroz, posteriormente el hongo desarrollado

en el sustrato se preparó las diluciones en tubos de ensayo con 9 ml de ADE + aceite agrícola al 0,1 % y 1 g de sustrato, luego se agito la muestra durante 30 segundos. Inmediatamente se tomó la muestra de 0,01 ml con una micropipeta y se depositó de manera que el líquido entre por capilaridad sin formación de burbujas en la cámara de Neubauer, observándose en el microscopio.

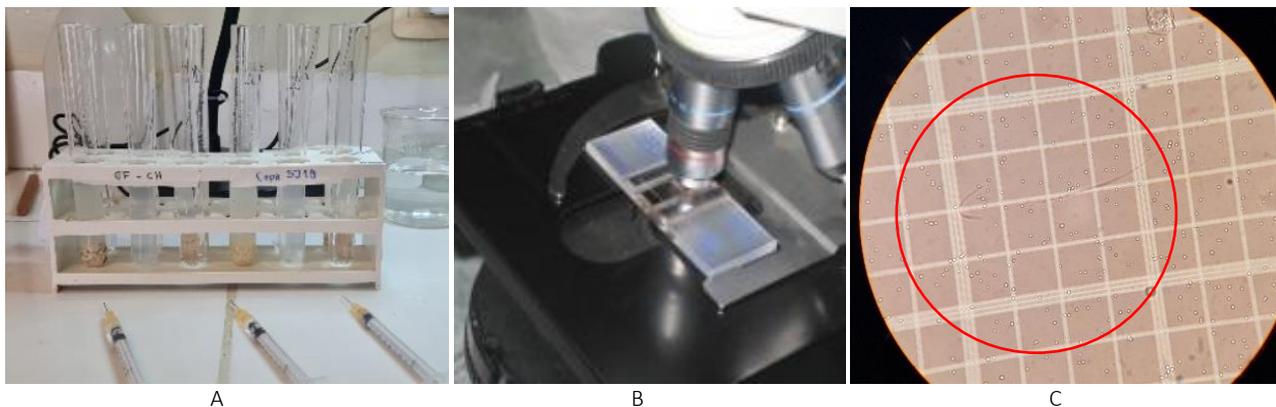


Figura 6. Proceso de preparación de las diluciones y lectura de conidias: diluciones preparadas de la cepa 24 PV/CC y Bb.9205 en tubos de ensayo con 9ml ADE (A), visualización de las conidias del hongo en cámara Neubauer (B), retículo central de conteo de las conidias.

### Infección de las cepas sobre la garrapata

Bajo la metodología de Veleza, *et al.*, (1997) citado por Arrubla, *et al.*, (2010), se procedió a la desinfección de las garrapatas en una solución de hipoclorito de sodio y posteriormente se realizó la

infección de las garrapatas por inmersión fungosa de las cepas de *B. bassiana* incubándose a  $24 \pm 2$  °C. Asimismo, se proporcionó las condiciones para el desarrollo del hongo en la germinación, invasión y colonización sobre la garrapata (Pariona *et al.*, 2007).



Figura 7. Proceso de infección de las cepas sobre la garrapata: garrapatas desinfectadas con hipoclorito de sodio (A), infección con la cepa 24 PV/CC sobre las garrapatas adultas (B), colocado de garrapatas en viales de vidrio (C), desarrollo de las cepas sobre la garrapata (D).

Se realizó la evaluación durante el tiempo establecido, el efecto patogénico (mortalidad de las garrapatas) y grado de virulencia (mortalidad diaria, mortalidad acumulada, etapas de desarrollo del hongo); tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>) y concentración letal medio (CL<sub>50</sub>).

### Variables de estudio

En base a los objetivos planteados las variables de estudio son las siguientes:

#### Evaluación patogénica y grado de virulencia de las cepas de *B. bassiana*

Efecto patogénico (mortalidad por el hongo), virulencia de los hongos: mortalidad diaria, mortalidad acumulada, tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>), tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>) de las cepas, concentración letal medio (CL<sub>50</sub>) y tiempo de las etapas de desarrollo del hongo sobre la garrapata del ganado camélido.

### Análisis de datos

En el análisis de la patogenicidad y grado de virulencia de las cepas de *B. bassiana* sobre la garrapata, los datos se tabularon e interpretaron en cuadros, curvas de distribución; realizando las siguientes pruebas: análisis de varianza, prueba de comparación Duncan, varianza, desviación estándar, límites de confianza (95%) y análisis probit. Los datos obtenidos en el experimento (%), se sometieron a una transformación angular ( $^{\circ}$ ) con la fórmula:  $\arcsen\sqrt{X}$ . Por regla general, los datos en porcentaje tienen una distribución binomial en vez de una distribución normal (Peñañiel, 2020).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Evaluación patogénica y grado de virulencia de las cepas de *B. bassiana* sobre la garrapata

##### Patogenicidad de las cepas de *B. bassiana*

El ANVA (Tabla 2), del efecto patogénico de las cepas de *B. bassiana*, presentaron diferencias altamente

significativas ( $p < 0.01$ ) entre las cepas de *B. bassiana* y la dosis conidial respecto a la mortalidad de la población de garrapatas. Sin embargo, no se encontró diferencias

significativas en la interacción entre las cepas respecto a la dosis conidial.

Tabla 2. Análisis de Varianza del efecto patogénico de las cepas de *B. bassiana*.

FV	SC	GL	CM	F	P-valor
Cepas	450.00	1	450.00	7.36	0.0188 **
Dosis conidial	1411.11	2	705.56	11.55	0.0016 **
Cepas * Dosis conidial	233.33	2	116.67	1.91	0.1906 ns
Error	733.33	12	61.11		
Total	2827.78	17			

Coefficiente de variación (CV): 14.51%

La prueba de comparación Duncan (Tabla 3), estadísticamente presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre las cepas de *B. bassiana*. Demostrando que la cepa 24 PV/CC tuvo superioridad respecto a la cepa Bb.9205 con valores de 58.89 % y

48.89 % de mortalidad de garrapatas, respectivamente. Los resultados obtenidos de nuestro estudio reflejan que la cepa 24 PV/CC manifiesta agresividad patogénica sobre la población de garrapatas (*Amblyomma parvitarsum*).

Tabla 3. Comparación Duncan de las cepas sobre la garrapata.

Factor A: Cepas	Medias	n	E.E.	
24 PV/CC	58.89	9	2.61	A
Bb.9205	48.89	9	2.61	B

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

Los resultados obtenidos se enmarcan dentro de las mortalidades, reportados por Oporta, (2017), con valores de 14 a 84 % a los 20 días después de la inoculación, causado por *B. bassiana* sobre las garrapatas (*R. microplus*). Sin embargo, el hongo *B. bassiana* presentó un valor del 86.7 % de mortalidad de las garrapatas (*R. microplus*) del ganado bovino a una concentración  $1 \times 10^8$  conidias  $ml^{-1}$  a los 20 días después de la inoculación (Alonso & Fernandez, 2021).

En la Tabla 4, se presenta la comparación de medias para la variable efecto patogénico aplicados con las diferentes dosis conidiales de *B. bassiana*, mostrando diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre ellas. Sin embargo, la concentración  $1 \times 10^8$  conidias  $ml^{-1}$  presentó una elevada mortalidad de garrapatas con un valor de 65 %, respecto a las concentraciones de  $1 \times 10^7$  conidias  $ml^{-1}$  y  $1 \times 10^6$  conidias  $ml^{-1}$  con bajas mortalidades del 53.33 % y 43.33 %, respectivamente.

Tabla 4. Comparación Duncan de la Dosis conidial de las cepas sobre la garrapata.

Factor B: Dosis conidial	Medias	n	E.E.		
$1 \times 10^8$ conidias $ml^{-1}$	65.00	6	3.19	A	
$1 \times 10^7$ conidias $ml^{-1}$	53.33	6	3.19		B
$1 \times 10^6$ conidias $ml^{-1}$	43.33	6	3.19		C

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

Los resultados obtenidos de nuestro estudio son inferiores a 93.73 % de mortalidad de garrapatas (*Boophilus annulatus*) a una concentración de  $1 \times 10^7$  conidias  $ml^{-1}$ , los cuales han demostrado una mayor eficacia del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en la reducción de la población de adultos de *Boophilus annulatus* (Valvuená & Alzate, 2007). Las cepas de *B. bassiana* son eficientes en el control de garrapatas, presentando el 100 % de mortalidad en el día 10 después de la inoculación a una concentración de  $1 \times 10^8$  esporas  $ml^{-1}$  (Cajas, 2012).

Luego de presentarse estas interacciones patógeno – hospedero y de ser vencida la resistencia del organismo plaga por parte de los hongos, estos pueden desarrollarse dentro del ácaro y realizar una producción

masiva de blastosporas, las cuales son de naturaleza infectiva y permiten el establecimiento de epizootias en la explotación ganadera, la cual se ve presentada en un comportamiento sigmoide en la mortalidad de garrapatas (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) (Valvuená & Alzate, 2007).

#### Mortandad por el hongo, otras causas y sobrevivencia de *Amblyomma parvitarsum*

En la tabla 5, se presenta la mortalidad por efecto patogénico del hongo, mortalidad por otras causas y la sobrevivencia de la garrapata. Los datos evaluados sobre 30 individuos, representan el 100%, lo que equivale a que cada garrapata o individuo tome el valor de 3.33%.

Tabla 5. Mortalidad por el hongo, otras causas y sobrevivencia de la garrapata.

Tratamientos	N° de adultos	Mortalidad (%)		Vivos	Total
		<i>B. bassiana</i>	Otras causas		
T1	30	43.3	13.3	43.3	100
T2	30	46.7	16.7	36.7	100
T3	30	56.7	10.0	33.3	100
T4	30	43.3	10.0	46.7	100
T5	30	60.0	10.0	30.0	100
T6	30	73.3	3.3	23.3	100
T0	30	0.0	16.7	83.3	100

Fuente: Elaboración propia, EECH (2023).

Según los resultados de mortalidad de garrapatas por efecto patogénico de las cepas de *B. bassiana*, manifiestan mayor mortalidad en los tratamientos T6 y T5 con valores de 73.3 % y 60 % respecto a los tratamientos T4 y T1 con 43.3 % y 43.3 %. Sin embargo, los resultados manifiestan agresividad patogénica en los tratamientos T6, T5 y T3 para el control de la garrapata del ganado camélido. Respecto a la mortandad por otras causas, el tratamiento T2 presenta un valor máximo del 16,7 % y el tratamiento T6 con un valor mínimo del 3.3 %.

Valvuen & Alazate (2007), señala el comportamiento de los hongos en sus fases de desarrollo: fase de inicio micelio, cubrimiento micelial, conidiogenesis

y esporulación total sobre las garrapatas del ganado bovino.

### Virulencia de las cepas de *B. bassiana*

#### Mortalidad diaria de las garrapatas

La mortalidad diaria de la población de garrapatas (*Amblyomma parvitarsum*) por efecto de las cepas de *B. bassiana* respecto a la dosis conidial, presentaron diferentes comportamientos entre los tratamientos durante los periodos de evaluación.

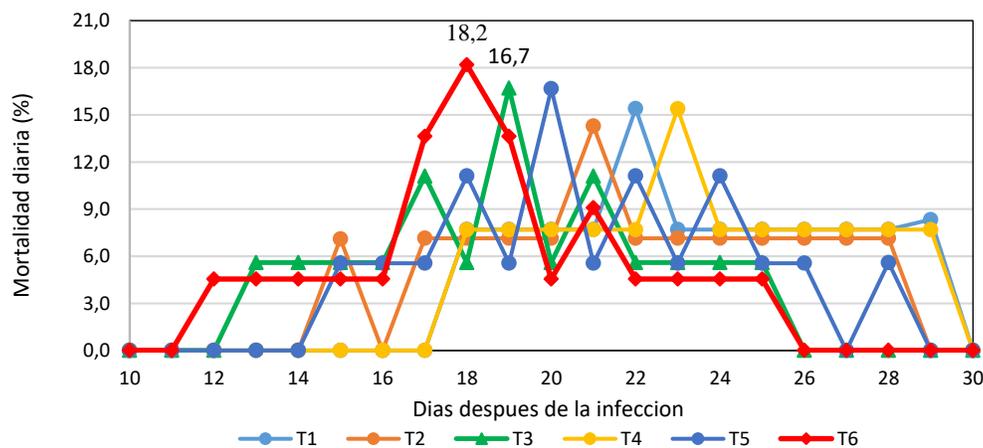


Figura 8. Mortalidad diaria de garrapatas.

En la figura 8, se muestra el comportamiento de la mortalidad diaria de las cepas de *B. bassiana*, la cepa 24 PV/CC, el tratamiento T6, inicio a los 12 días, con mortalidad máxima del 18.2 % a los 18 días (432 horas), extendiéndose hasta los 25 días. Mientras los tratamientos T5 y T4, se inicia desde los 15 a 18 días, con mortalidades mayores de 16.7 y 15.4% a los 20 a 23 días (480, 552 horas), extendiéndose hasta los 28 a 29 días respectivamente.

Sin embargo, la cepa Bb.9205, el tratamiento T3 inicio a los 13 días, con una mortalidad máxima del 16.7% a los 19 días (456 horas), finalizando hasta los 25 días, mientras los tratamientos T2 y T1, inicio a los 15 a 18 días, con un valor máximo de 14.3 y 15.4% de mortalidad a los 21 a 22 días (504, 528 horas), extendiéndose hasta los 28 a 29 días (672, 694 horas) respectivamente.

La temperatura es uno de los factores abióticos más importantes para los hongos entomopatógenos, debido a que puede afectar la germinación de las esporas, el desarrollo y penetración del tubo germinativo, la colonización y reproducción (Valvuen & Alzate, 2007).

#### Tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ) de la cepa *B. bassiana*

La mortalidad acumulada, demostró el comportamiento de la mortalidad de garrapatas (*Amblyomma parvitarsum*) por efecto del hongo de las diferentes concentraciones respecto a las cepas de *B. bassiana*, identificando el tratamiento con mayor potencial agresivo o virulento.

Tabla 6. Tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>) de las cepas de *B. bassiana*

Tratamientos	TL50 (Días)	Límites de confianza 95%		Concentración (c.ml <sup>-1</sup> )
		Inferior	Superior	
T1 (a1b1)	-	-	-	1x10 <sup>6</sup>
T2 (a1b2)	-	-	-	1x10 <sup>7</sup>
T3 (a1b3)	18.323	17.546	19.072	1x10 <sup>8</sup>
T4 (a2b1)	-	-	-	1x10 <sup>6</sup>
T5 (a2b2)	20.639	19.918	21.345	1x10 <sup>7</sup>
T6 (a2b3)	17.991	17.347	18.627	1x10 <sup>8</sup>

La tabla 6, muestra el comportamiento de la mortalidad acumulada (TL<sub>50</sub>) de la población de garrapatas, el tratamiento T6 obtuvo el 50% de mortalidad de garrapatas en un tiempo menor de 17.991 días (429.6 horas), mientras el tratamiento T5 con un tiempo de 20.639 días (614.4 horas); seguida por el tratamiento T3 con un valor de 18.323 días (439.2 horas). Sin embargo, los tratamientos T4, T2 y T1 no presentaron el 50% mortalidad de garrapatas.

Se obtuvo el 50% de mortandad (TL<sub>50</sub>) en un tiempo menor de 18.5 días en la evaluación del hongo *B. bassiana* sobre la garrapata del ganado bovino (*R. microplus*), este resultado indica a concentraciones bajas,

medias y altas de conidios, el hongo entomopatógeno ejerce mediana virulencia en *R. microplus* (Oporta, 2017).

### Concentración letal medio (CL<sub>50</sub>) de las cepas de *B. bassiana*

#### Curva de mortalidad de la cepa 24 PV/CC

De acuerdo a los resultados, mediante el análisis Probit, la concentración letal media (CL<sub>50</sub>), la cepa 24 PV/CC obtuvo el 50% de mortalidad de la población de garrapatas (*Amblyomma parvitarsum*) a una concentración de 2.5x10<sup>6</sup> conidias ml<sup>-1</sup> del hongo entomopatógeno *B. bassiana*.

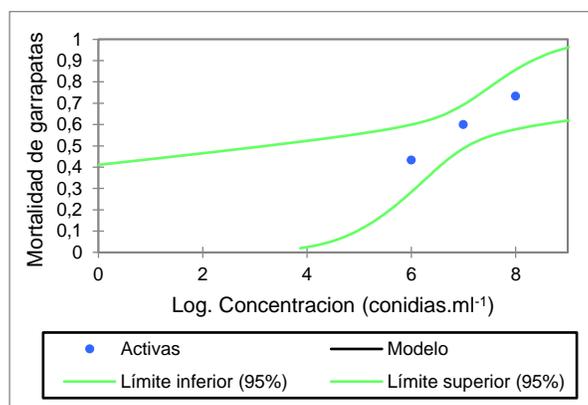


Figura 9. Curva de regresión Probit de las concentraciones de la cepa 24PV/CC.

Según el reporte de Valvuela & Alazate (2007), evaluaron las concentraciones letales para el hongo *B. bassiana* sobre las larvas de garrapatas, donde la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) fue de 1.2x10<sup>6</sup> conidias ml<sup>-1</sup> y la concentración letal al 90 % (CL<sub>90</sub>) de 1.8x10<sup>7</sup> conidias ml<sup>-1</sup> para *Rhipicephalus*.

#### Curva de mortalidad de la cepa Bb.9205

Mediante el análisis Probit, expuso el 50% de mortalidad de la población de garrapatas (*Amblyomma parvitarsum*) a una concentración letal media (CL<sub>50</sub>) fue de 1.4 x 10<sup>7</sup> conidias ml<sup>-1</sup> del hongo entomopatógeno *B. bassiana*.

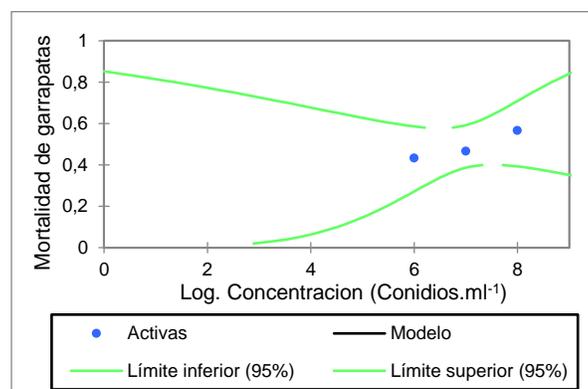


Figura 10. Curva de regresión Probit de las concentraciones de la cepa Bb.9205.

Según el reporte de Valvuela & Alzate (2007), la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) para el hongo entomopatógeno *B. bassiana* fue de 1.36x10<sup>3</sup> conidias ml<sup>-1</sup> y una CL<sub>90</sub> de 9.94x10<sup>8</sup> conidias ml<sup>-1</sup> a los nueve días de evaluación con un límite de confianza del 95%, mostrando que a mayor concentración se presentó mayor mortalidad de larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. El análisis probit mostró una CL<sub>50</sub> con una concentración de 1.36x10<sup>3</sup> conidios ml<sup>-1</sup> y una CL<sub>90</sub> con una concentración de 9.94x10<sup>8</sup> conidios ml<sup>-1</sup> a los nueve días de evaluación.

#### Etapas de desarrollo del hongo *B. bassiana*

La cepa de *B. bassiana* presenta etapas y tiempos del ciclo de desarrollo del hongo sobre la garrapata de camélidos (Tabla 7), presentaron las siguientes etapas del hongo: Inoculación a muerte, muerte a producción de micelio, muerte a cubrimiento micelial, muerte a conidiogénesis, muerte a esporulación total de conidias y tiempo total del ciclo.

La inoculación a muerte (m), de la población de garrapatas por causas patogénicas – virulentos de las diferentes cepas de *B. bassiana*, el tratamiento T6 presenta superioridad con un tiempo de 15.9 días (381.6 horas), a comparación de los tratamientos T4 y T1 con tiempos de 19.8, 18.7 días (475.2, 448.8 horas).

Muerte a producción de micelio (im), se observa el tiempo de desarrollo del hongo entomopatógeno de *B. bassiana* de las cepas evaluadas, la cepa 24 PV/CC con un valor de 2.5 días (60 horas).

Muerte a cubrimiento micelial (cm), existe variabilidad de tiempos de las cepas de *B. bassiana*, el tratamiento T6 tuvo un valor de 5.7 días (136.8 hrs).

Muerte a conidiogénesis total (cd), las cepas de *B. bassiana* manifestaron diferentes tiempos en conidiogénesis sobre la garrapata, sin embargo, el T6 mostro un valor de 8.9 días (213.6 horas).

Muerte a liberación de conidios (et), la cepa 24 PV/CC, el T6 tuvo un valor de 11.1 días (266.4 horas). Los resultados de nuestro estudio indican que las cepas manifestaron fase patogénica y fase saprofítica, lo cual se considera que son hongos virulentos.

Sin embargo, Bustillo (2001), afirman que los entomopatógenos penetran e infectan al insecto a través de la cutícula usando un complejo de enzimas, multiplicándose rápidamente por gemación o fusión hifal, provocando la muerte del insecto. Las hifas del patógeno emergen a través de la cutícula del hospedero después de su muerte, desarrollándose el micelio externo y las esporas, liberándose pasiva o violentamente para continuar el ciclo de infección.

Tabla 7. Tiempos de etapas de desarrollo del hongo sobre la garrapata de camélido.

Tratamientos (Cepa 9205)	Etapas	Prom. (Días)	Tratamientos (24PV/CC)	Etapas	Prom. (Días)
T1	1	18.7	T4	1	19.8
	2	2.4		2	2.8
	3	4.7		3	6.9
	4	7.5		4	9.5
	5	11.8		5	12.9
T2	1	17.7	T5	1	17.3
	2	3.6		2	7.0
	3	8.0		3	9.3
	4	9.1		4	11.6
	5	11.6		5	13.1
T3	1	16.5	T6	1	15.9
	2	4.9		2	2.5
	3	7.5		3	5.7
	4	10.4		4	8.9
	5	12.8		5	11.1

1. Inoculación a muerte (Muerte)
2. Muerte a producción de micelio (inicio de crecimiento micelio)
3. Muerte a cubrimiento micelial (cubrimiento micelio)
4. Muerte a conidiogénesis (formación de conidias)
5. Muerte a liberación total (esporulación total de conidias)

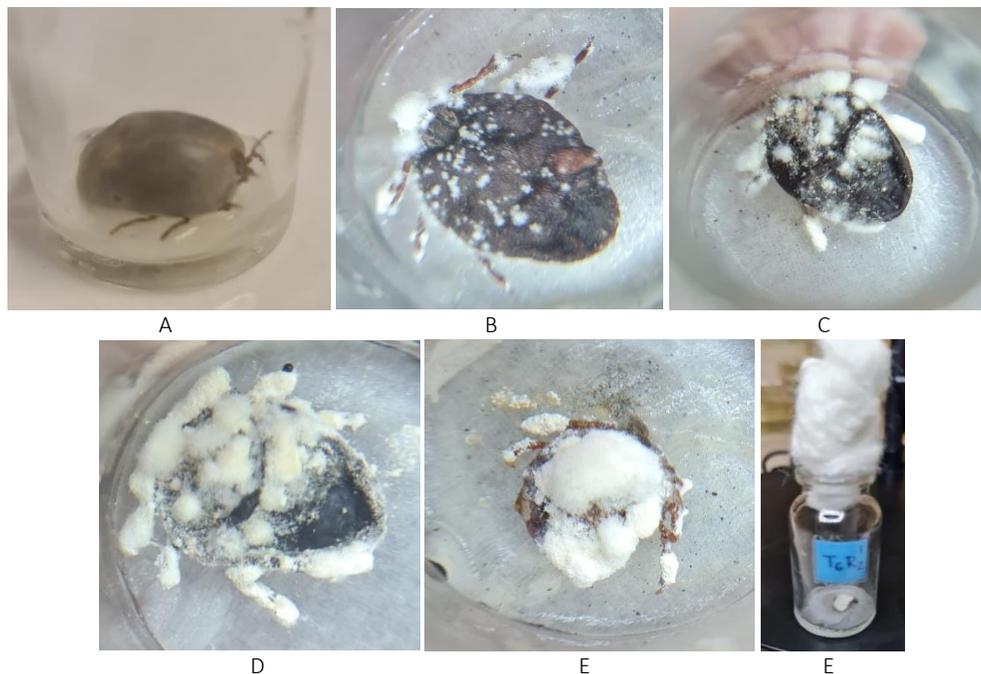


Figura 11. Etapas de desarrollo de las cepas de *B. bassiana*: muerte de la garrapata (A), inicio de micelio (B), cubrimiento micelial (C), conidiogénesis (D), esporulación total (E).

## CONCLUSIONES

En condiciones de laboratorio, el efecto patogénico de las cepas de *B. bassiana* manifestaron diferencias altamente significativas en mortalidad de garrapatas con valores de 56.7 a 73.3 % a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidias  $\text{ml}^{-1}$ .

Las cepas de *B. bassiana* manifestaron agresividad con valores de 16.7 a 18.2 % de mortalidad diaria sobre las garrapatas del ganado camélido, asimismo, mostraron el 50 % de mortalidad ( $TL_{50}$ ) en un tiempo de menor de 17.991 a 18.323 días. La concentración letal media ( $CL_{50}$ ) presentaron diferencias con valores  $2.5 \times 10^6$  a  $1.4 \times 10^7$  conidias  $\text{ml}^{-1}$  en las cepas 24 PV/CC y Bb.9205 respectivamente.

El ciclo de *B. bassiana* sobre la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*) presentó fase patogénica (muerte del insecto) y saprofítica (inicio micelial, cubrimiento micelial, conidiogénesis y esporulación total de las conidias).

La evaluación del efecto patogénico y grado de virulencia de *B. bassiana* en condiciones de laboratorio, aportan resultados positivos, confirmando un futuro inmediato en el control biológico de las garrapatas del ganado camélido.

## BIBLIOGRAFIA

Alonzo, DMA; Fernandez, SA. 2021. Entomopathogenic Fungi for Tick Control in Cattle Livestock From Mexico. Disponible en <https://www.frontiersin.org/journals/fungal-biology/articles/10.3389/ffunb.2021.657694/full>

Arrubla, MPF; Cárdenas, RM; Posada, FJF. 2010. Efecto de la humedad relativa sobre la germinación de las esporas de *Beauveria bassiana* y la patogenicidad a la broca del café *Hypothenemus hampei*. Ciencias Agropecuarias y Biológicas. Colombia. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262010000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262010000100008)

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>

Cajas, Y. 2012. Caracterización morfológica y fisiológica de *Beauveria* sp. entomopatógeno de *Hypothenemus hampei*. Loja, Ecuador. Disponible en <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/7742>

Chino, GW. 2014. Sistematización del proceso de producción del hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemina nivel de laboratorios central y comunal en los yungas del Departamento La Paz. Caranavi, Bolivia. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5391?show=full>

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, R. C. 2009. Evaluación de patogenicidad de cepas promisorias del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. sobre la broca de 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>

Patogenicidad y virulencia de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuill., sobre la garrapata (*Amblyomma parvitarsum*) del ganado camélido en condiciones de laboratorio

- Flores, HV. 2012. Diagnóstico de la situación actual del sistema de producción de la Estación Experimental 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\\_rr\\_d.pdf](https://cebem.org/wp-content/uploads/2019/07/estudios_de_adaptacion_y_rr_d.pdf)
- García, M., Capello, S., Leshner, J., & Molina, R. 2011. Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Obtenido de <https://www.redalcy.org/pdf/4578/457845138002.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>
- Jaramillo, JL; Montoya, EC; Benavidez, P; Carmenza, E. 2015. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de broca del café en frutos del suelo. Colombia. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882015000100015](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000100015)
- Monzón, A. 2001. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. (63): 95-103. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/items/c6371a2b-1cc5-466e-b6d2-791c21592245>
- Oporta, J. 2017. Control microbiano de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) del ganado bovino, con hongos entomopatógenos en condiciones de laboratorio. Nicaragua. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/3547/>
- Ortiz, J. 2021. Aislamiento y caracterización de hongos entomopatógenos presentes en el suelo de las diferentes zonas agrícolas de la Provincia de Tungurahua, 3 P. Ambato, Tungurahua, Ecuador. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/items/91dea4d7-eb47-440b-bdf2-19428e79a193>
- Pariona, N; Castellano, P; León, E. 2007. Capacidad entomocida de cepas nativas de *Beauveria* sp. sobre *Schistocerca piceifrons* peruviana (Lynch Arribazaga, 1903) (en línea). Revista Peruana de Biología, (14):253-257. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332007000300012](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300012)
- Peñañiel, 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/handle/123456789/10252>
- Pucheta, D; Flores, M; Rodríguez, N. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. INCI, vol.31, no.12, p.856-860. ISSN 0378-1844. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/items/c6371a2b-1cc5-466e-b6d2-791c21592245>
- Valvuela, D., & Alzate, C. 2007. Evaluación de la patogenicidad de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bassi) y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) en el control de la garrapata del ganado *Rhipicephalus (Boophilus)* en su fase parasítica en los estados larvales y ninfales. Bogotá, Colombia. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/items/c6371a2b-1cc5-466e-b6d2-791c21592245>
- Téllez, JA; Cruz, RMG; Mercado, FY; Torres, A; Arana, CA. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Universidad Politécnica de Pachuca. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v30/v30a7.pdf>
- 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>