

Bioinputs from Efficient Microorganisms in Controlling Pests of Ecuadorian Livestock Farming

Erazo, Norma^{1,2}; Rosero, Gabriela²; Frey, Catherine^{1,2}

¹Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, nerazo@esPOCH.edu.ec,
catherine.frey@esPOCH.edu.ec

²Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, gabriela.rosero@esPOCH.edu.ec

Abstract– *The use of chemical synthesis products for the control of agricultural and livestock diseases has affected the ecological balance of microorganisms and the environment. Also, it has affected the health of livestock farmers and consumers. Worldwide, between 70 and 80 % of cattle are found in tropical and subtropical areas, with ideal climatic factors for the activation of ticks throughout the year. A bovine infested by an adult female tick loses around 0.26 kg of weight/tick/year, causing annual losses of between 11 and 14%. In addition, 10 % of insect species are agricultural, forestry and urban pests, responsible for destroying areas of crops. Therefore, the main objective of this research was the development of bioinputs from entomopathogenic microorganisms using isolation, identification, production and infection techniques, as an alternative to the use of chemically synthesized pesticides. Bioassays evaluated the effect of the entomopathogenic fungi *B. bassiana* and *M. anisopliae* on ticks, using a completely randomized experimental design. Based on the median lethal concentration obtained in the laboratory, bioformulations were applied in the field via spray baths on cattle. The tests presented results between 70 and 100 % effective in the control of these agricultural pests. The entomopathogenic fungi studied has potential as biological control agents for managing tick infestations in cattle; as the concentration of the bioformulations increases, an increase in the percentage of tick mortality is observed.*

Keywords– *bioinputs, biological control, entomopathogens, ticks, sustainable livestock farming.*

Bioinsumos de microorganismos eficientes en el control de plagas de la ganadería ecuatoriana

Erazo, Norma^{1,2}; Rosero, Gabriela²; Frey, Catherine^{1,2}

¹Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, nerazo@esPOCH.edu.ec, catherine.frey@esPOCH.edu.ec

²Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, gabriela.rosero@esPOCH.edu.ec

Resumen– El uso de productos de síntesis química para el control de enfermedades agrícolas y ganaderas ha afectado el equilibrio ecológico de los microorganismos y el medio ambiente. Además, ha afectado la salud de los ganaderos y los consumidores. A nivel mundial, entre el 70 y el 80 % del ganado se encuentra en zonas tropicales y subtropicales, con factores climáticos ideales para la activación de garrapatas durante todo el año. Un bovino infestado por una garrapata hembra adulta pierde alrededor de 0,26 kg de peso/garrapata/año, lo que provoca pérdidas anuales de entre el 11 y el 14 %. Además, el 10 % de las especies de insectos son plagas agrícolas, forestales y urbanas, responsables de destruir áreas de cultivos. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue el desarrollo de bioinsumos a partir de microorganismos entomopatógenos utilizando técnicas de aislamiento, identificación, producción e infección, como alternativa al uso de plaguicidas de síntesis química. Los bioensayos evaluaron el efecto de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* en garrapatas, usando un diseño experimental completamente aleatorio. A partir de la concentración letal media obtenida en laboratorio se aplicaron bioformulados en campo mediante baños de aspersión sobre cabezas de ganado bovino. Las pruebas presentaron resultados entre el 70 y el 100 % de efectividad en el control de estas plagas agrícolas. Los hongos entomopatógenos estudiados tienen potencial como agentes de control biológico para el manejo de infestaciones de garrapatas en el ganado; A medida que aumenta la concentración de las bioformulaciones, se observa un aumento en el porcentaje de mortalidad de garrapatas.

Palabras clave-- bioinsumos, control biológico, entomopatógenos, garrapatas, ganadería sostenible.

I. INTRODUCCIÓN

El uso y aplicación indiscriminada de fertilizantes químicos provoca daños a la salud, medio ambiente y seguridad alimentaria, por lo tanto, la agricultura moderna incorpora soluciones sostenibles debido a que el suelo es la principal fuente microbiana altamente diversa, optando así por un control biológico [1].

El incremento frutícola y hortícola en Ecuador, Perú, Chile, México, Costa Rica y Colombia se dio entre 2005 y 2012 [2]. En Ecuador la producción hortícola tiene gran éxito nacional e internacional, en la provincia de Chimborazo el sector agropecuario aporta cerca del 14% de la economía

provincial y contribuye con el 2.5% del Valor Agregado Bruto Agropecuario Nacional [3].

El ser humano en su búsqueda de encontrar nuevos escenarios económicos ha incursionado en una serie de espacios productivos; sin embargo, las primeras actividades de producción como la agricultura y ganadería nunca han perdido su valor y la crianza de ganado bovino se ha convertido en la fuente de sustento de miles de familias; no obstante, este sector se ha visto afectado por enfermedades y vectores que han ocasionado pérdidas considerables [4].

Rhipicephalus (Boophilus) microplus es uno de los principales vectores de enfermedades infecciosas en el mundo, conocida como garrapata común del bovino, es un ectoparásito invertebrado capaz de parasitar mamíferos domésticos y silvestres [5]. En todo el mundo, entre el 70 y el 80 % del ganado se encuentra en zonas tropicales y subtropicales, con factores climáticos ideales para la activación de las garrapatas durante todo el año. [6].

R. (B) microplus provoca enfermedades parasitarias externas que ocasionan anemia y síntomas asociados, disminuyendo la producción de leche y carne, estas enfermedades se heredan a través de los huevos. Las garrapatas duras demuestran mayor abundancia en hábitats de animales silvestres o en explotación ganadera con condiciones medioambientales de vegetación, luz y humedad adecuadas para el desarrollo de su ciclo vital [5].

Las garrapatas han adquirido resistencia a los plaguicidas sintéticos, lo cual se relaciona con factores genéticos, mutaciones y producción de alelos que afecta el comportamiento en estos parásitos [7]. La resistencia adquirida por las plagas agrícolas y ganaderas es un punto de interés en la disminución de la eficacia de agroquímicos y el aumento en su toxicidad.

Con la búsqueda de una alternativa de amigable con el medio ambiente, surge el control biológico [8]; entre estas alternativas se encuentra el aprovechamiento de nemátodos, hormigas entomófagas, vacunas, bacterias y hongos entomopatógenos [9]. El uso de bioinsumos favorece la actividad microbiana y promueve procesos ecológicos clave [10]

El desarrollo del control biológico en Ecuador data de 1937 [1]. El empleo de bioformulados a base de *Beauveria*

bassiana, *Metarhizium anisopliae*, *Bacillus thuringiensis* y *Trichoderma* spp [11] se inició en cultivos de exportación (rosas, café, cacao, banano), tomando mayor fuerza en la última década, y extendiendo sus estudios y su aplicabilidad a cultivos de la agricultura familiar [12].

El desarrollo de formulaciones a partir de microorganismos benéficos está estrechamente vinculado con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En primer lugar, contribuye al ODS 3 (Salud y bienestar) al promover la producción de alimentos más saludables y seguros, reduciendo la necesidad de pesticidas y mejorando la calidad nutricional [13].

En relación con el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), estas formulaciones impulsan la innovación en biotecnología y agricultura sostenible, fomentando la creación de infraestructuras resilientes y tecnologías avanzadas [14]. Además, apoyan el ODS 12 (Producción y consumo responsables) al promover prácticas agrícolas sostenibles que minimizan el impacto ambiental y optimizan el uso de recursos naturales [15]. Finalmente, contribuyen al ODS 13 (Acción por el clima) al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante prácticas agrícolas más ecológicas y eficientes.

II. METODOLOGÍA

El estudio evaluó el efecto de hongos entomopatógenos en un género de garrapatas, para el control del parásito bovino. Se determinaron las variables para observar sus efectos con el fin de establecer una relación causa – efecto. En el procedimiento se consideró el bioplaguicida a base de hongos entomopatógenos como la causa y la reacción que estos causaron sobre la plaga, como el efecto. Por otro lado, la investigación tiene el propósito de profundizar las teorías y criterios de diversos autores sobre *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* ante *Rhipicephalus microplus*, con el fin de disminuir el uso de plaguicidas de síntesis química.

Los bioensayos fueron llevados a cabo en el laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), para evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* (A21) y *M. anisopliae* (A13). El diseño experimental es completamente aleatorio (DCA).

Se utilizó esporas puras de los hongos en diferentes concentraciones (10^6 , 10^7 , 10^8 y 10^9) obtenidas a través de la técnica de diluciones seriadas con Tween 80 al 0,01%, estas fueron sometidas a pruebas de viabilidad y conteo de esporas en microscopio. Se realizaron 4 tratamientos con 3 repeticiones para A13 y A21. Además, 3 blancos por cada hongo, con un total de 30 unidades experimentales [16].

A. Unidades Experimentales

Cada unidad experimental se conformó de 10 garrapatas adultas de entre 3 y 5mm. Se conformaron 30 grupos con 10 ectoparásitos cada uno, de los cuales 6 grupos fueron muestras testigo, las muestras restantes fueron utilizadas para evaluar la

eficiencia de las concentraciones, realizando un baño de inmersión de las garrapatas en las suspensiones de esporas de los hongos entomopatógeno con la concentraciones correspondientes durante un minuto [17].

Posteriormente fueron ubicadas en cajas de plástico estériles con papel filtro estéril humedecido con la suspensión de esporas [18]. Cada caja fue sellada herméticamente y etiquetada para la observación de resultados a los 7, 14 y 21 días, período en el cual no necesitan alimentarse y las hembras llevan a cabo la oviposición [19].

B. Concentración letal media

La cantidad de esporas de los hongos necesarias para matar al 50% de la población de garrapatas en un tiempo determinado se denominó CL50 [20].

Para evaluar la CL50, se llevaron a cabo experimentos en condiciones de laboratorio en los que se expusieron las garrapatas a diferentes concentraciones de los bioformulados. Se realizaron dos muestreos para evaluar la mortalidad de garrapatas, el primero a los 7 días y el segundo a los 14 días después de la inoculación.

Para calcular el porcentaje de mortalidad se contaron las garrapatas muertas en cada placa, se diferenció la muerte causada por acción del hongo (esporulación sobre la plaga) y la que se efectuó por otras causas ya que las garrapatas pueden sobrevivir en climas cálidos durante un período de 3 o 4 meses sin alimentarse y en temperaturas frías hasta 6 meses [21].

El tiempo promedio que tomó alcanzar el 50% de mortalidad para todas las repeticiones realizadas en concentraciones específicas se denominó TL50 [22].

Para determinar la CL50 y TL50 se utilizó el programa R Studio V1.3 empleando el modelo logístico log-logístico utilizando la función "drm()" del paquete "drc". Por otro lado, para realizar una comparación de dos factores (hongos y concentraciones) se realizó un análisis factorial de dos factores, con el fin de identificar si existen diferencias significativas entre los dos casos de hongos entomopatógenos.

C. Preparación y aplicación de bioformulados

Para la preparación de bioformulados se utilizaron cepas provenientes de la siembra de hongos en cajas Petri, bandejas con PDA y arrozillo (sustrato), extraídas con la utilización de agua estéril con Tween 80 al 0.01% para obtener un litro de suspensión líquida hasta llegar a la concentración que mostró mejores resultados en las pruebas in vitro.

La suspensión de esporas de cada hongo fue diluida con agua limpia o potable para su aplicación a campo. Una vez realizado el producto se debe evitar su exposición directa al sol para no perder la efectividad de la formulación [18]. En la figura 1 se observa el desarrollo de los hongos entomopatógenos en sustrato sólido, previo a su formulación líquida.



Fig. 1 Hongos entomopatógenos en sustrato de arroz.

Para las pruebas de campo se seleccionó unidades experimentales a través de observaciones directas en campo obteniendo un total de 12 cabezas de ganado provenientes de la provincia Bolívar, cantón Chillanes, finca Santa Clara recinto San Carlos de Tishimbe, ubicado en la vía Chillanes-Bucay en condiciones al libre pastoreo con rotación de potreros cada 7 días, en donde las temperaturas mínimas descienden rara vez a menos de 0°C y las máximas no superan los 20°C, la humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 65 y el 85 % y, la temperatura media anual es de 9°C [23].

El ganado objeto de estudio fue tratado con ivermectina y baños de aspersión con el producto químico Garrakill (piretroides) cada 15-20 días, tres meses antes de la fecha de aplicación del bioformulado [16]. El tratamiento consistió en la aplicación de los hongos A13 y A21 con una concentración de 10^9 conidias/ml, mezclando 10 litros de agua por cada 500 ml de producto.

La aplicación se realizó mediante baños de aspersión con la ayuda de dos bombas manuales de 10 litros para cada cepa, como se muestra en la figura 2, durante un día nublado con una humedad media del 81% alrededor de las 17h00 [24]. Se realizó un conteo de las garrapatas vivas antes de la aplicación y, después de 7 y 15 días posteriores a la aplicación del bioformulado, de acuerdo con el intervalo de rotación de potreros.



Fig. 2 Aplicación de bioformulados con baños de aspersión

III. 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el factor tiempo se comprueba que el número de garrapatas muertas aumenta a medida que pasa el tiempo; comparando los datos de mortalidad a los 7 y 14 días, se observa un incremento en la mortalidad en la mayoría de los tratamientos, lo que permite establecer un efecto a largo plazo de los hongos entomopatógenos ya que este continúa actuando y causando la muerte de las garrapatas incluso después de una semana de la aplicación.

Se aplicó la prueba de Tukey para comparar las medias de los grupos y determinar diferencias significativas. En la figura 3 se muestra que el tratamiento con la concentración C10⁹ presenta el mayor porcentaje de mortalidad en todas las repeticiones, alcanzando el 100% de mortalidad a los 7 y 14 días. Esto indica que este tratamiento es el más efectivo en el control de las garrapatas en estas condiciones de laboratorio.

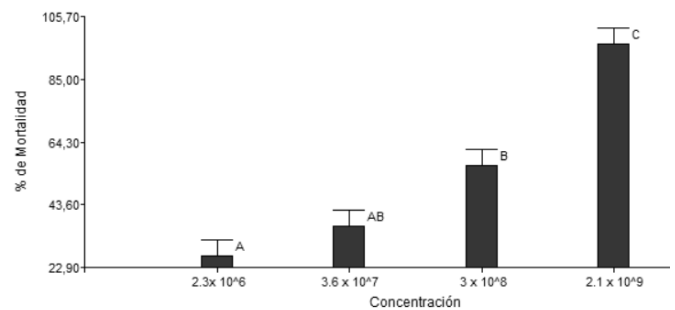


Fig. 3 Prueba Tukey para porcentajes de mortalidad por A21 en condiciones de laboratorio

El porcentaje de mortalidad para A13 varía en función de la concentración del hongo. A medida que se incrementa la concentración, se observa un aumento en el porcentaje de mortalidad de las garrapatas. En el tratamiento con la concentración C10⁹ todas las repeticiones mostraron un porcentaje de mortalidad del 90% al 100%, lo cual indica una alta efectividad en el control de las garrapatas.

Se comprueba que el número de garrapatas muertas aumenta con el tiempo transcurrido, pues al establecer una

comparación de los datos de mortalidad a los 7 y a los 14 días. se evidencia un incremento en la mortalidad en la mayoría de los tratamientos, situación que permite determinar que el efecto del hongo A13 continúa actuando y causando la muerte de las garrapatas incluso después de una semana de la aplicación.

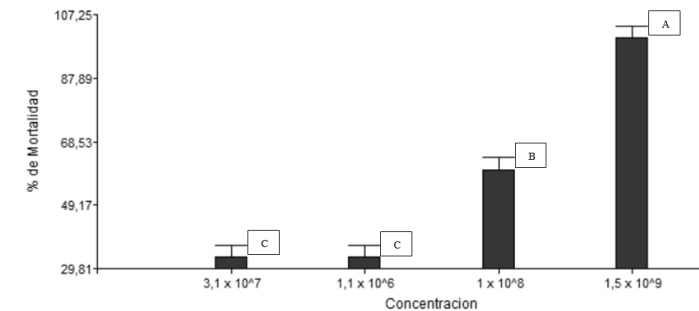


Fig. 4 Prueba Tukey para porcentajes de mortalidad por A13 en condiciones de laboratorio.

Se registró el número de garrapatas infectadas con el hongo A13, lo que permitió identificar la capacidad de la cepa para infectar y proliferar dentro de las garrapatas. Se analizó que en algunos casos como en el tratamiento C10⁹, el número de garrapatas infectadas con el hongo es mayor que el número inicial de garrapatas, lo que sugiere una propagación exitosa del hongo en la población de garrapatas.

La figura 4 muestra que el mejor tratamiento corresponde a la concentración C10⁹, observando un alto porcentaje de mortalidad de las garrapatas, que alcanzan entre el 90% y el 100% en todas las repeticiones.

Al analizar los datos de laboratorio se determinó que para A21 la CL50 estimada a los 14 días de evaluación fue de alrededor de 4,24 x 10⁹ esporas/ml, mientras que para A13 fue de 1,08 x10⁸ esporas/ml. Las figuras 5 y 6 representan un modelo logístico para el bioformulado de A21 y A13 respectivamente, mismos que muestran una relación del porcentaje de mortalidad de las garrapatas *R. microplus* en función de la concentración utilizada.

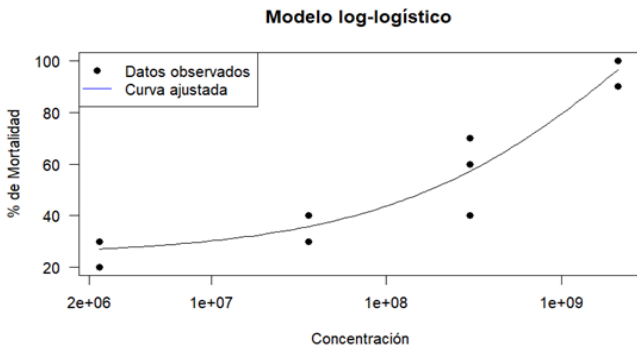


Fig. 5 Modelo logístico para A21

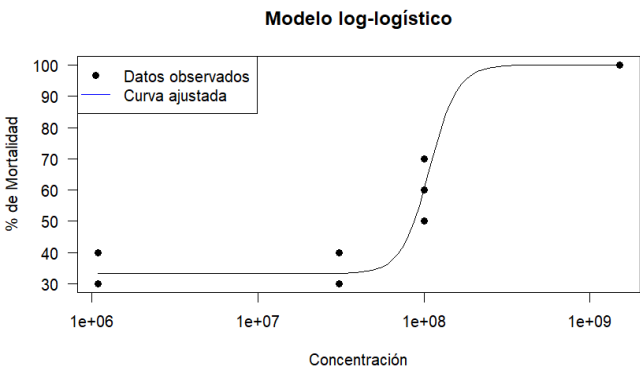


Fig. 6 Modelo logístico para A13

A través de los gráficos analizados se determina que cuando se evidencia un aumento de la concentración del bioformulado, el porcentaje de mortalidad incrementa gradualmente. Sin embargo, para el caso de A13 el porcentaje de mortalidad alcanza su máximo en las concentraciones superiores a 10⁸ y no aumenta con mayores concentraciones; debiéndose a la existencia de un límite en la efectividad del bioformulado, lo que permite establecer que el aumentar la concentración más allá de cierto punto no produce una mayor mortalidad.

El factor "Hongo" (*Beauveria bassiana* A21 y *Metarhizium anisopliae* A13) no mostró diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad, pero el factor "Concentración" tuvo un efecto significativo, por tanto, aunque los bioformulados de ambos hongos fueron efectivos en controlar las garrapatas, la elección entre ellos no influyó significativamente en los resultados, como se muestra en la figura 7.

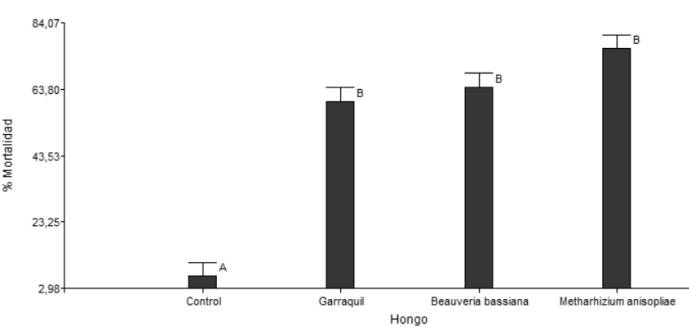


Fig. 7 Prueba de Tukey para porcentaje de mortalidad por los tratamientos en condiciones de campo

Ambos bioformulados tienen un efecto significativo en el control de las garrapatas. La concentración del bioformulado es el factor clave para obtener una mayor efectividad en el control de las garrapatas, mientras que la elección entre A13 y A21 no tuvo un impacto significativo en las condiciones de laboratorio estudiadas.

IV. DISCUSIÓN

El estudio evaluó el efecto de la suspensión de esporas de los hongos *Beauveria bassiana* A21 y *Metarhizium anisopliae* A13 en la mortalidad de garrapatas *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio y campo. En el laboratorio, se observó que el tratamiento con A21 mostró una mortalidad significativa de las garrapatas, siendo el tratamiento con una concentración de $C10^9$ el más efectivo, en combinación con una propagación exitosa del hongo dentro de la población de garrapatas. En el caso de A13 se encontró que el tratamiento con una concentración de $C10^9$ también fue altamente efectivo en la mortalidad de las garrapatas en el laboratorio.

En condiciones de campo, tanto A13 como A21 mostraron efectos significativos en la mortalidad de las garrapatas, estos resultados indican que ambas cepas tienen potencial como agentes de control biológico para el manejo de las infestaciones de garrapatas en el ganado bovino.

En condiciones de laboratorio, se alcanza la totalidad de la mortalidad de las garrapatas a los 14 días de la aplicación en el tratamiento con la concentración $C10^9$ de A13 y A21 y todas las repeticiones mostraron un porcentaje de mortalidad del 100% a los 14 días.

En un estudio similar se evaluó el efecto acaricida de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en el control de la garrapata *R. microplus* [25], en dicha investigación se realizaron pruebas a nivel de laboratorio exponiendo las garrapatas a cuatro concentraciones de esporas de ambos hongos: $1,6 \times 10^5$; $1,01 \times 10^6$; $1,003 \times 10^7$ y $1,003 \times 10^8$ esporas/ml; los resultados mostraron que la concentración de $1,003 \times 10^8$ esporas/ml fue la más efectiva en comparación con los demás tratamientos logrando una mayor mortalidad en un tiempo más corto y manteniendo su efectividad a lo largo del ensayo. No se encontraron diferencias significativas entre los hongos evaluados en términos de su efecto acaricida sobre la garrapata *R. microplus* en estado adulto a nivel de laboratorio.

En otro estudio se evaluó la eficacia de Baubassil® (*B. bassiana*) en el control de garrapatas en campo donde se encontró que una concentración de 1 g/l de Baubassil® logra reducir la infestación por garrapatas en un 96,8% a los 11 días después del tratamiento [26]. Las dosis por debajo de 4 g/l de agua no fueron tan eficientes en cuanto al período de tiempo en que el hongo actuó.

Un estudio equivalente confirmó resultados que alcanzaron una eficacia del 55% en las primeras 24 horas con 4 g de *Beauveria*/l de agua, que aumentó al 98% a las 92 horas. Estos hallazgos indican que dosis más bajas de Baubassil® pueden ser menos efectivas y que una mayor concentración y tiempo de exposición son necesarios para obtener un control más eficaz de las garrapatas [27].

Los resultados del presente estudio mostraron que la CL50 de *B. bassiana* fue de aproximadamente $4,24 \times 10^9$ esporas/ml, mientras que para *M. anisopliae* fue de $1,08 \times 10^8$ esporas/ml, mientras que Tipás (2020), encontró que para el *B. bassiana* fue de $6,7670 \times 10^4$ esporas/ml, y la de *M. anisopliae* fue de $7,069 \times 10^4$ esporas/ml. No obstante, estas diferencias

pueden deberse a variaciones en las cepas de los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* utilizados, las diferencias en las condiciones experimentales como temperatura y humedad, así como las características de la población de ácaros estudiada.

Los hongos entomopatógenos especialmente *M. anisopliae* presentan una alta patogenicidad frente a las garrapatas adultas de *R. microplus*, lo que indica un alto grado de efectividad en su control [28]. Dicho hallazgo es consistente con los resultados de este estudio, donde tanto ambas cepas mostraron una mayor mortalidad de las garrapatas en estado adulto a medida que se incrementó la concentración de esporas o conidios. Destacando que, se observaron diferencias en los valores de CL50 entre los estudios.

Por otro lado, en el estudio de Yari et al. (2020), se evaluó el efecto del hongo entomopatógeno *B. bassiana* en el control de garrapatas en ganado bovino. En este se utilizaron cinco tratamientos diferentes: un grupo control (T1), excipientes (T2), y tres tratamientos con diferentes concentraciones de conidios de *B. bassiana* (T3, T4, T5); el conteo de garrapatas se realizó en diferentes partes del cuerpo (tabla del cuello, entrepierna, axila) en varios días [29]. Los resultados mostraron que en el día 14, se obtuvo una mortalidad del 99% en el tratamiento T5, mientras que en los tratamientos T3 y T4 la mortalidad fue del 91% y 82%, respectivamente.

Estos hallazgos indican que los tratamientos con concentraciones más altas de conidios de *B. bassiana* fueron más efectivos en el control de garrapatas en comparación con el grupo control y el tratamiento con excipientes. Además, al igual que en los hallazgos del presente estudio, se observó que las diferentes partes del cuerpo evaluadas (tabla del cuello, entrepierna, axila) mostraron una disminución significativa en el número de garrapatas en todos los tratamientos a partir del día 7.

También se observó resultados similares al estudio de Martínez et al. (2023), en el cual se demostró que la aplicación de *B. bassiana* DS3.17 en diferentes concentraciones de conidios tuvo un efecto acaricida en hembras ingurgitadas de *R. microplus*, además se determinó una mortalidad de hasta un 93,2% en los adultos y se registraron cambios significativos en los parámetros reproductivos de las hembras adultas, incluyendo la inhibición de la ovoposición en un rango del 75,84% al 79,60%. Estos resultados indican que *B. bassiana* DS3.17 tiene un alto potencial acaricida y puede ser considerado como una opción efectiva en el control de la garrapata [30].

Los bioinsumos sustituyen insumos sintéticos, reducen contaminantes y promueven agroecosistemas sostenibles [31], por lo que son una alternativa sostenible y menos contaminante frente a los plaguicidas químicos, lo cual es beneficioso para el ambiente y la salud pública [32].

V. CONCLUSIONES

Se determinó el efecto que producen los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* A21 y *Metarhizium anisopliae* A13 en la mortalidad de garrapatas *Rhipicephalus microplus* en diferentes condiciones, comprobándose una alta tasa de mortalidad de la plaga lo que representa un impacto significativo como agentes de control biológico, manifestando una infección exitosa en los dos casos de hongo en un transcurso de 7 a 14 días de pruebas, lo que permite considerar a este proceso como eficiente y rentable para aplicaciones a gran escala en el sistema ganadero.

El porcentaje de mortalidad en condiciones de laboratorio varía en función de la concentración de las dos cepas de hongos, siendo directamente proporcional, por lo que se determina que dichos hongos son capaces de infectar y proliferar dentro de las garrapatas antes y después de muertas haciendo que el hongo se propague y continúe actuando. Para *B. bassiana* A21 el porcentaje de mortalidad fue del 100% y para *M. anisopliae* A13 de entre 90 al 100% haciéndolos igual de efectivos.

La concentración letal media CL50 estimada a los 14 días de evaluación fue de $4,24 \times 10^9$ esporas/ml para *B. bassiana* A21 y $1,08 \times 10^8$ esporas/ml para *M. anisopliae* A13. Por otro lado, el TL50 más bajo para *B. bassiana* A21 se presentó en la concentración de $2,1 \times 10^9$ y corresponde a 3,19 días para producir un 50% de mortalidad, y en el caso de *M. anisopliae* A13, la concentración de $1,5 \times 10^9$ es la que provoca el 50% de mortalidad en un período de 2,57 días. Por lo tanto, dicha concentración resulta eficaz para causar el mismo nivel de mortalidad a los 14 días de aplicación.

En la fase campo para ambos hongos, en las concentraciones de 10^9 , *M. anisopliae* A13 es más eficiente que *B. bassiana* A21, sin embargo, aunque Garrakill presenta resultados de eficiencia similares a *B. bassiana* A21.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Los autores de esta investigación agradecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por el financiamiento a través del proyecto No. IDIPI-268, y al ingeniero Juan Manzano por su colaboración y orientación en el laboratorio.

REFERENCES

- [1] W. F. Viera-Arroyo *et al.*, «Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador», *Journal of the Selva Andina Biosphere*, vol. 8, n.º 2, p. 128, nov. 2020, doi: 10.36610/j.jsab.2020.080200128.
- [2] C. Moreno-Miranda, R. Moreno-Miranda, A. A. Pilamala-Rosales, J. I. Molina-Sánchez, y L. Cerda-Mejía, «El sector hortofrutícola de Ecuador: Principales características socio-productivas de la red agroalimentaria de la uvilla (*Physalis peruviana*)», *Ciencia y Agricultura*, vol. 16, n.º 1, pp. 31-51, 2019, Accedido: feb. 05, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5600/560059292003/html/>.
- [3] Ministerio de Agricultura y Ganadería, «ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO», 2023.
- [4] Q. Ren *et al.*, «Laboratory evaluation of virulence of Chinese *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to engorged female *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* ticks», *Biological Control*, vol. 63, n.º 2, pp. 98-101, nov. 2012, doi:

- 10.1016/j.biocontrol.2012.07.002.
- [5] J. A. Oteo Revuelta, «Espectro de las enfermedades transmitidas por garrapatas», *Pediatría Atención Primaria, Flashes pediátricos AEPap*, vol. 18, n.º 25, pp. 47-51, jun. 2016, Accedido: feb. 05, 2026. [En línea]. Disponible en: www.pap.es.
- [6] J. M. B. Murillo y M. A. Lepe-López, «Evaluación in vitro de cinco ixodícidias contra *Rhipicephalus microplus* en Catacamas, Olancho, Honduras», *Revista MVZ Córdoba*, vol. 27, n.º 2, pp. e2463-e2463, may 2022, doi: 10.21897/rmvz.2463.
- [7] R. C. Bustillos Huilca, «“ECOLOGÍA PARASITARIA DE LA GARRAPATA (Acari: Ixodidae) EN BOVINOS EN DOS ÁREAS GEOGRÁFICAS DEL ECUADOR», UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2014.
- [8] G. M. Corrêa *et al.*, «Use of Bioinputs in Sustainable Agriculture: Trends, Challenges and Perspectives for Reducing the Use of Agrochemicals», *Revista de Gestão Social e Ambiental*, vol. 19, n.º 5, p. e011955, may 2025, doi: 10.24857/rgsa.v19n5-003.
- [9] Division F.A.O.U.N.A.P.H., *Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina*. FAO, 2003.
- [10] F. Pognante, «BIOINSUMOS y BIOFÁBRICAS», *Biofertilizantes y otras tecnologías disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe*, p. 18, 2022.
- [11] M. Villavicencio-Vásquez, F. Espinoza-Lozano, L. Espinoza-Lozano, y J. Coronel-León, «Biological control agents: mechanisms of action, selection, formulation and challenges in agriculture», *Frontiers in Agronomy*, vol. 7, p. 1578915, may 2025, doi: 10.3389/fagro.2025.1578915.
- [12] A. Sharma, N. Thakur, A. Hashem, T. M. Dawoud, y E. F. Abd_Allah, «Insecticidal potential of *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* individually and their synergistic effect with barazide against *Spodoptera litura*», *Heliyon*, vol. 10, n.º 17, p. e37175, sep. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e37175.
- [13] Pacto Mundial ONU, «ODS 3 Salud y bienestar». <https://www.pactomundial.org/ods/3-salud-y-bienestar/> (accedido feb. 05, 2026).
- [14] Pacto Mundial ONU, «ODS 9 Industria, innovación e infraestructura». <https://www.pactomundial.org/ods/9-industria-innovacion-e-infraestructura/> (accedido feb. 05, 2026).
- [15] Pacto Mundial ONU, «ODS 12 Producción y consumo responsables». <https://www.pactomundial.org/ods/12-produccion-y-consumo-responsables/> (accedido feb. 05, 2026).
- [16] A. Bautista Gálvez, R. Pimentel Segura, y A. Gómez-Vázquez, «Control biológico de *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* con hongos entomopatógenos / Biological Control of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* with Entomopathogenic Fungi», *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, vol. 6, n.º 12, pp. 33-62, oct. 2017, doi: 10.23913/ciba.v6i12.68.
- [17] D. F. Bolaños Valladares, «DISTRIBUCION GEOGRAFICA Y CARACTERIZACION TAXONOMICA DE LAS ESPECIES DE GARRAPATAS QUE AFECTAN AL GANADO BOVINO EN LA PROVINCIA DE LOS RIOS», UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2016.
- [18] Y. A. Lemus, G. M. Rodríguez, R. A. Cuervo, J. A. D. Vanegas, C. L. Zuluaga, y G. Rodríguez, «Determinación de la factibilidad del hongo *Metarhizium anisopliae* para ser usado como control biológico de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*)», *Revista Guillermo de Ockham*, vol. 6, n.º 1, pp. 91-98, 2008, Accedido: feb. 05, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105312257007>.
- [19] C. B. Alzate, G. Ana Isabel Gutiérrez, y O. Yamillé Saldarriaga, «Patogenicidad de *Lecanicillium lecanii* (Fungi) sobre la garrapata *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) en laboratorio», *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 34, n.º 1, pp. 90-97, ene. 2008, doi: 10.25100/socolen.v34i1.9257.
- [20] RIBETER, «Qué diferencia hay entre concentración letal 50 y dosis letal 50». https://ribeter.org/que-diferencia-hay-entre-concentracion-letal-50-y-dosis-letal-50/?utm_source=copilot.com&expand_article=1 (accedido abr. 22,

- 2026).
- [21] «*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: Garrapata del ganado del sur, garrapata del ganado bovino». feb. 2007, Accedido: feb. 05, 2026. [En línea]. Disponible en: <http://www.nhc.ed.ac.uk/index.php?page=24.25.121>.
 - [22] «Introducción a la Toxicología. Aspectos básicos».
 - [23] Weather and Climate, «Bucay, Chimborazo, EC Climate Zone, Monthly Averages, Historical Weather Data». <https://weatherandclimate.com/ecuador/chimborazo/bucay> (accedido feb. 13, 2026).
 - [24] J. F. Martínez-Tinajero, J.J. Izaguirre-Flores, F. Aguirre-Medina, A. Ley de Coss, y R. Osorio-López, M.W. Jáuregui-Jiménez, «CONTROL BIOLÓGICO DE GARRAPATA (*Boophilus* spp.) CON DIFERENTES CEPAS DE *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin EN BOVINOS», *AP AGROPRODUCTIVIDAD*.
 - [25] J. D. Tipás Viteri, «Evaluación del efecto acaricida de *Beauveria bassiana* y meta | REDI», 2020.
 - [26] A. P. Tofiño Rivera, M. Ortega Cuadros, B. Pedraza Claros, S. C. Perdomo Ayola, y D. C. Moya Romero, «Efectividad de *Beauveria bassiana* (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en el Departamento de la Guajira, Colombia», *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 50, n.º 4, pp. 426-430, oct. 2018, doi: 10.1016/j.ram.2017.10.005.
 - [27] D. Garibaldy, P. Monterroso, J. Daniela, D. Moreno Escuela, A. Panamericana, y Z. Honduras, «Evaluación de la efectividad de tres agentes entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Heterorhabditis bacteriophora* como controladores biológicos de la garrapata *Boophilus microplus* en ganado lechero Zamorano, Honduras», 2018.
 - [28] S. Juigalpa y J. José Oporta López ASESORES Arnulfo José Monzón Centeno Víctor Ramón Monzón Ruíz Juigalpa, «UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA».
 - [29] D. I. Yari Briones *et al.*, «Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de garrapatoxis en ganado bovino», *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 32, n.º 5, oct. 2021, doi: 10.15381/rivep.v32i5.19586.
 - [30] J. Martínez-García, J. Abad-Zavaleta, M. de Jesús García-Gómez, y O. Núñez-Gaona, «Evaluación in vitro del potencial acaricida de *Beauveria bassiana* DS3.17 sobre la garrapata común (*Rhipicephalus microplus*) en Oaxaca, México», *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 14, n.º 3, pp. 644-657, jul. 2023, doi: 10.22319/rmcp.v14i3.6265.
 - [31] R. Rosales-Castillo, B. S. Velázquez-De Lucio, E. M. Hernández-Domínguez, y J. Álvarez-Cervantes, «Bioinsumos: Una Alternativa para Lograr una Agricultura Sostenible», *Terra Latinoamericana*, vol. 43, 2025, doi: 10.28940/TERRA.V43I.2045.
 - [32] D. F. E. Estremadoyro, «Impacto de la toxicidad de los residuos sólidos generados por plaguicidas», *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, vol. 0, n.º 9, pp. 124-139, may 2022, doi: 10.18800/kawsaypacha.202201.006.