



Centro Agrícola

Centro de Investigaciones Agropecuarias
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Potencial acaricida de *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff sobre la garrapata *Rhipicephalus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae), en Nicaragua

Acaricidal potential of *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff on the tick *Rhipicephalus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae), in Nicaragua

Edgardo Jiménez-Martínez^{1*} , Julio López Flores¹ , Gabriela Bravo Flores² ,
Elmer Guillen Corrales² , Ninoska Martínez Alemán¹ , Valentina Méndez García¹ 

¹ Universidad Central de Nicaragua, Campus doral, de la entrada del mercado del mayoreo, 2c arriba, 1c al sur, Nicaragua

² Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, contiguo al centro comercial managua, D5, Nicaragua

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 12/02/2025
Aceptado: 10/07/2025

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflicto de intereses

CORRESPONDENCIA

Edgardo Jiménez-Martínez
edgardo.jimenez@ucn.edu.ni



CF: cag031252451

RESUMEN

Contexto: La garrapata del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* es la responsable de pérdidas significativas sobre la productividad y competitividad del sector ganadero nicaragüense. El principal método usado por los productores para el control de *R. microplus* es el uso de pesticidas químicos sintéticos. Una alternativa a los plaguicidas químicos y los problemas derivados de su uso es el control biológico. En este sentido, cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* han sido evaluadas contra garrapatas. **Objetivo:** El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto acaricida de diferentes concentraciones de cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre la mortalidad y parámetros reproductivos de *R. microplus* bajo condiciones de laboratorio. **Métodos:** El bioensayo se realizó en el laboratorio de agrobiotecnología del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, para lo que se colectaron adultos de *R. microplus* en fincas de Matagalpa. Se utilizó un diseño completo al azar en condiciones de laboratorio. Los tratamientos evaluados fueron garrapatas ingurgitadas con *B. bassiana* y *M. anisopliae* a diferentes concentraciones. **Resultados:** En este estudio se encontró que *B. bassiana* y *M. anisopliae* tienen un potencial acaricida sobre las garrapatas. La mezcla de *B. bassiana* y *M. anisopliae* a 1×10^8 y 1×10^9 provocan mayor mortalidad y en menos tiempo a garrapatas que de manera individual; también provocan una disminu-

ción sobre el índice de nutrición y la inhibición de la eficacia reproductiva de las garrapatas. **Conclusión:** Los resultados obtenidos abren la posibilidad de incluir el uso de hongos entomopatógenos en un programa de manejo integrado de garrapatas en bovinos a nivel nacional.

Palabras clave: Entomopatógenos, Ixodidae, Control, Hongos, Inocuo, Natural

ABSTRACT

Context: The cattle tick *Rhipicephalus microplus* causes significant productivity and competitiveness losses in the Nicaraguan livestock sector. Producers primarily use synthetic chemical pesticides to control *R. microplus*. An alternative to these pesticides and their associated problems is biological control. In this regard, the effectiveness of strains of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against ticks has been evaluated. **Objective:** This study aimed to determine the acaricidal effect of different *B. bassiana* and *M. anisopliae* strain concentrations on *R. microplus* mortality and reproductive parameters under laboratory conditions. **Methods:** The bioassay was conducted in the agrobiotechnology laboratory of the Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Adult *R. microplus* were collected from farms in Matagalpa for the study. A completely randomized design was used under laboratory conditions. The treatments evaluated were engorged ticks with different concentrations of *B. bassiana* and *M. anisopliae*. **Results:** This study found that *B. bassiana* and *M. anisopliae* have acaricidal potential against ticks. A mixture of *B. bassiana* and *M. anisopliae* at concentrations of 1×10^8 and 1×10^9 caused higher tick mortality in less time than either alone. The mixture also decreased the nutrition index and inhibited the reproductive efficiency of ticks. **Conclusion:** These results suggest the possibility of incorporating entomopathogenic fungi into an integrated tick management program for cattle on a national scale.

Keywords: Entomopathogens, Ixodidae, Control, Fungi, Innocuous, Natural

INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, las muertes en bovinos por hemopatógenos transmitidos por garrapatas se calculan en 60% en carne, y las pérdidas van de 15-40 kg, y en leche ocurre una merma de $0,3 \text{ L días}^{-1}$ por animal (González y Catín, 2020). La garrapata del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae) es la responsable de pérdidas significativas sobre la productividad y competitividad del sector en zonas ganaderas del país (Martínez-García *et al.*, 2023). Estos ectoparásitos y las enfermedades que transmiten se hallan ampliamente distribuidas por el mundo, especialmente en los países tropicales y subtropicales. Se ha estimado que el 80% de los bovinos existentes en el mundo están infestados de garrapatas (Marques *et al.*, 2020). Ellas son responsables de graves pérdidas causadas a través de sus picaduras, tales como: la pérdida de sangre, las lesiones de los cueros y ubres, así como la inyección de toxinas y la mortalidad y debilidad causada por las enfermedades que transmiten (Summer *et al.*, 2019; Umaru y Simarani, 2022; Proietti *et al.*, 2023).

Son comunes las muertes de ganado atribuibles a la anemia como resultado de la infestación con *R. microplus*. Las hembras ingurgitadas aumentan su peso entre 100-200 veces, pero la cantidad real de sangre ingerida es mucho mayor, ya que se concentra, y el fluido se excreta en la saliva. El impacto económico se debe al daño a las pieles por la acción de las picaduras, pérdida de sangre, efectos tóxicos, reducción en la producción de leche, en la producción de becerros y el incremento en los costos de control. Además de los agentes etiológicos que transmiten como virus, bacterias, rickettsias y protozoos (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2005).

La concientización de los efectos negativos de los ixodidas en el ambiente ha motivado la búsqueda de métodos alternativos de control no químico, donde se incluye la selección de razas de bovinos resistentes, vacunas antigarrapatas, y control biológico, entre otros (Vertyporokh *et al.*, 2020; Nikoloff *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021). Las garrapatas son artrópodos, comunes en las regiones tropicales y subtropicales, donde ocasionan pérdidas considerables para la ganadería (Dantas-Torrez *et al.*, 2019), siendo *R.*

microplus la principal garrapata y ectoparásito artrópodo del ganado bovino, debido a que su alimentación es exclusivamente hematófaga, y su principal hospedero es el bovino.

El método de control de *R. microplus* más utilizado en Nicaragua es el uso de pesticidas químicos, de los cuales los más comunes pertenecen a los organofosforados, piretroides y neonicotinoides (Solario Rivera *et al.*, 2021). La aplicación de ixodicidas sintéticos juega un papel importante en el control de esta plaga, siendo el método más utilizado para disminuir sus poblaciones. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos genera un impacto negativo al ambiente, contribuyendo al surgimiento de plagas secundarias, disminución de enemigos naturales y desarrollo de resistencia de los ácaros (Khoury *et al.*, 2019; Leger y Wang, 2020). El control tradicional de garrapatas mediante compuestos químicos, además de ser una estrategia costosa, conlleva riesgos de contaminación ambiental, genera residuos en los productos de origen animal (Salada, 2005; Lagunes Quintanilla *et al.*, 2024), puede propiciar inestabilidad enzoótica y favorece el desarrollo de quimioresistencia.

Una alternativa a los plaguicidas químicos y los problemas derivados de su uso es el control biológico, donde cepas de *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff han sido evaluadas contra garrapatas debido a su virulencia, mecanismo de infección, mortalidad sobre adultos, larvas, por alterar la eclosión de los huevos y generar cambios en el metabolismo lipídico de su hospedero (Castro Saines *et al.*, 2024).

M. anisopliae ha demostrado ser muy promisorio en el control de *R. microplus*. Los hongos endémicos están mejor adaptados a dichas condiciones y juegan un papel importante en el control natural de poblaciones plaga (Gerónimo-Torres *et al.*, 2016). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto acaricida de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre la viabilidad y los parámetros reproductivos de hembras ingurgitadas de *R. microplus* bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Agrobiotecnología del Centro Nacional de Investigaciones

Agropecuarias (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en Managua en el km 14,5, carretera norte 2 km al sur, coordenadas latitud norte 12°07'55" y longitud oeste 86°08'55", altitud 70 msnm.

Cepas de hongos empleadas en el estudio

Se emplearon las cepas *B. bassiana* INTA y *M. anisopliae* INTA, perteneciente a la colección del INTA. Las cepas se incubaron a 25 °C durante 14 días en medio de cultivo Agar Dextrosa Sabouraud al 4% (p/v), suplementado con 0,05% (p/v) de extracto de levadura. La concentración de conidios se determinó mediante la metodología descrita por French y Hebert (1988). La producción del hongo se realizó por fermentación bifásica, empleando la metodología descrita por Monzón-Ruiz (2016). Al final de la fermentación, los conidios se recuperaron mediante tamizado (300 µm, TEST SIEVE Alemania), y se suspendieron en agua destilada estéril (1:10 g mL⁻¹), con 0,01% de Tween 80 hasta una concentración final de 4,2x10⁹ conidios mL⁻¹. A partir de ésta se realizaron diluciones para obtener suspensiones con concentraciones de 1x10⁸ y 1x10⁹ conidios mL⁻¹ que fueron utilizadas para los ensayos de laboratorio. El proceso de obtención de las concentraciones de los hongos se realizó de acuerdo a la metodología publicada por Gómez-Pereira y Mendoza-Mora (2004).

Garrapatas empleadas en el estudio

Garrapatas adultas de *R. microplus* se recolectaron en fincas de los municipios de Matigües y Muy Muy del departamento de Matagalpa. Estas se depositaron en viales de polipropileno con capacidad de 50 mL que se colocaron en termo conteniendo Icepack a una temperatura de 15-17 °C. Posteriormente, estas fueron traídas al laboratorio de hongos entomopatógenos del INTA. Las garrapatas seleccionadas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% (v/v) durante 1 min, realizando tres lavados consecutivos con agua destilada estéril. Posteriormente, se colocaron en papel absorbente estéril para eliminar el exceso de agua. Después de 24 h, las hembras fueron pesadas (g), en grupos de 10 individuos, para realizar el bioensayo. Finalmente, se incubaron en el laboratorio a una temperatura de 26 ± 1 °C y humedad relativa de ± 70-80%, monitoreándolas durante tres días para rectificar su viabilidad.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completo al azar bajo condiciones controladas (en laboratorio), con dos repeticiones y siete tratamientos, los que consistían en garrapatas ingurgitadas con *B. bassiana* y *M. anisopliae* individual y combinadas a diferentes concentraciones de conidios, y un testigo que consistía en garrapatas ingurgitadas con agua destilada solamente.

Tratamientos evaluados

Tratamiento 1. Garrapatas ingurgitadas con *B. bassiana* 1×10^8 ; tratamiento 2. Garrapatas ingurgitadas con *B. bassiana* 1×10^9 ; tratamiento 3. Garrapatas ingurgitadas con *M. anisopliae* 1×10^8 ; tratamiento 4. Garrapatas ingurgitadas con *M. anisopliae* 1×10^9 ; tratamiento 5. Garrapatas ingurgitadas con *B. bassiana* y *M. anisopliae* 1×10^8 ; tratamiento 6. Garrapatas ingurgitadas con *B. bassiana* y *M. anisopliae* 1×10^9 ; tratamiento 7. Garrapatas ingurgitadas con agua estéril.

VARIABLES EVALUADAS

Mortalidad diaria de las garrapatas, peso inicial y final de las garrapatas, peso de huevos, número de huevos eclosionados, porcentaje de eclosión y ovoposición total, índice de nutrición, eficiencia reproductiva, índices de inhibición de la ovoposición y la inhibición de la eficacia reproductiva; estas últimas se calcularon usando las ecuaciones propuestas por Bennett (1974).

Establecimiento del Bioensayo

El efecto acaricida de *B. bassiana* y *M. anisopliae* a diferentes concentraciones fue evaluado sobre hembras adultas de *R. microplus*. La mortalidad de las garrapatas con los hongos entomopatógenos fue evaluada con la metodología de inmersión de adultos utilizando dos concentraciones de conidios (1×10^8 y 1×10^9 conidios mL^{-1}) y un testigo (agua destilada estéril). En el ensayo se sumergieron 10 hembras completamente ingurgitadas con peso aproximado entre 117 y 198 mg, durante 3 min. Posteriormente, las garrapatas se colocaron en papel absorbente estéril hasta eliminar el exceso de humedad. Cada grupo se colocó en cámaras húmedas (placas de Petri y papel filtro humedecido al fondo), a 26 ± 1 °C y de 70-80% de humedad relativa, realizándose observaciones cada 24 h, durante 23 días para evaluar la mortalidad diaria. Los bioensayos se concluyeron cuando el grupo testigo sobrepasó el 50% de mortalidad (Figura 1).

El efecto acaricida de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre el potencial reproductivo de *R. microplus* fue evaluado. Parámetros reproductivos de las garrapatas fueron evaluados en dos réplicas por cada tratamiento, para cada concentración de los hongos. Después de 10 días de realizar la inmersión de los ácaros en las diluciones de conidios, se retiraron los huevos de cada uno de los grupos y se pesaron. A partir de la cantidad colectada se tomaron alícuotas de 50 mg (2000 huevos aproximadamente) por cada grupo y

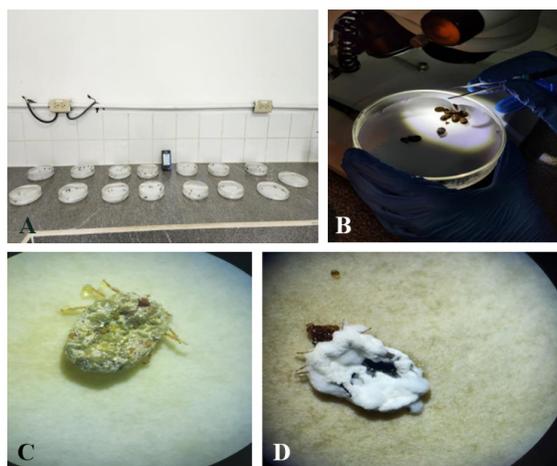


Figura 1. Bioensayo bajo condiciones de laboratorio. A) Montaje del bioensayo; B) Evaluación diaria de mortalidad de garrapatas; C) Garrapata infectada con *Beauveria bassiana*; D) Garrapata infectada con *Metarhizium anisopliae*.

se incubaron en cámaras húmedas (placas Petri con papel filtro humedecido en el fondo) hasta su eclosión. Los parámetros evaluados fueron peso inicial y final de la garrapata, peso de los huevos, garrapatas eclosionadas. Con estos parámetros se determinó el porcentaje de eclosión, índice de nutrición, eficiencia reproductiva y ovoposición total, usando las ecuaciones propuestas por Bennett (1974). A partir de los parámetros estimados se calcularon los índices de inhibición de la ovoposición y la inhibición de la eficacia reproductiva.

Análisis estadístico

Los datos de las variables fueron ingresados y ordenados en una hoja de datos de Excel, los datos obtenidos de la mortalidad, peso inicial y final y peso de huevos, se les realizó un análisis de varianza y comparación entre medias con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Los datos no paramétricos como el porcentaje de eclosión, índice de nutrición, inhibición de ovoposición y efectividad reproductiva se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación de Student-Newman-Keuls ($\alpha \leq 0,05$) (Microsoft, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre la mortalidad de garrapatas adultas de *R. microplus*

La mortalidad diaria de hembras de garrapatas ingurgitadas se evaluó a diferentes concentraciones de

hongos entomopatógenos. En la figura 2 se observa que las garrapatas empezaron a morir en todos los tratamientos entre el día 1 y el día 4. La velocidad de mortalidad fue directamente proporcional a la concentración de conidios. El 50% de mortalidad se alcanzó a los 5 días en los tratamientos combinados de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, a concentraciones de 1×10^8 y 1×10^9 . De manera individual, *M. anisopliae* fue mejor que *B. bassiana*, ya que el primero logró una mayor mortalidad (100%) a los 7 días, mientras que *B. bassiana* 1×10^9 logró mortalidad total hasta los 17 días, y el resto de tratamientos anduvo entre los 7 y 9 días. El 100% de mortalidad se alcanzó a los 7 días, únicamente en los tratamientos combinados de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en concentraciones de 1×10^8 y 1×10^9 conidios mL^{-1} . El tratamiento *B. bassiana* 1×10^8 alcanzó una mortalidad máxima de 80% a partir del día 21, y el tratamiento testigo alcanzó una mortalidad máxima de 65% a los 23 días. Martínez-García *et al.* (2023) reportaron que las concentraciones evaluadas de *B. bassiana* DS3.17 evidenciaron un efecto acaricida de hasta un 93,2% en hembras adultas de garrapatas. García-Corredor *et al.* (2016) indicaron que con una concentración de 1×10^8 conidios obtuvieron un porcentaje de mortalidad de garrapatas del 90% a los 21 días con *B. bassiana*, observando el inicio de la mortalidad después del día 4. También, reportaron el 100% de mortalidad de garrapatas en el día 7 con una concentración de 1×10^8 conidios, mientras que con 1×10^6 conidios obtuvieron 90% de mortalidad al día 10.

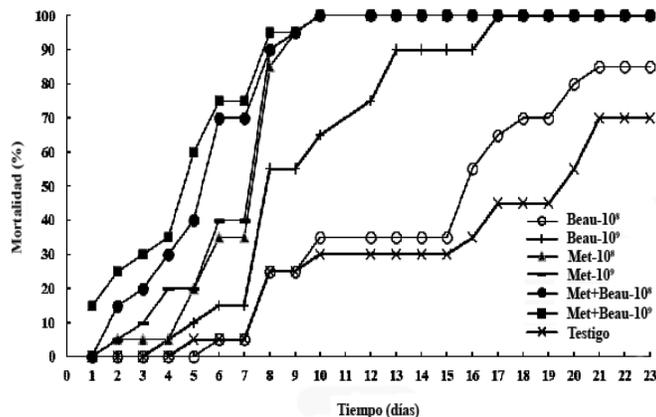


Figura 2. Mortalidad diaria de hembras ingurgitadas adultas de *Rhipicephalus microplus* después de la inmersión en suspensiones de conidios de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* a diferentes concentraciones

Tabla 1. Efecto de la concentración de conidios de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre peso inicial, peso final, índice de nutrición y eclosión de *Rhipicephalus microplus*

Concentración (conidios mL ⁻¹)	Peso inicial* (g) Media±**EE	Peso final* (g) Media±EE	Peso total de huevos (g) Media±EE	Índice de nu- trición (%) Media±EE	Eclosión (%) Media±EE
<i>Beauveria</i> 1x10 ⁸	1,17±0,07 a	0,61±0,01	0,89±0,06	23±2,52	69±4,0 b
<i>Beauveria</i> 1x10 ⁹	1,81±0,29 ab	1,06±0,13	0,44±0,16	17±3,51	45±7,5 a
<i>Metarhizium</i> 1x10 ⁸	1,98±0,50 b	1,29±0,33	0,63±0,17	19±4,51	43±11 a
<i>Metarhizium</i> 1x10 ⁹	1,49±0,23 ab	1,05±0,21	0,27±0,03	28±1,53	55±8,0 ab
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i> 1x10 ⁸	1,33±0,23 ab	0,98±0,12	0,12±0,11	40±12,0	62±10 ab
<i>Beauveria</i> + <i>Metarhizium</i> 1x10 ⁹	1,43±0,04 ab	0,89±0,41	0,11±0,38	46±32,0	56±1,5 ab
Testigo	1,38±0,05 ab	0,91±0,05	0,11±0,12	28±7,00	59±7,0 ab
Valor P	P=0,02	P=0,07	P=0,16	P=0,15	P=0,01

^{abc} Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas ($P>0,05$), según prueba de Tukey

*peso de 10 garrapatas

**EE = Error estandar

Efecto de la concentración de conidios de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre el peso inicial, peso final, peso de huevos, índice de nutrición y eclosión de *R. microplus*

En la tabla 1 se presenta el resultado del efecto que tuvieron los tratamientos evaluados a base de diferentes concentraciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre los principales parámetros reproductivos de hembras de *R. microplus*. En el caso del parámetro peso inicial de las garrapatas, se encontró diferencia significativa ($P=0,02$), de acuerdo a un análisis de Tukey. El peso inicial anduvo entre 1,17-1,98 g, el peso final de las garrapatas, al terminar el estudio fue entre 0,61-1,29 g, y el peso total de huevos anduvo entre 0,11-0,89 g.

Se encontró que el efecto de las concentraciones de conidios de los hongos sobre el índice de nutrición fue más reducido en los tratamientos de *Beauveria*+*Metarhizium* 1x10⁸ y 1x10⁹, con 40 y 46% de afectación, respectivamente. En el caso del porcentaje de eclosión de las garrapatas, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P=0,01$), de acuerdo un análisis de Tukey. Se observó que

fue más interrumpido en los tratamientos a base de *Beauveria* 1x10⁸ con 69%, seguido de una afectación en los tratamientos *Beauveria*+*Metarhizium* 1x10⁸ y *Beauveria*+*Metarhizium* 1x10⁹, con 62 y 56% respectivamente. En relación al efecto sobre los parámetros reproductivos, los valores obtenidos fueron similares a los presentados por Pulido-Medellín et al. (2015), quienes determinaron el efecto de *M. anisopliae* sobre *R. microplus*, con una reducción del índice reproductivo de hasta un 91%.

Eclosiones de *R. microplus* después de la inmersión en suspensiones de conidios de *B. bassiana* y *M. anisopliae*

En la figura 3 se observa la cantidad de garrapatas de *R. microplus* eclosionadas proveniente de 50 mg de huevos colectados por tratamiento. Se encontró que el menor número de garrapatas eclosionadas se encontró en los tratamientos de *Beauveria*+*Metarhizium* 1x10⁸ y 1x10⁹ con 434 y 260 garrapatas, respectivamente. En el tratamiento testigo eclosionaron un total de 750 garrapatas. En el tratamiento *M. anisopliae* 1x10⁸ se obtuvo una eclosión de 1023 garrapatas.

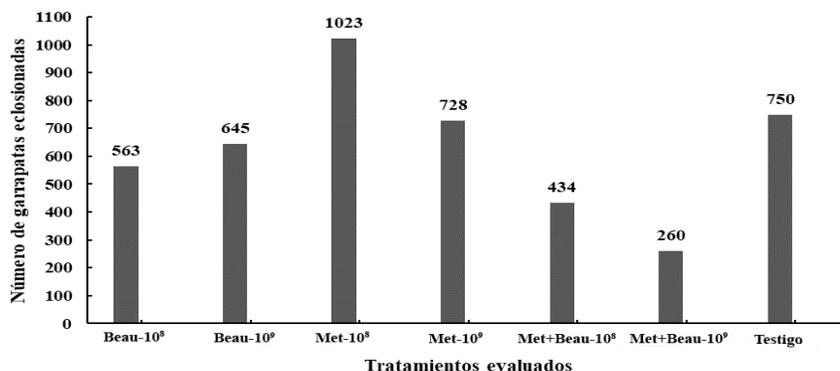


Figura 3. Total de *Rhipicephalus microplus* eclosionadas después de la inmersión en suspensiones de conidios de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*

Efecto de la concentración de conidios de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre los parámetros de ovoposición y potencial reproductivo de hembras adultas de *R. microplus*

En la tabla 2 se presentan la ovoposición estimada, porcentaje de inhibición de la ovoposición, eficacia reproductiva e inhibición de la eficacia reproductiva para cada uno de los tratamientos evaluados. En el caso de la ovoposición estimada para el tratamiento *Beauveria* 1x10⁸ fue de 1372 huevos y la menor ovoposición estimada fue para el tratamiento *M. anisopliae* 1x10⁸ con 864 huevos. Para la variable inhibición de la ovoposición, se encontró que el menor

porcentaje de inhibición fue encontrada en el tratamiento *Beauveria+Metarhizium* 1x10⁹, mientras que el resto de tratamientos se encontró el porcentaje de inhibición de la ovoposición en un rango de 11-13%. En los valores determinados para la eficacia reproductiva se encontró diferencia significativa ($P=0,049$), según análisis de Tukey, donde los rangos oscilaron entre los 1540 para *Beauveria* 1x10⁸ y 3860 para el tratamiento testigo. Al comparar el porcentaje de eficacia reproductiva para todos los tratamientos evaluados, se encontró que anduvo entre un margen de 12-18%, siendo el tratamiento *Beauveria* 1x10⁸ el que obtuvo menor eficacia. Al contrario, el

Tabla 2. Efecto de la concentración de conidios de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre los parámetros de ovoposición y potencial reproductivo de hembras adultas de *Rhipicephalus microplus*

Concentración (conidios mL ⁻¹)	Ovoposición estimada Media±EE	Inhibición de ovoposición (%) Media±EE	Eficacia reproductiva Media±EE	Inhibición de la eficacia reproductiva (%) Media±EE
<i>Beauveria</i> 1x10 ⁸	1372±116	12±1,4	1540±197 a	12±2,8
<i>Beauveria</i> 1x10 ⁹	907±205	12±0,0	2820±820 ab	28±8,4
<i>Metarhizium</i> 1x10 ⁸	864±306	11±0,0	1915±346 a	19±3,5
<i>Metarhizium</i> 1x10 ⁹	1100±240	11±0,7	2180±650 a	21±7,0
<i>Beauveria+Metarhizium</i> 1x10 ⁸	1243±299	13±0,0	1850±636 a	18±7,7
<i>Beauveria+Metarhizium</i> 1x10 ⁹	1123±38	10±1,4	2050±98 a	20±0,7
Testigo	1175±192	0	3860±820 b	0
Valor P	P=0,35	P=0,12	P=0,049	P=0,29

^{abc} Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas ($P>0,05$), según prueba de Tukey

tratamiento *Beauveria* 1×10^9 obtuvo el mayor porcentaje de inhibición de la eficacia reproductiva. En un estudio realizado por Bernardo *et al.* (2018) obtuvieron índices de nutrición con *B. bassiana* de 58,89-59,32% para las cepas IP361 y CG307. Por otra parte, Fernández-Salas *et al.* (2019) reportaron que la virulencia de los hongos con potencial para regular poblaciones de garrapatas depende de su susceptibilidad, factores como temperatura, tiempo de exposición a radiación y en algunos casos concentraciones elevadas de conidios aumentan la mortalidad incrementando el control del insecto plaga.

CONCLUSIONES

Los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* tienen un potencial acaricida sobre la garrapata *R. microplus* en diferentes concentraciones. La mezcla de *B. bassiana* y *M. anisopliae* a concentraciones de 1×10^8 y 1×10^9 tienen un efecto directo sobre la mortalidad de *R. microplus*, alcanzando el 50% de mortalidad a los 4 días, así como disminuyen el porcentaje de eclosión, el índice de nutrición y la inhibición de la eficacia reproductiva de las garrapatas. *M. anisopliae* con una concentración de 1×10^9 tuvo un mejor potencial acaricida que *B. bassiana* 1×10^8 y 1×10^9 de manera individual. Los resultados obtenidos en este estudio abren la posibilidad de incluir los hongos entomopatógenos en un programa de manejo integrado de garrapatas en bovinos a nivel nacional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este manuscrito agradecen a la Universidad Central de Nicaragua (UCN), al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y al Ministerio Agropecuario de Nicaragua (MAG) por su apoyo económico y de personal brindado en el desarrollo y ejecución de este trabajo de investigación. También agradecemos al M. Sc. Juan Oporta López por su apoyo como experto en el establecimiento del bioensayo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, investigación, metodología, gestión de proyectos, análisis de datos, redacción - revisión y edición: Edgardo Jiménez Martínez y Julio López Flores

Conservación de datos: Gabriela Bravo Flores

Recursos y obtención de financiación: Elmer Guillen Corrales

Redacción – borrador original: Ninoska Martínez Alemán y Valentina Méndez García

BIBLIOGRAFÍA

- BENNETT, G. F. 1974. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida: Ixodidae). Influence of tick size on the egg production. *Acarología*, 16 (1): 52–61.
- CASTRO-SAINES, M., RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, S., GÓMEZ-ORTEGA, M. y LÓPEZ-HERNÁNDEZ, A. 2024. Eficacia de hongos entomopatógenos sobre *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio. *Revista de Parasitología Veterinaria Tropical*, 39 (1): 45-55.
- DANTAS-TORRES, F., FERNANDES-MARTINS, T., MUNOZ-LEAL, S., CASTILHO-ONOFRIO, V. and BARROS-BATTESTIE, D. M. 2019. Ticks (Ixodida: Argasidae, Ixodidae) of Brazil: Updated species checklist and taxonomic keys. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 10: 101252.
- FRENCH, E. y HEBERT, T. 1988. *Métodos de Investigación Fitopatología*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Costa Rica, 289 p.
- GARCÍA-CORREDOR, D. J., RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I., PULIDO-MEDELLÍN, M. O., DÍAZ-ANAYA, A. M., ANDRADE-BECERRA, R. J. 2016. Evaluación *in vitro* de *Cordyceps bassiana* (Ascomycota: Sordariomycetes) en el control biológico de *Rhipicephalus microplus*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27 (1): 130-136.
- GERÓNIMO-TORRES, J., TORRES-CRUZ, M., PÉREZ-CRUZ, M., CRUZ-PÉREZ, A., ORTIZ-GARCÍA, C. and CAPPELLO-GARCÍA, S. 2016. Characterization of native isolates of *Beauveria bassiana* and its pathogenicity to *Hypothenemus hampei*, en Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 42 (1): 28-35.
- GÓMEZ-PEREIRA, P. y MENDOZA-MORA, J. 2004. Guía para la producción de *Metarhizium anisopliae*. Centro de Investigación de la caña de Azúcar del Ecuador, Publicación Técnica no. 5, Ecuador, 13 p.
- GONZÁLEZ, F. y CATÍN, M. 2020. Impacto productivo de enfermedades transmitidas por ga-

- rrapatas en bovinos nicaragüenses. *Revista Agropecuaria Nicaragüense*, 15 (2): 75-82.
- KHOURY, C., NEMER, G., GUILLOT, J., ABDEL NOUR, A. and NEMER, N. 2019. Expression analysis of the genes involved in the virulence of *Beauveria bassiana*. *Agri Gene*, 14: 1-6.
- LAGUNES-QUINTANILLA, B., RAMÍREZ-CRUZ, G. y JUÁREZ-TORRES, M. 2024. Manejo integrado de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en sistemas ganaderos tropicales. *Veterinaria y Zootecnia Tropical*, 42 (2): 95-108.
- LEGER, R. J. ST. and WANG, J. B. 2020. *Metarhizium*: Jack of all trades, master of many. *Open Biology*, 10: 20.
- MARQUES, S. M., OLIVEIRA, P. R. and TORRES, J. L. 2020. Economic and epidemiological impact of *Rhipicephalus microplus* in Latin American cattle. *Veterinary Parasitology*, 284: 109195.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, J., ABAD-ZAVALETA, J., GARCÍA-GÓMEZ, M. DE J., y NÚÑEZ-GAONA, O. 2023. 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*, 14 (3): 644-657.
- Microsoft Corporation. 2021. Microsoft Excel [Software de aplicación]. Microsoft. Disponible en: <https://www.microsoft.com> Consultado 05/09/2024
- MONZÓN-RUÍZ, V. M. 2016. Formulaciones de *Beauveria bassiana* (Bals y Vuils) para el manejo de plagas en el cultivo del repollo (*Brassica oleracea* L. var capitata) en el Tisey, Estelí. Tesis para optar por el título de Master en Agroecología, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, 71 p.
- NIKOLOFF, N., CARRANZA-MARTIN, A. C., FABRA, M. C. and FURNUS, C. C. 2021. Amitraz induced cytotoxic effect on bovine cumulus cells and impaired oocyte maturation. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (23): 29188-29199.
- PROIETTI, G. S. FALCONIERI, L., BERTINI, A., PASCALE, E., BIZZARRI, J., MORALES-SANFRUTOS, E., SABIDÓ, M., RUOCCO, M. M., MONTI, A., RUSSO, K., DZIURKA, M., CECI, F., LORETO, C. and CARUSO, F. 2023. *Beauveria bassiana* rewires molecular mechanisms related to growth and defense in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 74 (14): 4225-4243.
- PULIDO-MEDELLÍN, M., RODRÍGUEZ-VIVAS, R., GARCÍA-CORREDOR, D., DÍAZ-ANAYA, A. y ANDRADE BECERRA, R. 2015. Evaluación de la eficacia de la cepa maf1309 de *Metarhizium anisopliae* en el control biológico de garrapatas adultas de *Rhipicephalus microplus* en Tunja, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56 (2): 75-81.
- RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I., QUIÑONES, A. F. y FRAGOSO, S. H. 2005. Epidemiología y control de la garrapata *Boophilus* en México. En: RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I. (Ed.). *Enfermedades de importancia económica en producción animal*. McGraw-Hill-UADY, México, pp. 571-592.
- SALADA, D. 2005. Garrapata. Control químico y residuos. Disponible en: <https://www.bortagaray.com.uy/apuntes-tecnicos/control-garrapata> Consultado: 04/10/2024
- SOLORIO-RIVERA, J. L., RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I. y OJEDA-CHI, M. M. 2021. Resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus microplus*: implicaciones para el control en América Latina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12 (1): 135-149.
- SUMMER, A., MEREGHETTI, V., FAORO, F., BOCCHI, S. and AZMEH, F. 2019. Thermotolerant isolates of *Beauveria bassiana* as potential control agent of insect pest in subtropical climates, *PLoS ONE*, 14 (2): 1-13.
- UMARU, F. F. and SIMARANI, K. 2022. Efficacy of entomopathogenic fungal formulations against *Elasmolomus pallens* (Dallas) (Hemiptera: Rhyparochromidae) and their extracellular enzymatic activities. *Toxins*, 14: 584.
- VERTYPOROKH, L., HUŁAS-STASIAK, M. and WOJDA, I. 2020. Host-pathogen interaction after infection of *Galleria mellonella* with the filamentous fungus *Beauveria bassiana*. *Insect Science*, (27): 1079-1089.
- WANG, BO., TSAKIRIDIS, E. E., ZHANG, S. H., LLANOS, A., DESJARDINS, E. M., YABUT, M. J., ALEXANDER, G. E., DAY, E. A., SMITH, B. K., LALLY, J. S. V., HAN-WU, J., RAPHENYA, A. R., SRINIVASAN, K. A., MCARTHUR,

A. G., KAJIMURA, S. H., JAGDISH-SURESH, P., WADE, M-G., MORRISON, M. K., HOLLOWAY, A. C. and STEINBERG, G. R. 2021. The pesticide chlorpyrifos promotes obesity

by inhibiting diet-induced thermogenesis in Brown adipose tissue. *Nature Communications*, 12: 5163.

CITAR COMO:

JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, E., LÓPEZ-FLORES, J., BRAVO-FLORES, G., GUILLEN-CORRALES, E., MARTÍNEZ-ALEMÁN, N., MÉNDEZ GARCIA, V. 2025. Potencial acaricida de *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff sobre la garrapata *Rhipicephalus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae), en Nicaragua. *Centro Agrícola*, 52 (2025) e2451



Artículo de **libre Acceso** bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.