



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN ESPECIFICA DE CIENCIA ANIMAL

Trabajo de Tesis

**Control microbiano de la garrapata
Rhipicephalus (Boophilus) microplus mediante
el uso de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria
bassiana* en condiciones de campo, RACCS**

Autores:

Br. Eliezer Manuel González Ramírez
Br. Michael Eliel López Oporta

Asesores:

Lic. Logans Javier Guzmán Obando
Ph.D. Arnulfo Monzón Centeno
M.Sc. Juan J Oporta López

**Managua, Nicaragua
Abril, 2025**



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN ESPECIFICA DE CIENCIA ANIMAL

Trabajo de Tesis

**Control microbiano de la garrapata
Rhipicephalus (Boophilus) microplus mediante
el uso de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria
bassiana* en condiciones de campo, RACCS**

Autores:

Br. Eliezer Manuel González Ramírez
Br. Michael Eliel López Oporta

Asesores:

Lic. Logans Javier Guzmán Obando
Ph.D. Arnulfo Monzón Centeno
M.Sc. Juan J Oporta López

**Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado de
Licenciatura en Medicina Veterinaria**

**Managua, Nicaragua
Abril, 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la dirección Específica de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

Medicina Veterinaria en el grado de licenciatura

Miembros del Comité Evaluador

MV. Ana Karla García Rodríguez
Presidente

MSc. Mauricio D. Silva Torres
Secretario

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 22/Abril/2025

DEDICATORIA

A mis padres Félix Pedro López López y Maura Isabel Oporta Reyes, por su comprensión y ayuda en momentos difíciles, me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño.

También a mis hermanos quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme, a mi hermano Abel Antonio López Oporta que me concedió la oportunidad de llegar a la universidad y lograr cumplir mi sueño de superación profesional.

A mis amigos Katerin y Diexer Úbeda Cano que siempre me brindaron de su apoyo incondicional y por darme esas palabras de ánimo para seguir adelante en mi estudio.

Michael Eliel López Oporta

Ante todo, agradezco a Dios por haberme acompañado en este camino que he decidido emprender en esta vida, por habernos dado sabiduría, la persistencia y la paz. Por ser la fortaleza en momentos de debilidad y por brindarnos grande una vida llena de aprendizaje, experiencias y felicidad.

A mis padres Manuel Eduardo González Lazo y Amanda Emelina Ramírez Alemán, que ellos han sido un ejemplo de perseverancia a alcanzar nuestras metas con la ayuda de Dios. Por haberme motivado a seguir estudiando y apoyarme para lograr mi objetivo como hijo y ellos como padres de ver sus hijos triunfar en esta vida.

Le agradezco a mi hermano Eyner González Ramírez por estar apoyándome y ayudar a mis padres todo este tiempo de mis estudios, ya que él se ha convertido en un pilar fundamental para mí y mis padres.

A mis tíos Eliseo González y su esposa Arrlett Cambell quien nos han apoyado en la elaboración e interpretación del documento de investigación y darlo por culminado, y sobre todo por haberme presentado la oportunidad de estudiar en la Universidad Nacional Agraria.

A Diixer Úbeda y Katerine Morales, ellos fueron como mis segundos padres ya que siempre me apoyaron y estuvieron para mí en tiempos difíciles.

Eliezer Manuel González Ramírez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios primeramente haberme llenado de salud, fuerzas y entendimiento. Por haberme iluminado siempre y superar los obstáculos de cada una de las disciplinas presente en la formación académica. Por su gran y maravilloso amor que nos regala y nos permite que seamos una sola familia en este mundo.

A mis padres quienes fueron un pilar fundamental en mi formación ya que siempre estaban dándome consejos y llevándome por un buen camino, por sus esfuerzos que hacían día a día para poder ayudarme y regalarme un futuro mejor.

A todos mis maestros de la facultad por brindarme de su apoyo y paciencia para así transmitir a través del tiempo su conocimiento y sabiduría.

A mis maestros tutores que sin dudas me ayudaron de una manera incondicional, brindándome de su aporte y conocimiento científico para que yo pudiera culminar mi estudio.

Al maestro Lázaro Morejón que siempre me daba de sus consejos y apoyo en el momento difícil de mi formación académica.

Michael Eliel López Oporta

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme tener una buena experiencia en la universidad, gracias a la universidad por permitirme convertirme en un ser profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada docente que hizo parte de este proceso integral de formación. A todas aquellas personas que actuaron de forma directa o indirectamente gracias a todos por realizar un aporte para poder triunfar como profesional.

A mis asesores:

Al ing. Juan José Oporta López de la Universidad Nacional Agraria (UNA) sede Juigalpa, por la oportunidad que me brindó de realizar este trabajo bajo su asesoría, por compartir sus conocimientos e instarme con su ejemplo, por su amistad, paciencia, consejos, ideas y correcciones para la realización de la tesis.

Al PhD. Arnulfo Monzón Centeno, de la Facultad de Agronomía (FAGRO) por la oportunidad que me brindó de realizar este trabajo bajo su asesoría en conjunto al ing. Juan José Oporta López de la Universidad Nacional Agraria sede Juigalpa.

A la profesora M.Sc. Martha Nohemí Rayo Rodríguez la cual nos motivó a realizar este estudio bajo su asesoramiento y así poder culminar nuestros estudios.

Al profesor Lázaro Morejón quien es una gran persona que nos brindó su cariño y apoyo incondicional junto con su esposa doña Coquito, una gran mujer al cual agradezco de todo corazón su amor incondicional como una segunda madre en mi vida.

Eliezer Manuel González Ramírez

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PAGINA
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	III
INDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE ANEXO	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
III. MARCO DE REFERENCIA	5
3.1 Generalidades de las garrapatas	5
3.1.1 Clasificación taxonómica de la garrapata	5
3.1.2 Niveles taxonómicos de las garrapatas	6
3.1.3 Morfología de las garrapatas	6
3.1.4 Descripción general del ciclo de vida	7
3.2 Aspectos ecológicos de las garrapatas duras	7
3.3 Importancia veterinaria, económica y manejo integrado de las garrapatas	8
3.3.1 Importancia veterinaria de las garrapatas	8
3.3.2 Importancia económica	8
3.3.3 Manejo integrado de las garrapatas	9
3.3.4 Control químico	9
3.3.5 Depredadores naturales	9
3.3.6 Las vacunas contra las garrapatas	9
3.3.7 Uso de ganado resistente	10
3.3.8 Manejo de praderas	10
3.3.9 Control biológico	10
3.4 Hongos entomopatógenos y control de R.(B) microplus	11
3.4.1 Taxonomía de los hongos entomopatógenos	12
3.4.2 Modo de acción	13

3.4.3	Adhesión de los conidios	14
3.4.4	Penetración	14
3.4.5	Invasión	14
3.4.6	Colonización	15
3.4.7	Muerte	15
3.4.8	Emergencia	15
IV	MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1	Ubicación geográfica del área de estudio	16
4.2	Descripción de la finca	16
4.3	Diseño metodológico	16
4.3.1	Diseño experimental	16
4.4	Tratamientos evaluados	17
4.4.1	Pasos para la aplicación de los hongos	18
4.5	Fase de Campo	18
4.5.1	Aplicación de los tratamientos	18
4.6	Fase de laboratorio	19
4.7	Variables evaluadas	19
4.7.1	Número de garrapatas antes del tratamiento	19
4.7.2	Número de garrapatas después del tratamiento	20
4.7.3	Eficacia de control y porcentaje de infección en garrapatas	20
4.8	Análisis de datos	20
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1	Número de garrapatas antes del tratamiento	21
5.2	Población de garrapatas después de la aplicación de los tratamientos, muestreos cada 7 días	22
5.3	Aplicación de los tratamientos microbianos cada 15 días	26
5.4	Fluctuación de la población de garrapatas antes y después de los tratamientos.	28
5.5	Porcentaje de Infección por hongos en garrapatas	31
5.6	Ventajas y desventajas de los hongos entomopatógenos	31
VI.	CONCLUSIONES	33
VII.	RECOMENDACIONES	34
VIII.	LITERATURA CITADA	35
IX.	ANEXO	46

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	PAGINAS
Cuadro 1.Taxonomía de la garrapata R. (B) microplus según NCBI.	6
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados	17
Cuadro 3. Población inicial de garrapatas.	21
Cuadro 4. Población de garrapatas después de la primera aplicación de los tratamientos.	22
Cuadro 5. Población de garrapatas después de la segunda aplicación de los tratamientos	23
Cuadro 6. Población de garrapatas después de la tercera aplicación de los tratamientos.	24
Cuadro 7. Población de garrapatas después de la cuarta aplicación de los tratamientos	25
Cuadro 8. Población de garrapatas en tratamientos aplicados cada 15 días	26
Cuadro 9. Población de garrapatas en bovinos, después de la quinta aplicación de tratamientos en intervalos de 15 días	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PAGINAS
Figura 1.Área de ubicación del estudio	16
Figura 2.Fluctuación de la población de garrapatas antes y después de los tratamientos	29

INDICE DE ANEXO

ANEXOS	PAGINAS
Anexo 1. Garrapata infectada e incubación.	46
Anexo 2. Selección del hato a estudiar en grupos de 10 en la finca el Encanto en la comunidad la Aurora Kukra Rivers RAACS.	46
Anexo 3. Conteo de garrapatas antes de los tratamientos.	47
Anexo 4. Vaca infestada por garrapatas de forma natural.	47
Anexo 5. Preparación de los tratamientos.	47
Anexo 6. Aplicación de los tratamientos.	47
Anexo 7. Conteo de garrapatas post tratamientos.	47
Anexo 8. Preparación y recolecta de las garrapatas en el laboratorio.	47
Anexo 9. Preparación de los materiales en el laboratorio.	47
Anexo 10. Observación de las garrapatas en el microscopio.	47
Anexo 11. Garrapatas infectadas con los tratamientos.	47
Anexo 12. Incubación de las garrapatas en el laboratorio UNA Juigalpa.	47
Anexo 13. Ciclo biológico de Las garrapatas	47

RESUMEN

La ganadería bovina es una de las principales actividades productivas de Nicaragua con un aporte significativo a la economía y la generación de empleos. La garrapata común del bovino es principal ectoparásito que afecta la producción bovina. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial de hongos entomopatógenos *Hypocreales*, como agentes de control microbiano de la garrapata del ganado bovino *R.(B) microplus*. Se evaluó el efecto de *M. anisopliae* y *B. bassiana* sobre las poblaciones de *R.(B) microplus*, en condiciones de campo. Para la evaluación de los tratamientos, se estableció un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y diez repeticiones. Antes de la aplicación de los tratamientos, se realizó conteo de las teleginas de tamaño mayor a cuatro mm, para determinar número de garrapatas por vaca. Los tratamientos microbianos fueron diluidos en una solución acuosa con Tween 80 al 0.1 %, y se aplicó mediante baño por aspersión, 1 litro de solución por cada 100 kg de peso vivo del animal, empleando una aspersora tipo mochila. Siete días después de la aplicación de los tratamientos, se procedió a realizar nuevamente el conteo de garrapatas por animal, para determinar el número total de garrapatas en el bovino, se contaron las garrapatas presentes en un lado del bovino y se multiplicó por 2 (costado izquierdo y derecho). Los datos obtenidos se procesaron en el software estadístico infostat y se realizó un análisis de Kruskal-wallis, y se determinaron las diferencias estadísticas entre los tratamientos microbianos. Los resultados obtenidos en este estudio para el tratamiento *M. anisopliae* formulación en aceite se encontró una reducción del 61.77 % de la población de garrapatas en contraste con la taza de población inicial, mientras que en el tratamiento con *B. bassiana* fue de 60.31 %. En el tratamiento Amitraz se redujo la población de garrapatas hasta en un 95.72 %. Estos resultados nos indican la efectividad de los hongos entomopatógenos para el control de la garrapata común del bovino, pudiendo integrarse en programas de control integrado de garrapatas.

Palabras clave: Biocontroladores, Ectoparásitos, Control biológico, Formulaciones, Garrapaticidas y Artrópodos.

ABSTRACT

Cattle raising is one of Nicaragua's main productive activities with a significant contribution to the economy and employment. Sanitary conditions such as external and internal parasites are the main cause of low reproductive and productive indices in livestock. The aim of this study was to evaluate the potential of entomopathogenic Hypocreales fungi, as microbial control agents of the cattle tick *R. (B) microplus*, under field conditions. The entomopathogenic fungi *M. anisopliae* and *B. bassiana* were evaluated, using a completely randomized design with five treatments and 10 replications. Prior to application of the treatments, teleogynins bigger than four mm were counted to determine the initial number of ticks per cow. The microbial treatments were diluted in an aqueous solution with 0.1% Tween 80 %, and were applied by using a backpack sprayer. A volume of one liter of solution per 100 kg of live weight of the animal was used. Seven days after the application of the treatments, a teleogynin count was performed again. The data obtained were processed in the statistical software INFOSTAT and a Kruskal-wallis analysis was performed, and the statistical differences between the microbial treatments were determined. The results obtained in this study for the *M. anisopliae* oil formulation treatment found a 61.77% reduction in the ticks population in contrast to the initial population, while in the treatment with *B. bassiana*, the tick population decreased by 60.31%. The results with Amitraz reduced the initial tick population by up to 95. These results indicate the effectiveness of entomopathogenic fungi for the control of the common bovine tick, and can be integrated into integrated tick control programs.

Keywords: Biocontrollers, Ectoparasites, Biological control, Formulations, Tickicides and Arth

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es una de las principales actividades productivas de Nicaragua con un aporte significativo a la economía y a aspectos sociales relevantes, como la seguridad alimentaria y la generación de empleos. No obstante, a pesar de su contribución al crecimiento económico del país, se ha visto afectada por una serie de factores que ocasionan un bajo desempeño en sus indicadores técnicos, financieros, ambientales, sociales y sanitarios, los cuales generan un bajo valor en la cadena de producción de carne y leche (Van der Hoek et al., 2021).

Este estudio esta direccionado hacia la búsqueda de alternativas que contribuyan al control de plagas como la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a través del uso de hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*.

Las garrapatas son artrópodos macroscópicos, que suelen medir entre tres y ocho mm, son parásitos hematófagos que parasitan a varias especies de animales incluyendo al ser humano. Se clasifican en dos familias: duras llamadas *ixodidae* y blandas llamadas *argásidae* (Manzano et al., 2012).

Las condiciones sanitarias, son la principal causa de bajos índices reproductivos y productivos en la ganadería bovina nicaragüense, incluyendo principalmente la presencia de parásitos externos e internos (Espinoza, 2005).

En México se han registrado 82 especies de garrapatas tanto en animales silvestre como domésticos, siendo la garrapata *R. (B) microplus* la que mayor afecta el rubro de la ganadería, debido a su amplia distribución en regiones tropicales y sub tropicales causando importantes daños económicos (disminución de los parámetros productivos y reproductivos de los animales, así como también los costos de control), a esto se le suma los problemas de resistencia a ixodicidas y en enfermedades que esta trasmitten.(Rodríguez et al., 2005; Rodríguez Vivas et al., 2006).

En Nicaragua, los métodos para el control de garrapatas se fundamentan en la utilización intensiva de ixodicidas químicos, como organofosforados y piretroides sintéticos, que causan resistencia a los ixódidos. Por tal motivo, deben evaluarse alternativas que estén inmersas en el control integrado de parásitos, donde se destaca el uso de hongos entomopatógenos, dada su amplia distribución natural, bajo riesgo para la salud humana y animales, compatibilidad ambiental, alta virulencia sobre garrapatas y bajo costo (Tofiño et al., 2017).

En consecuencia, muchos autores han llevado a cabo estudios, como, por ejemplo; (Arguedas et al. 2008). Quienes entre 2003 y 2004 evaluaron la eficacia de *M. anisopliae* en el control de *R. (B) microplus* a través de un ensayo con fase *in vitro* e *in vivo*. Determinando la efectividad del hongo sobre los distintos estadíos, encontrando reducción en la eclosión de huevos, elevada mortalidad de larvas y teleoginas, así como la disminución del número de garrapatas por animal (Agudelo et al., 2021).

Se han descrito diversos estudios, *in vitro* e *in vivo*, en diferentes países latinoamericanos para el control de garrapatas *R (B) microplus*, utilizando hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana*, encontrando una eficacia desde 76% hasta 99% en estudios *in vitro*, dependiendo de la concentración de conidios. Mientras que en los estudios *in vivo*, se ha obtenido del 50% hasta 90% de eficacia, tomando en cuenta las condiciones medio ambientales en el que el hongo entomopatógeno está expuesto (Arguedas et al., 2008; Bautista et al., 2017 y López et al., 2009).

En Nicaragua se han llevado a efecto estudios con los hongos *Isaria fumosorosea*, *B. bassiana* y *M. anisopliae* para el control de garrapatas en condiciones de laboratorio, obteniendo entre 84% con *B. bassiana* y 92% de mortalidad con *M. anisopliae*, además de estudios histopatológicos encontrándose daños en ovarios y huevos de *R. (B) microplus*, sin embargo, los estudios en condiciones de campo no se han realizado con estas cepas de hongos (Oporta, 2017; Oporta, 2022).

En correspondencia con este estudio, se evaluó el hongo entomopatógeno *B. bassiana* para la regulación de las poblaciones de garrapatas *R. (B) microplus*, en la hacienda la Esperanza, municipio Mina El limón, del departamento de León en el periodo de abril 2006 a agosto 2007. Encontraron un 50% de efectividad sobre el control de la infestación de garrapatas en bovinos bajo condiciones de campo (Delgadillo et al., 2007).

Podemos citar un estudio realizado en el 2012 titulado Evaluación de la Patogenicidad y Esporulación del hongo Entomopatógeno *M. anisopliae* (Metsch Sorokin) cepa (Metagreen) en control de garrapata del ganado *R. (B) microplus*. En su fase parasítica en estado ninfal en dos etapas: en el Laboratorio de hongos Entomopatógenos de la UNAN - León y Finca Las Mercedes del Municipio de Malpaisillo. En la etapa de campo la mortalidad fue de 94%, estas murieron a los cinco días después de realizada la aplicación del hongo a las vacas (Hurtado et al., 2012).

La importancia de este trabajo radica en evaluar la eficacia de los hongos (*M. anisopliae* y *B. bassiana*), como biocontroladores de la garrapata común del bovino *R. (B) microplus*, bajo condiciones de campo, como una alternativa al control químico. Además, surge como una alternativa para facilitar a los ganaderos nuevas opciones en la regulación de las poblaciones de garrapatas, de esta forma se obtienen los subproductos inocuos y libres de alguna perturbación que incida en su comercialización y consumo humano.

El impacto de esta propuesta como una alternativa en el control de la garrapata *R. (B) microplus*, se centra en los beneficios ambientales y económicos, dado a que los costos de control de plagas son relativamente bajos al utilizar productos naturales propiciando un equilibrio entre el ser humano y el medio ambiente.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Generar alternativas para el control de la garrapata *R. (B) microplus* mediante el uso de hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana* bajo condiciones de campo

2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la efectividad biológica de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en el control de garrapatas en ganado bovino, en condiciones de campo.
2. Evaluar la eficacia del garrapaticida Amitraz en contraste con los hongos entomopatógenos
3. Describir el efecto de los bioplaguicidas *M. anisopliae* y *B. bassiana* y del plaguicida Amitraz, sobre la fluctuación poblacional de garrapatas en condiciones de campo.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Generalidades de las garrapatas

Según Polanco y Ríos (2016) Las garrapatas se encuentran distribuidas en áreas tropicales, subtropicales y zonas templadas. Según Manzano et al. (2012). De acuerdo con sus características morfológicas y fisiológicas, las garrapatas se clasifican en dos grandes familias, garrapatas duras (*ixodidae*) y blandas (*argásidae*), las cuales pasan por varias fases de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto; refugiándose en madrigueras y la vegetación, a la espera de un hospedero y así alimentarse (Manzano et al., 2012 y Polanco y Ríos, 2016).

3.1.1 Clasificación taxonómica de la garrapata

Guglielmone et al., (2010) afirma que la familia *Ixodidae* contiene seis subfamilias: *Ixodinae*, *Bothriocrotoninae*, *Amblyomminae*, *Haemaphysalinae*, *Hyalomminae* y *Rhipicephalinae*, dentro de estas se encuentran los géneros tales como: *Ixodes* con más de 243 especies, *Haemaphysalis* con 166 especies, *Rhipicephalus* con 87 especies, *Dermacentor* con 34 especies, *Hyalomma* con 27 especies y *Amblyomma* con 130 especies, siendo estos géneros de mayor interés en medicina veterinaria.

3.1.2 Niveles taxonómicos de las garrapatas

Cuadro 1.Taxonomía de la garrapata R. (B) microplus según NCBI.

División	Metazoa
Reyno:	<i>Arthropoda</i>
Subphylum:	<i>Chelicerata</i>
Clase:	<i>Arachnida</i>
Subclase:	<i>Acari</i>
Superorden:	<i>Parasitiformes</i>
Orden:	<i>Ixodida</i>
Superfamilia:	<i>Ixodoidea</i>
Familia:	<i>Ixodidae</i>
Subfamilia:	<i>Rhipicephalinae</i>
Género:	<i>Rhipicephalus</i>
Subgénero:	<i>Boophilus</i>
Especie:	<i>Microplus</i>
Nombre binomial:	<i>Rhipicephalus microplus</i>

Fuente: NCBI. (National Center for Biotechnology Information, 2015)

3.1.3 Morfología de las garrapatas

Las garrapatas tienen un cuerpo redondeado, tienen las piezas bucales separadas del idiosoma, recibiendo el nombre de capítulo. Presentan una placa esclerotizada en la superficie dorsal, (Escudo). En los machos recubre por completo la superficie dorsal, mientras que en las hembras este escudo se restringe a la mitad anterior, del que reciben su calificativo de garrapatas duras (Estrada, 2015).

El escudo limita la expansión del cuerpo en los machos debido a su rigidez. Dado que las hembras y los estadíos inmaduros deben ingerir una gran cantidad de sangre durante su alimentación, pueden dilatar su volumen corporal gracias a la síntesis de nueva cutícula. En el estadío adulto las garrapatas presentan las llamadas placas espiraculares, en las que se origina el sistema de traqueolas respiratorias. Estas placas aparecen a los lados del cuerpo de las garrapatas, con excepción de las larvas, poseen cuatro pares de patas, con seis segmentos uno de ellos anclado a la cara ventral del idiosoma (Estrada, 2015).

3.1.4 Descripción general del ciclo de vida

El ciclo de vida de las garrapatas duras se inicia con la eclosión del huevo ovipositado por la garrapata hembra grávida en un sitio húmedo y protegido, del cual emerge la larva. Esta permanece resguardada para evitar la desecación y después de una semana, busca un huésped del cual alimentarse. El tiempo que se tarda la garrapata en alimentarse, varía de acuerdo con el estado de desarrollo en que se encuentre; las hembras de las garrapatas duras se alimentan de sus hospedadores por un período de 7 a 12 días y nunca por menos de 5, mientras que los estados de larva y ninfa se alimentan por períodos de tiempo cortos y los machos se alimentan intermitentemente y permanecen en su hospedador por semanas o meses. Polanco y Ríos, (2016).

Las garrapatas mudan en el estado de ninfas sobre el hospedador para posteriormente darse la diferenciación sexual (macho y hembra), estos copulan, las hembras se ingurgitan con sangre (teologinas) y finalmente caen al suelo para desovar e iniciar un nuevo ciclo, mientras que los machos permanecen en el huésped apareándose con nuevas hembras. Ver en anexo 14. Anderson y Magnarelli. (2008).

3.2 Aspectos ecológicos de las garrapatas duras

La ecología de las garrapatas gira en torno a una serie de eventos clave para su supervivencia basado en la búsqueda activa de un hospedador para aproximarse y subirse a él. A demás percibir diversos datos del ambiente (como la temperatura o la humedad), o la presencia de garrapatas de la misma o de otra especie, a través de los órganos sensoriales como las setas. Existe otro proceso de desarrollo en las garrapatas para intentar optimizar el encuentro con el huésped. Se trata de la diapausa, una estrategia que está basada, como la hibernación en los mamíferos (Estrada, 2015).

3.3 Importancia veterinaria, económica y manejo integrado de las garrapatas

3.3.1 Importancia veterinaria de las garrapatas

Es de mucha importancia en la medicina veterinaria, dar a conocer que las garrapatas al ser un parásito obligado y vector de un importante número de enfermedades parasitarias, bacterianas y víricas, que causan considerables tasas morbilidad y mortalidad muchas de ellas son zoonóticas, que ocasionan altas pérdidas económicas en el sector agropecuario (Estrada, 2015).

Las afecciones causadas por agentes hemotrópicos parasitarios están distribuidos en varios países. Afectando considerablemente el ganado de carne como de leche, provocando bajas en la producción. Entre aquellos encontramos a especies del género *Anaplasma* (*Anaplasma marginale*), y varios del género *Babesia* (*B. bigemina* y *B. bovis*), y *Trypanosoma* (*Trypanosoma vivax*), con una frecuencia endémica y con variaciones estacionales (Yáñez, 2013).

3.3.2 Importancia económica

Pfäffle et al., (2009). Afirma que el impacto económico negativo que causan los ectoparásitos, se debe esencialmente a los bajos rendimientos productivos en leche ocasionando una reducción de 0.3 litros/día por animal, en carne las pérdidas van de 15 a 40 kg y las muertes del ganado bovino en Nicaragua están influenciada en un 60% (Cordón, 2012).

Debido a la extracción de volúmenes considerables de sangre, la garrapata hembra, es responsable de la pérdida de 0,25 a 1,37 gramos de peso corporal de los bovinos (Jonsson, 2006). También provocan daños en la piel, generándose infecciones secundarias por bacterias o por larvas de moscas; disminución en la fertilidad; estados de anorexia que llevan a un menor tiempo de crecimiento y ceba de los animales. Por otra parte, la presencia de estos ectoparásitos provoca dificultades en la adaptación al ambiente tropical de razas mejoradas o importadas para incrementar la calidad genética y la productividad ganadera Pfäffle et al., (2009).

3.3.3 Manejo integrado de las garrapatas

Consiste en la apropiada combinación de al menos dos herramientas de control para romper el equilibrio de poblaciones de garrapatas en los bovinos, donde implica primeramente la selección de razas bovinas resistentes a garrapatas, manejos de praderas rotativos, productos naturales, vacunas anti garrapatas, uso de productos químicos y el control biológico (Rodríguez et al., 2014).

3.3.4 Control químico

Está basado en el conocimiento del ciclo biológico del parásito y evita que las formas parasitarias lleguen al estado de teleogina, utilizando un acaricida eficaz cada 21 días, evitando de esta manera la presencia del *R. (B) microplus* con capacidad reproductiva y así impedir su fase de desarrollo a adulto, mediante tratamientos de rutina químicos (Cardozo y Franchi, 1995).

Entre los grupos químicos más utilizados para el control de las garrapatas en la mayoría de los países se encuentran: Organofosforados y carbamatos, piretroides, fenilpirazolonas, amitraz (formamidinas), inhibidores de quitina y lactonas macrocíclicas (Ivermectinas). Se debe aclarar que este tipo de compuestos no se consideran acaricidas, sino coadyuvantes en el control, se trata de compuestos llamados endectocidas (Benavides et al., 2016, p.64).

3.3.5 Depredadores naturales

Según Rodríguez et al., (2014); Ojeda-Chi et al., (2011) en América Latina existen algunas garzas y pájaros que son depredadores naturales de garrapatas. También existen algunas especies de hormigas con efecto depredador en la población de garrapatas.

3.3.6 Las vacunas contra las garrapatas

Actualmente se cuenta comercialmente con dos vacunas contra *R. microplus* denominadas TickGARDPLUS-® en Australia y Gavac™ en América Latina. Las vacunas contienen el antígeno Bm86 que es una glicoproteína aislada de *R. (B) microplus* que se encuentra predominantemente en las células del intestino de la garrapata. Este gen Bm86 de *R. (B) microplus* se expresa en los huevos pocos días después de la oviposición, en las larvas sin alimentarse y alimentadas, ninfas y machos y hembras adultas (Rodríguez et al., 2014).

Subsecuentemente este mismo antígeno fue obtenido de la cepa cubana Camcord, el cual se clonó y expresó en la levadura *Pichia pastoris*, donde se obtuvo en forma glicosilada y particulada, mostrando una protección de aproximadamente 91%. Este antígeno es comercializado bajo el nombre GAVAC®. Actualmente se sabe que esta vacuna reduce el uso de acaricidas en un 95% en el sitio donde fue desarrollada, además de que disminuye 10 veces el índice de hemoparásitos y muertes causadas por estos (Suárez et al., 2007; Rodríguez et al. 2001, y Canales et al., 1997).

3.3.7 Uso de ganado resistente

Madalena et al., (1985); Utech et al., (1978). Refiere que la utilización de razas de ganado resistente, especialmente el *Bos indicus* o Cebú, es una de las más exitosas alternativas. La resistencia del ganado a las garrapatas se debe a actitudes de comportamiento y reacciones inmunitarias que cada animal adquiere, a medida que va en desarrollo. Las razas cebuinas presentan una gran habilidad para adquirir resistencia, mientras que en la mayoría de las razas europeas es pobre.

3.3.8 Manejo de praderas

Se basa principalmente en el sistema de rotación de potreros acortando el ciclo reproductivo y reducir la población de larvas de garrapata en ellas, incrementando sus probabilidades de morir antes de encontrar un huésped. En condiciones tropicales en países ecuatoriales se estima que praderas vacías entre 4 a 6 semanas tiene un efecto importante en la población de garrapatas (Nari et al., 2003) y por ello, no representan un riesgo parasitario inmediato para los animales que allí pastorean (Benavides et al., 2016; Benavides et al., 2001 y Nari et al., 2003).

3.3.9 Control biológico

En el año 1995 surge la Organización Internacional de Lucha Biológica (IOBC por sus siglas en inglés: International Organization for Biological Control) que promueve métodos ambientalmente seguros para el control de plagas y enfermedades. Ellos definen control biológico como “La utilización de organismos vivos o sus productos, para impedir o reducir (no eliminar) las pérdidas o daños ocasionados por los organismos nocivos” (OIBC, 2013).

El uso de organismos vivos para el control de plagas ha tenido una gran difusión en agricultura, sin embargo, la complejidad de su desarrollo y utilización en veterinaria ha limitado mucho su aplicabilidad. El problema más difícil de resolver continúa siendo el paso de los productos del laboratorio a las condiciones existentes en el campo, donde deben adaptarse, ser eficientes y sobre todo ser fácilmente aplicables en la práctica de las condiciones ganaderas (Jongejan y Uilenberg, 2004; Willadsen, 2006 y OIBC, 2013).

3.4 Hongos entomopatógenos y control de *R.(B) microplus*

La primera descripción sobre un organismo entomopatógeno fue realizada en el año 1835, cuando el naturalista italiano Agostino Bassi observó como una enfermedad que el mismo denominó “mal del sueño” o “muscardina”, afectaba al gusano de seda y era capaz de contagiar a otros individuos al ponerlos en contacto con un cadáver infectado. Dicho organismo correspondía al hongo *B. bassiana* (Lord, 2005 y Steinhaus, 1956).

Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga, encontrándose presentes en forma natural en el medio ambiente, en el suelo, en restos de cultivos, sobre los cadáveres de insectos, obteniendo su nutrición de otros organismos o de materia orgánica. Gómez H, et al., (2014).

Los hongos entomopatógenos poseen extrema importancia en el control de ectoparásitos; virtualmente todos los ectoparásitos son susceptibles a las enfermedades fungosas y existen aproximadamente 700 especies de hongos entomopatógenos, de las cuales sólo el 10 % se usan para el control de insectos. Los hongos que han sido evaluados para el control de *R.(B) microplus* son *L. lecanii*, *C. bassiana* y *M. anisopliae*, los cuales han demostrado tener potencialidad para el control de distintas fases de desarrollo de las garrapatas huevo, larva, ninfa y adulto (Ojeda et al., 2011).

Lord (2005). Deduce que el *M. anisopliae* fue descrito a partir de las observaciones realizadas por el entomólogo ruso Eli Metchnikoff, a una enfermedad presentada por el “escarabajo de los granos”. Entre 1879 y 1884, Metchnikoff junto a su discípulo Krassiltschik, fueron los primeros en proponer el uso de microorganismos causantes de enfermedades en insectos, como estrategia para el control de plagas en los cultivos agrícolas.

En 1974, el uso de organismos entomopatógenos para el control de parásitos en el ganado fue reportado en la Unión Soviética, con preparaciones como Entobakterin y Dendrobacillin, elaboradas a partir de esporas y endotoxinas de *Bacillus thuringiensis*, y *Boverin*, una solución de conidias del hongo *B. bassiana* (Abdigoudarzi, 2009).

Poseen una amplia distribución geográfica, rango de huésped y capacidad de causar brotes enzoóticos y epizoóticos. Además, son relativamente sencillos de producir y formular. Sin embargo, su eficacia se puede ver limitada, debido a que son dependientes de factores medioambientales como la temperatura, humedad relativa y radiaciones ultra violeta (Alves et al., 1998).

La especie posee cuatro variedades que forman un complejo: *M. anisopliae* var. *anisopliae*, *M. anisopliae* var. *majus*. *M. anisopliae* var. *acridum* y *M. anisopliae* var. *lepidiotae*. Las mismas se diferencian por el tamaño de sus conidios y por la especificidad de hospederos, teniendo mayor espectro de hospederos *M. anisopliae* var. *Anisopliae* (Bischoff et al., 2009). *M. anisopliae* es muy diverso genéticamente. Para llegar a la identificación del mismo existen claves micro y macro morfológicas (Brady 1979) como también técnicas más precisas de caracterización molecular (Fernández et al., 2010).

En un trabajo sobre caracterización de especies de *Metarhizium* mencionan que las colonias sembradas en medio PDA (Papa dextrosa agar) son aterciopeladas, miden >70 mm, predominantemente de color verde oscuro, verde claro, blanco o marrón y la gran mayoría de aislamientos presentaban un borde blanco de espesor variable (Fernández et al., 2010). En un comienzo son de color blanco y se tornan amarillentas durante el desarrollo de los conidios para pasar a verde hacia los 10-14 días, con la maduración de los conidios. El hongo *M. anisopliae* también se desarrolla bien en SDA (Sabouraud dextrosa agar) (Bischoff et al., 2009).

3.4.1 Taxonomía de los hongos entomopatógenos

Las especies más importantes se distribuyen en las clases de los *Zigomicetos* (orden *Entomophthorales*), *Deuteromicetos* (*Hifomicetos*) y *Ascomicetos* en particular los géneros *Cordyceps* y *Torrubiella* originan micosis en diferentes taxones de Artrópodos, los *Deuteromicetos*, en concreto los *Hifomicetos*, contienen el mayor número de especies entomopatógenas. (Araujo E y Henrique E, 2008-2009; Gillespie y Moorhouse, 1989).

Los hongos entomopatógenos, miembros de la clase *Hifomicetos*, se caracterizan porque forman micelio que originan esporas asexuales denominadas conidias a partir de células conidiógenas especializadas, formadas en hifas simples o ramificadas denominadas conidióforos o en agrupamientos de conidióforos denominado synema, aunque algunas especies pueden producir esporas de reposo denominados clamidosporas (Inglis et al., 2001).

En la clase de los *Hifomicetos* se encuentran una gran variedad de especies que se utilizan en el control microbiano y presentan un amplio rango de insectos intermediarios que incluye afidios, moscas blancas, trips, termitas, langostas, *coleópteros*, *lepidópteros*, *dípteros*, *himenópteros* entre otros. Destacando los géneros de hongo más importantes *Aschersonia*, *Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Inglis et al., 2001).

Zimmermann, (1993) y Webster et al., (2017) mencionan que, al existir una alta variabilidad genética de hongos, hay numerosos aislados y cepas con diversos grados de virulencia, especificidad, capacidad de conidiación y resistencia. Por lo tanto, se deben realizar ensayos para seleccionar la cepa más virulenta contra el huésped específico que queremos controlar.

Las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo del hongo son principalmente la temperatura, entre 25-30°C, ya que ésta es determinante en los tiempos de crecimiento, esporulación y germinación; humedad relativa, entre 85 y 100% y la menor exposición a radiaciones UV-A y sobre todo a UV-B ya que los conidios son susceptibles a las mismas (Fargues et al., 1997; Ouedraogo et al., 1997 y Carrillo, R y Blanco, A, 2009).

Su forma más importante de dispersión son los conidios los cuales se adhieren al exoesqueleto de sus huéspedes comenzando así la infección. La forma de contagio más común es por contacto directo con el hongo, también existe la transmisión horizontal, de un individuo infectado a uno sano (Gutiérrez et al., 2016; Fargues et al., 1997; Ouedraogo et al., 1997; y Carrillo, R. y Blanco, L, 2009;).

3.4.2 Modo de acción

El ciclo patogénico del hongo se divide en seis etapas que son: Adhesión de esporas, penetración, invasión, colonización, muerte y emergencia de estructuras del hongo sobre la epicutícula (Ojeda et al., 2011).

3.4.3 Adhesión de los conidios

Inicia al momento que los conidios se adhieren a la superficie del insecto, posterior a las 24h de la infección, iniciando de esta manera el hongo el proceso patogénico (Ojeda et al., 2011).

3.4.4 Penetración

La principal vía de penetración se da a través del tegumento. Una vez que los conidios se adhieren a la cutícula del artrópodo, estos germinan y se forma un tubo germinativo que invaden la cutícula, se forman estructuras denominadas apresorio y penetran la superficie de la cutícula, en casos especiales, la penetración también se da a través del aparato bucal, orificio anal y genitales (Ojeda et al., 2011).

En combinación de procesos físicos y enzimáticos, el hongo tiene la capacidad para sintetizar enzimas hidrolíticas tales como proteasas, lipasas, amilasas y quitinasas, proceso que ocurre 48h post infección, la primera barrera para la penetración es la epicutícula blanco potencial para la acción de lipasas específicas (enzimas producidas por *M. anisopliae*) relacionadas con la pre-penetración y crecimiento en la cutícula del hospedero. Además, posee la proteína quinasa A, importante para la diferenciación de las estructuras apresoras, penetración y degradación de la cutícula, adquisición de nutrientes, regulación de pH, síntesis de lípidos, control del ciclo celular y del citoesqueleto. (Ojeda et al., 2011).

3.4.5 Invasión

A las 96h pos infección las hifas colonizan el huésped y emergen de la cutícula. Una vez dentro del insecto, el hongo se disemina vía hemolinfa y produce blastosporas y cuerpos filamentosos de hifas que invaden el sistema inmune del hospedero y se multiplican rápidamente en los tejidos. Además, producen dos familias de toxinas que son las destruxinas y las citocalasinas. De la primera familia se han aislado 14 toxinas, de las cuales las más comunes son: A, B, C, D, diestmetil-destruxina B y protodestruxina. En la segunda, se encuentra la citocalasina A y D. La función de estas toxinas es inhibir el sistema inmunológico del artrópodo, causando su muerte, además tiene efecto sobre la fecundidad y viabilidad de los huevos incubados. (Ojeda et al., 2011).

3.4.6 Colonización

La colonización del hongo en los órganos del artrópodo se produce en la siguiente secuencia: cuerpos grasosos, sistema digestivo, tubos de malpigo, hipodermis, sistema nervioso, músculos y tráquea. Según Ojeda et al., (2011). La penetración del hongo en los órganos ocurre al quinto día pos infección invadiendo también los órganos reproductivo y digestivo.

3.4.7 Muerte

Esta se debe a las micotoxinas, cambios patológicos en el hemocele, acción histolítica y bloqueo mecánico del aparato digestivo, secundario al crecimiento de las hifas (Ojeda et al., 2011).

3.4.8 Emergencia

Se produce después de la muerte del insecto y cuando las condiciones de humedad relativa son adecuadas. La emergencia del micelio se realiza a través del tegumento, crece en la superficie y esporula después de 48 a 60 h de la muerte del hospedero (Ojeda et al. 2011).

Los hongos tienen la ventaja de poder infectar estadios que no se alimentan, como los huevos. Como desventaja, si el parásito está mudando, la germinación se perderá con la muda. Generalmente invaden sitios con alta humedad local y poco esclerosados como espiráculos, piezas bucales, o pliegues intersegméntales (Bittencourt et al., 1998 y Wang y St Leger, 2007).

Lemke, (1994). Al ser hemibiotrófos, logran continuar viviendo en el cadáver como saprófitos, las hifas invaden órganos internos hasta agotar los nutrientes y luego, en condiciones favorables, emergen y forman nuevamente las esporas las que podrán diseminarse por el ambiente para recomenzar el ciclo en otros individuos.

Se ha comprobado que las distintas poblaciones de garrapatas tienen una gran variación en cuanto a la susceptibilidad frente al hongo (Webster et al., 2017). Las garrapatas tienden a ser naturalmente más tolerantes a las infestaciones fúngicas ya que se sabe que se requieren mayores concentraciones de conidios para alcanzar la mortalidad y a su vez no existen reportes de epizootias naturales (Angelo et al., 2010 y Fernández *et al.*, 2010).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad La Aurora, Kukra Rivers, finca el Encanto municipio Bluefields-RACCS. El Municipio está ubicado entre las coordenadas 12° 00' de latitud norte y 83° 45' de longitud oeste, durante el periodo comprendido de enero – abril 2023.

Figura 1. Área de ubicación del estudio



Fuente: Google maps

La comunidad limita al Norte con Mahagany, al Sur con Santo Tomas de Mazallón al Este con Buenos Aire y al Oeste con Los limones. Esta comunidad se ubica a 45 km de la cabecera municipal Bluefields y a 347 km de la ciudad capital Managua (Lanuza y Ruiz, 2019, p.1).

4.2 Descripción de la finca

La Finca El encanto está ubicado a 600 metros sur-este del poblado La Aurora Kukra Rivers a una altura de 20 msnm, correspondiendo a la clasificación de Bosque Muy Húmedo Tropical, con suelos que presentan acidez fuerte, aproximadamente entre 4,8 y 5,6 de pH. La temperatura promedio anual es de 27 ± 1 °C, variando desde los 24,7 °C en diciembre a los 29 °C en marzo, el régimen lluvioso se sitúa entre 2,800 y 4,000 mm anuales, el promedio anual es de 4,481 mm, con lluvias durante todo el año y humedad Relativa Promedio Anual es de 89% (Oca et al., 2008-2009, p.491).

4.3 Diseño metodológico

El estudio consistió en una investigación experimental de campo, en la que se evaluó el efecto de dos tipos de formulaciones del hongo *M. anisopliae* y *B. bassiana*, comparados con un tratamiento químico sintético, en el control de las garrapatas en ganado bovino bajo pastoreo.

4.3.1 Diseño experimental

Los bioensayos fueron establecidos a través de un diseño completamente aleatorizado (DCA), con cinco tratamientos y diez repeticiones. La unidad experimental y unidad de

observación estuvo constituida por animales individuales, utilizando 10 animales para cada tratamiento, para un total de 50 bovinos, que fueron seleccionados aleatoriamente de un hato de 150 bovinos que posee la finca. Las razas que se utilizaron para los experimentos fueron: *Bos primigenius taurus* (Holstein y pardo suizo), *Bos primigenius indicus* (Brahman y Gyr) y cruces (Pardo-Brahman, Holstein-Brahman).

Los tratamientos evaluados consistieron en tres productos microbianos, dos a base del hongo *M. anisopliae*, uno a base del hongo *B. bassiana*. Además, se utilizó un garrapaticida sintético (Amitraz al 12.5%) como testigo relativo y un testigo absoluto en el que se utilizó agua. (Cuadro 2).

Los bovinos fueron seleccionados de acuerdo a su edad, peso y raza, con el propósito de obtener grupos homogéneos. Fueron sometidos a un sistema de pastoreo, sin recibir tratamiento acaricida por un período de 45 días previos al experimento.

4.4 Tratamientos evaluados

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Producto	Tipo formulación	de Ingrediente activo	Concentración
1	<i>M. anisopliae</i>	Polvo mojable	Conidios de <i>M. anisopliae</i>	1×10^7 conidias/ml
2	<i>M. anisopliae</i>	Solución líquida	Conidios de <i>M. anisopliae</i>	1×10^7 conidias/ml
3	Bovitraz EC 12,5%	Concentrado emulsionable	Amitraz	1ml/lit de agua
4	<i>B. bassiana</i>	Polvo mojable	Conidios de <i>B. bassiana</i>	1×10^7 conidias/ml
5	Agua	-	-	1lt/100kg

Fuente: (Innovación Agroveterinaria, 2019 y Oporta, 2017).

Los productos microbianos fueron obtenidos del laboratorio de hongos entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y del Laboratorio de Biología del CUR UNA Juigalpa.

4.4.1 Pasos para la aplicación de los hongos

- Leer detenidamente la etiqueta del producto fabricado.
- Colocar la dosis recomendada (1gr/20lt) en un recipiente con agua seis horas antes de la aplicación, agitarla cada cinco minutos cada dos horas para lograr una dilución homogénea y así obtener una mejor activación del hongo.
- Filtrar la solución de los hongos antes de depositarlo en la bomba.
- Debe aplicarse preferiblemente por la tarde, para aprovechar la temperatura optima de la noche.
- Bañar el ganado tomando en cuenta las dosis (1lt/100kg).
- Guardar las normas básicas de seguridad, debido a que en algunos casos pueden provocar reacciones alérgicas.

4.5 Fase de Campo

4.5.1 Aplicación de los tratamientos

De manera previa a la aplicación de los tratamientos, se separaron los bovinos en grupos de 10, en el embudo del corral, inmovilizando a estos con sogas de mecate y de esta manera asegurar la integridad física del animal y del personal.

El número inicial de garrapatas se determinó, mediante un conteo de las teologinas que presentaban una longitud mayor a 4 mm, para lo que se utilizó una regla milimétrica. Para determinar el número total de garrapatas en los bovinos, se contaron las garrapatas presentes en un lado del bovino y se multiplicó por dos (costado izquierdo y derecho).

Los tratamientos microbianos fueron aplicados en agua con Tween 80 al 0.1 %. La aplicación se realizó mediante baño por aspersión, 1 litro de solución por cada 100 kg de peso vivo del animal, empleando una aspersora manual de espalda (bomba de mochila). Se realizaron seis aplicaciones, con una frecuencia semanal durante el primer mes y quincenal durante el segundo. El conteo de teologinas se realizó siete días después de cada aplicación de los tratamientos, utilizando el mismo método empleado para el conteo inicial y así determinar el número total de garrapatas en los grupos tratados de bovinos, para un total de siete muestreos.

El Amitraz se aplicó sin Tween ya que el amitraz no tiene una vida útil a largo plazo en mezclas con algunos agentes disolventes, que son óptimos para otros agentes antiparasitarios con los que se pueden combinar; por otra parte, el amitraz puede tener buenos resultados al combinarlos con el disolvente xileno y actuar por sí solo con un pH entre los 12 a 14 de alcalinidad (Schleske 2011).

Para el grupo control (agua) se aplicó de la misma forma que en los otros tratamientos, pero usando únicamente agua a razón de uno litro de agua, por cada 100 kg/p. vivo.

4.6 Fase de laboratorio

En el laboratorio se determinó el porcentaje de infección ocasionado por cada tratamiento microbiano; para ello, 72 horas después de la aplicación de los tratamientos, se desprendieron cinco garrafas adultas por cada bovino, para un total de 50 garrafas de cada grupo. Las garrafas se llevaron al laboratorio, estas fueron desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2% posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril, luego se dejaron en incubación en cámara húmeda, 90% de humedad y temperatura 24°C, durante un periodo de 5 días.

A los cinco días después de la incubación se determinó el porcentaje de infección en garrafas, realizando revisión microscópica y macroscópica, de signos del hongo, en el cuerpo de la garrapata, y se determinó mediante la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de infección} = \frac{\text{Número de garrafas con signos del hongo}}{\text{Total de garrafas}} \times 100$$

4.7 Variables evaluadas

4.7.1 Número de garrafas antes del tratamiento

El número de garrafas antes del tratamiento se determinó por cada grupo tratamiento, grupo control y testigo, realizando conteo de las garrafas que presentaban una longitud mayor a cuatro mm.

4.7.2 Número de garrapatas después del tratamiento

El número de garrapatas se determinó realizando un conteo siete días después de cada aplicación de los tratamientos, utilizando el mismo método que para el conteo pre-tratamiento.

4.7.3 Eficacia de control y porcentaje de infección en garrapatas

El porcentaje de infección de las garrapatas se determinó en el laboratorio, realizando revisión microscópica y macroscópica, del número de garrapatas con los signos presente del hongo y dividiendo entre el total de las garrapatas de cada grupo tratamiento y se multiplicó por 100.

4.8 Análisis de datos

Los datos se organizaron en Microsoft Excel 2010, el número de garrapatas se sometió a una prueba de normalidad de los datos, dado que los datos no se ajustaron a la distribución normal, posteriormente se realizó análisis de varianza de medidas repetidas, no paramétrico mediante la prueba de Kruskall Wallis, la eficacia de control y porcentaje de infección se analizaron de forma descriptiva.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Número de garrapatas antes del tratamiento

A pesar que no se trabajó con infestación artificial, la población inicial por grupo de tratamiento fue bastante homogénea, excepto en el testigo donde el promedio de garrapatas por animal fue mucho menor.

Cuadro 3. Población inicial de garrapatas.

Tratamientos	Garrapatas tratamiento (No.)	por	Garrapatas/ por animal (Promedio)
<i>B. bassiana</i>	1018		101.8
<i>M. anisopliae</i> en aceite	994		99.4
<i>M. anisopliae</i> en agua	932		93.2
Amitraz	1122		112.2
Agua	452		45.2
Total	4518		90.36

La población inicial de garrapatas fue relativamente alta en todos los tratamientos con un promedio general de 90.36 garrapatas por animal. Como se puede ver en el cuadro 3 se aprecia la carga poblacional de garrapatas por grupos de bovinos antes de los tratamientos, en el grupo 1- *B. bassiana*, el promedio de garrapatas fue de 101.8 por animal. Para el grupo 2- *M. anisopliae* en aceite, el promedio fue de 99.4. Grupo 3- *M. anisopliae* en agua, obtuvo un promedio de 93.2. El promedio encontrado en el grupo de amitraz fue de 112.2 y el grupo testigo (agua) se encontró un promedio de 45.2 garrapatas por animal.

Existen varios parámetros para definir el nivel de infestación de garrapatas por animal, según Cantú y García (2013), el nivel de infestación varía de acuerdo a las razas y las condiciones medioambientales; se considera que para la raza *Bos indicus* de 30 a 50 garrapatas por animal, no representa daños, mientras que en las razas *Bos taurus* estas cantidades de garrapatas representa un nivel de infestación que provocan bajos índices productivos y reproductivos, generando pérdidas económicas en los hatos ganaderos.

De acuerdo a las condiciones ecológicas, existen niveles de infestación de las garrapatas *R. (B) microplus* donde se pueden considerar tres categorías, alta, que oscila entre 100 a 300 garrapatas por animal, media (50 a 100 garrapatas por animal) y baja (50 o menos garrapata por animal) Cantú y García (2013). De acuerdo a esta clasificación, los niveles de infestación usados en esta investigación, fueron medio para los tratamientos evaluados y bajos para el testigo.

5.2 Población de garrapatas después de la aplicación de los tratamientos, muestreos cada 7 días

Cuadro 4. Población de garrapatas después de la primera aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Promedio	D. E.	Medianas	H	P
<i>B. bassiana</i>	81.40	25.63	84.00	16.00	0.0030
<i>M. anisopliae</i> en aceite	91.80	38.46	83.00		
<i>M. anisopliae</i> en agua	78.40	47.01	78.00		
Amitraz 12.5%	37.80	23.06	32.00		
Grupo Control (Agua)	53.20	20.57	53.00		

En el primer muestreo post aplicación, realizado siete días después de la aplicación, como se observó en el cuadro 4 se presenta una reducción en la población de garrapatas, en todos los tratamientos a excepción del tratamiento testigo absoluto (agua), en donde se reveló un incremento en la población de garrapatas. El análisis de varianza de Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas ($P= 0.003$) entre los tratamientos. Al contrastar la población inicial de garrapatas antes del tratamiento 101.8 garrapatas, el tratamiento microbiano con mayor efectividad en la primera semana después de la aplicación fue *B. bassiana*, reduciendo a 81.40 garrapatas por animal. Disminuyendo la población a 20.4 promedio de garrapatas, equivalente a un 20% por animal. Estos resultados nos demuestran que los hongos son eficaces para desarrollar enfermedades en la garrapata y disminuir su población.

Resultados similares han sido reportados por Rodríguez-Alcocer et al., (2014) al aplicar directamente los conidios del hongo *M. anisopliae* en bovinos, en una dosis de 1×10^8 conidios/ml, obteniendo en la primera semana después de la aplicación un porcentaje de control del 30.9 %.

Por otro lado, Yari, (2018). realizó un estudio utilizando cinco tratamientos con *B. bassiana* en diferentes concentraciones, demostrando que el hongo *B. bassiana* tiene mayor efecto en el control de las garrapatas *R. (B) microplus* a partir del día 7 post aplicación en las dosis empleadas *B. bassiana* 80g (1.2×10^7 conidias/ml.) *B. bassiana* 160g (2.4×10^7 conidias/ml.) *B. bassiana* 240g (3.6×10^7 conidias/ml.), alcanzando hasta un 99% de eficacia.

En el cuadro 5 se observa que, a partir del segundo tratamiento la mayor eficacia, se registró en el tercer tratamiento con *M. anisopliae* en agua, en el cual se obtuvo una disminución promedio de 23 garrapata por animal alcanzando un 40% en la efectividad. Así mismo se manifiesta que el tratamiento químico Amitraz, disminuyo en un promedio de 29 garrapatas por animal.

Cuadro 5. Población de garrapatas después de la segunda aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Promedio	D. E.	Medianas	H	P
<i>B. bassiana</i>	78.00	26.80	83.00	25.97	< 0.0001
<i>M. anisopliae</i> en aceite	74.60	35.55	76.00		
<i>M. anisopliae</i> en agua	55.40	34.44	56.00		
Amitraz 12.5%	8.40	6.52	9.00		
Grupo Control (Agua)	53.60	16.24	55.00		

Resultados similares se observaron en un estudio realizado por López et al., (2009) al utilizar *M. anisopliae* cepa 137bm a una concentración de 1×10^8 conidias/ml. Se aplicó un litro de la suspensión de conidias por cada 100 kg de peso del animal y un grupo control que utilizó solamente agua en la misma cantidad que el grupo tratado con el hongo. Después de las aplicaciones de *M. anisopliae* cepa 137bm se percibió una disminución del 75% en la infestación de garrapatas en los animales del grupo tratado, con diferencias estadísticamente significativas, entre los datos, a partir de la tercera semana, presentándose en el grupo control un aumento en la infestación de garrapatas durante el mismo periodo.

Tofiño et al. (2017). obtuvo resultados similares utilizando *B. bassiana* (Baubassil®). En una concentración de 1×10^6 conidias/ml. El cual lo aplicaron una vez por semana durante cinco semanas, donde obtuvieron una eficacia del 96.8% a partir de la quinta semana de aplicación.

Fernández, (2006). Encontró resultados similares al utilizar *B. bassiana* (BAZAM®), a una dosis de 2 L por animal con una solución de 600 ppm (0.6 g/L), donde el modo de empleo que utilizó fue de dos veces una semana, una vez cada semana y una vez cada dos semanas. Además, uso un grupo testigo de Amitraz a una dosis de un ml/L de agua, con un intervalo de tiempo no menor a los quince días. Donde obtuvo una eficacia del 73-95% en *B. bassiana* (BAZAM®), y en el control Amitraz obtuvo una eficacia de un 89%.

Un estudio realizado en México sobre bovinos infestados de manera natural con garrapatas hembras adultas de *R.(B) microplus*, demostró que aplicaciones acuosas reiteradas de *M. anisopliae* (cepa Ma34) cada 15 días a una concentración de 1×10^8 conidios/ml, disminuye la infestación de garrapatas desde la segunda aplicación del hongo, con una efectividad del 45%, además se evaluó la esporulación del hongo en garrapatas infectadas en laboratorio, obteniendo resultados del 91.1% (Diaz et al., 2007).

Cuadro 6. Población de garrapatas después de la tercera aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Promedio	D. E.	Medianas	H	P
<i>B. bassiana</i>	74.20	25.41	75.00	24.50	0.0001
<i>M. anisopliae</i> en aceite	68.80	31.03	63.00		
<i>M. anisopliae</i> en agua	55.40	32.61	75.00		
Amitraz 12.5%	4.80	5.90	2.00		
Grupo Control (Agua)	57.80	21.59	60.00		

En la tercera semana de aplicación ver cuadro 6, siete días pos tratamientos, el análisis de varianza muestra una reducción en las poblaciones de garrapatas en el segundo tratamiento con *M. anisopliae* en aceite, obteniendo una disminución promedio de seis garrapatas por animal, representando un 30% en la disminución de las garrapatas. A diferencia de los otros tratamientos que no se observó una disminución significativa a excepto el grupo control que presento un aumento en el promedio de cuatro garrapatas por animal.

Estudio similar realizo Camargo et al., (2014) realizaron aplicaciones de *M. anisopliae* a una concentración de 1×10^8 conidios/ml junto con 10 % de aceite mineral sobre bovinos, encontrando un mayor control sobre poblaciones de *R.(B) microplus* al reducirse el número de garrapatas en los animales tratados, la eficacia osciló de 19.20% al 67.39 % tres semanas después de aplicados los tratamientos, además encontraron que la aplicación del hongo en mezcla con el aceite disminuye la eclosión porcentual y el índice de producción de huevos.

Cuadro 7. Población de garrapatas después de la cuarta aplicación de los tratamientos

Tratamientos	Promedio	D. E.	Medianas	H	P
<i>B. bassiana</i>	43.40	18.28	38.00	24.61	0.0001
<i>M. anisopliae</i> en aceite	50.60	17.10	48.00		
<i>M. anisopliae</i> en agua	40.40	19.25	47.00		
Amitraz 12.5%	4.20	5.20	2.00		
Grupo Control (Agua)	56.00	14.91	59.00		

Para la cuarta semana de aplicación ver cuadro 7, se observó un mayor efecto en el tratamiento *B. bassiana*, donde el promedio bajó significativamente en unas 31 garrapatas de la carga parasitaria por animal, equivale a un 57.36% de efectividad en comparación a la tercera semana y la cuarta. En cambio, en el tratamiento químico no se observó cambios significativos.

Estudio similar realizado por Espinoza, (2005). utilizaron la cepa Zamorano de *B. bassiana* (BAZAM) y cepa Yara de *M. anisopliae* (METAZAM) y un producto químico Amitraz® 12.5%. Las aplicaciones fueron hechas con bombas manuales de 16 litros utilizando una solución de cuatro litros por animal. La dosis por bomba fue de 9.6 g de *B. bassiana* y *M. anisopliae* asperjando aproximadamente 2.4 gr por animal, el producto químico se utilizó una dosis de 25 ml en una bomba de 16 litros y aplicando dos litros por animal.

Se experimentaron dos aplicaciones cada siete días para los productos biológicos y una aplicación cada 21 días para el producto químico. Obteniendo una eficacia para *B. bassiana* 40.6%, *M. anisopliae* 46.9% y Amitraz 81%.

En otro estudio por Valbuena et al., (2007). Realizan una evaluación de dos cepas formuladas y no formuladas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Las concentraciones de las cepas formuladas

y no formuladas fueron ajustadas a una dosis 1×10^8 conidios /ml para la evaluación en campo, efectuándose una mortalidad corregida en las garrapatas de un 68% para el tratamiento con la cepa formulada de *M. anisopliae*, mientras que, para la cepa formulada de *B. bassiana* fue de 49% encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos ($\alpha=0.05$, SWP, mostrando resultados similares en nuestro estudio con el tratamiento *B. bassiana* bajo condiciones de campo.

5.3 Aplicación de los tratamientos microbianos cada 15 días

En el muestreo realizado después de la primera aplicación, ver cuadro 8, se observó un aumento en comparación a los conteos realizados cada 7 días, el tratamiento con Amitraz, se observó un ligero aumento en la población de garrapatas promedio por animal. En los animales tratados con los agentes microbianos el numero de la población no hubo aumentos significativos en el promedio de las garrapatas.

Cuadro 8. Población de garrapatas en tratamientos aplicados cada 15 días

Tratamientos	Promedio	D. E.	Medianas	H	P
<i>B. bassiana</i>	46.00	15.29	48.00	15.53	0.0037
<i>M. anisopliae</i> en aceite	49.40	20.13	56.00		
<i>M. anisopliae</i> en agua	48.40	23.19	50.00		
Amitraz 12.5%	17.40	17.74	14.00		
Grupo Control (Agua)	57.40	16.19	57.00		

En un estudio realizado por Fernández J, (2006). Demuestra que los costos de control biológico aumentan a medida que se aumenta la frecuencia de aplicación, debido a la mayor utilización de producto y de mano de obra para las aplicaciones. Por otro lado, en un estudio realizado por Oporta-López, (2017). concluye que las concentraciones mayores ocasionaron mayor mortalidad de teleoginas de *R. microplus*. Es recomendable realizar aplicaciones de garrapaticidas, únicamente cuando el número de garrapatas sobrepasan el umbral económico (Oporta-López, 2023).

Según el análisis de Kruskal-Wallis, los tratamientos aplicados en la quinta semana, cada 15 días pos tratamiento, ver cuadro 9. Se observa una reducción en las poblaciones de las garrapatas, en todos los tratamientos a excepción del grupo control (agua), en donde se presentó un aumento de 45.58 % de la población de garrapatas. El tratamiento microbiano con mayor efecto en la reducción de población de garrapatas fue *M. anisopliae* en aceite, obteniendo una reducción del 61.77 % de la población de garrapatas. El tratamiento químico Amitraz, redujo la población de garrapatas en 95.72%.

Cuadro 9.Población de garrapatas en bovinos, después de la quinta aplicación de tratamientos en intervalos de 15 días

Tratamientos	Promedio de g/a. (A.T)	Promedio de g/a (F.T)	Reducción de infestación (%)	D. E.	Medianas de g/a (F.T)	H	P
B. bassiana	101.8	40.40	60.31	14.29	41.00	30.02	< 0.001
<i>M. anisopliae</i> en aceite	99.4	38.00	61.77	15.52	40.00		
<i>M. anisopliae</i> en agua	93.2	43.20	53.65	22.26	44.00		
Amitraz 12.5%	112.2	4.80	95.72	7.19	0.00		
Grupo Control (Agua)	45.2	65.80	-45.58	15.73	65.00		

Leyenda: (A.T) Antes del tratamiento (F.T) Finalizado el tratamiento. El P valor, correspondiente a Promedios y medianas de (F.T).

De esta manera, en nuestro estudio se demuestra que el producto químico se puede utilizar en el control integral de garrapatas, ya que estas aún no han creado resistencia, estudio similar se ha reportado por (Espinoza 2005). El control químico de garrapatas mediante la utilización de productos acaricidas, supone una correcta manipulación, y preparación de la solución acaricidas, para evitar posibles fenómenos de resistencia por parte del ectoparásito. La condición innata de las garrapatas a desarrollar resistencia a los acaricidas se debe al uso indiscriminado de éstos (Aguilar et al., 2009).

Según Valbuena et al., (2007), existen otras desventajas diferentes a la generación de resistencia por parte de las garrapatas, como el rápido incremento de los costos, la contaminación ambiental, especialmente de las fuentes de agua por el mal manejo de los productos y la contaminación residual de la carne y la leche.

Así mismo se obtuvo resultado satisfactorio con *M. anisopliae* formulación en aceite, ya que el aceite mineral o vegetal favorece la virulencia e incluso aumenta la eficacia de los hongos entomopatógenos contra las garrapatas protegiendo a los conidios de condiciones ambientales desfavorables, promoviendo así una mayor adhesión de los conidios a la superficie del artrópodo (Camargo et al., 2014).

5.4 Fluctuación de la población de garrapatas antes y después de los tratamientos.

Los tratamientos en base a hongos entomopatógenos fueron eficaces para reducir la población de garrapatas, ver figura 2. En los tratamientos Ma-Ac, Beauv y Ma-Ag, se registró una reducción entre el 53.65 y 61.77 % de la población de garrapatas, a los 28 días después de la aplicación y hasta concluir el experimento a los 58 días, en contraste con la población inicial de garrapatas. Resulta interesante el generar un programa de manejo integrado de garrapatas incorporando hongos entomopatógenos. En contraste con el grupo control donde únicamente se aplicó agua, el incremento en la población de garrapatas al finalizar el experimento fue de 45.58%.

Cabe resaltar que los animales en tratamiento se mantuvieron sanos durante todo el experimento, no se observó ningún cambio físico, conductual o fisiológico que pudiera interpretarse como una reacción adversa al tratamiento.

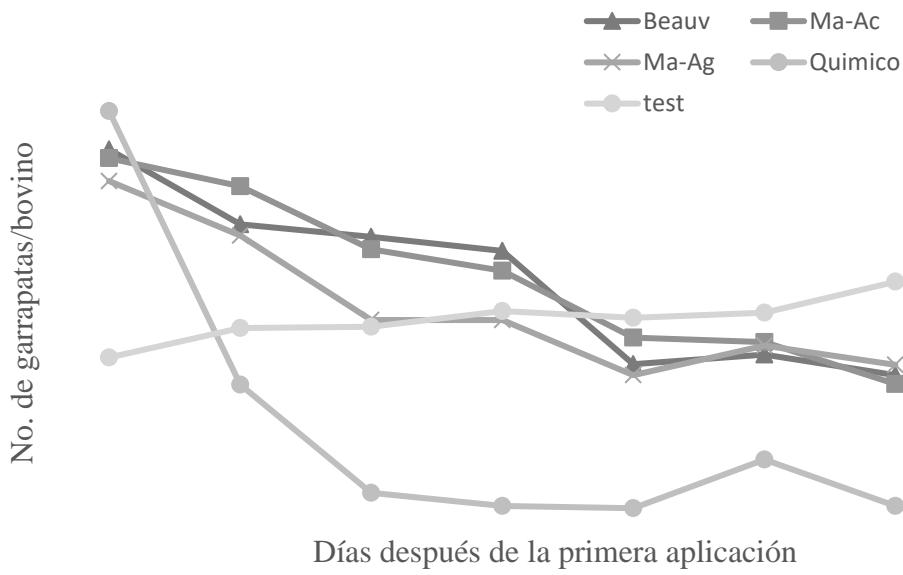


Figura 2. Fluctuación de la población de garrapatas antes y después de los tratamientos

Resultados similares se han encontrado en estudios realizados en países como Brasil, Barbieri et. al (2023), México, Alonzo y Fernández (2021), Honduras, Espinoza (2005) y Colombia, Tofiño et al., (2017). Rodríguez et al., (2014). Realizaron un estudio en México, en el que evaluaron la eficacia del hongo *M. anisopliae*, cepas (Ma14+Ma34), para el control de la garrapata común del bovino. Formaron dos grupos de diez bovinos. El tratamiento se aplicó cuatro veces, cada 14 días. Obteniendo un 30.9% a 87.7% de efectividad.

En el tratamiento con *B. bassiana* formulación polvo se encontró disminución de la población de garrapatas en mayor al 60%, en comparación con la población inicial. Estos resultados se han reportado por otros investigadores, como es el caso Durán y Pensamiento (2018), quienes evaluaron cinco tratamientos entre ellos tres agentes entomopatógenos: *B. bassiana* (BAZAM®), *M. anisopliae* (METAZAM®), *Heterorhabditis bacteriophora*, una combinación de *B. bassiana* *M. anisopliae* y un tratamiento químico (Overtraz®). Obteniendo como resultado que los tratamientos entomopatógenos son una alternativa para el control de la garrapata, siendo más efectivo la combinación de los hongos en un 95 %, aplicándolo repetidamente, mientras que el tratamiento químico es efectivo en un tiempo más corto en el control de la garrapata.

De esta manera podemos señalar que los hongos entomopatógenos son de gran importancia por su capacidad natural para regular las poblaciones de artrópodos, la cual depende de la susceptibilidad del hospedero o de la asociación patógeno-hospedero (Bustillo, 2001). Para que la manifestación epizoótica de los hongos entomopatógenos tenga lugar, los factores bióticos y abióticos tienen una enorme influencia (Bustillo, 2001).

Entre los factores abióticos que afectan la viabilidad y la persistencia de los hongos, en el campo se encuentran los rayos ultravioletas, temperatura, humedad relativa y los fungicidas (Bustillo, 2001).

La susceptibilidad en los hospederos se relaciona con los nutrientes presentes en los artrópodos. Las esporas de los entomopatógenos tienen requerimientos específicos de agua y temperatura, así como de otros factores ambientales que en conjunto funcionan como inductores para la activación de receptores presentes en el patógeno y que les permiten llevar a cabo el proceso infectivo sobre el hospedero (Bustillo, 2001).

Los resultados con el garrapaticida Amitraz fueron positivos para el control de la garrafa en bovinos, ya que la reducción de la población de garrafas fue mayor al 90%. Indicando que las garrafas todavía no han generado resistencia a dicho garrapaticida, y perfectamente se debe incluir en un programa de manejo integrado de garrafas tomando en cuenta las recomendaciones brindadas por el fabricante. Sin embargo, investigadores en México, Brasil, Argentina, han reportado resistencia de garrafa *R.(B) microplus* a este garrapaticida. Además, que se ha reportado que en algunos lugares todavía este garrapaticida sigue siendo eficaz tal y como ocurrió en nuestro experimento. Aguilar et al., (2009); Araque et al., (2014); Bravo et al., (2008); Rojas y Portal (2013); Rodríguez et al., (2014) y Soberanes et al., (2022).

Lazo y Mejía (2009). Realizaron un estudio con la finalidad de analizar la efectividad de dos acaricidas: Bovitraz (Amitraz) y Butox (Deltametrina) en el departamento de Chontales, Nicaragua, obtuvieron una efectividad sobre las garrafas del 81% para Amitraz, mientras que para el Deltametrina el 26%. Fattah y Kholany, (2005). Evaluaron los efectos de amitraz, diazinón y deltametrina, en el control de garrafas. En el cual se demostró que el amitraz es eficaz en un 100%, a partir del quinto día de aplicación del tratamiento.

5.5 Porcentaje de Infección por hongos en garrapatas

Las garrapatas extraídas directamente del bovino fueron transportadas al laboratorio de Biología del CUR UNA Juigalpa, tres días después de colectadas, este tiempo de demora, sucedió por la lejanía entre la finca experimental y el laboratorio.

Únicamente en el tratamiento *B. bassiana* y *M. anisopliae* en agua fue posible encontrar 3 y 1 espécimen colonizados por hongos ver figura 3. En Ma.Ac los especímenes en su mayoría murieron, se observaron melanizados, pero no presentaron signos externos de colonización fúngica, al respecto los hongos pueden matar al hospedero directamente por la producción de toxinas y la melanización ocurre como una respuesta inmunitaria al momento de la infección. Ver anexos. En los tratamientos con hongos ocurrió la muerte de las garrapatas incubadas y la ovoposición disminuyó considerablemente, al respecto Oporta-López (2017); Oporta-López, (2022) encontró resultados similares al inocular adultos de *R. microplus* con hongos entomopatógenos, sin signos visibles, pero con estructuras fúngicas levaduriforme e hifas que invadían el hemocele, intestino y ovario de la garrapata.

Además, en algunos casos se encontraron insectos de la orden díptera alimentándose internamente de las garrapatas, lo que implica que pudo existir cierta contaminación al momento de la colecta. En cuanto a las garrapatas del grupo control, estas realizaron ovoposición y murieron luego de días de iniciada la ovoposición. Ver anexos 1.

5.6 Ventajas y desventajas de los hongos entomopatógenos

- Es una alternativa eficiente de manejo de las plagas, si se usan adecuadamente puede ser tan eficiente como cualquier otro insecticida, no deja residuos, por lo tanto, genera confianza en los consumidores.
- Al ser productos elaborados a base de un organismo vivo (Natural), no sintético, no contamina el medio ambiente, no afectan la salud humana, ni de los animales domésticos, reduciendo los riesgos de intoxicaciones.
- Los costos pueden resultar más bajos, tanto para el país como para los usuarios, debido a que si se usan correctamente se puede requerir de menor número de aplicaciones, ya que el hongo puede volverse patógeno en el medio para los insectos

e infectarlos por contacto directo. Además, que no se requiere de inversión de divisas por que pueden ser producidos localmente.

- Una de las desventajas de los hongos entomopatógenos es el tiempo de aplicación debe ser continuo por tiempo prolongado y son sensible a las altas temperaturas ambientales.
- Por ser un microorganismo vivo su efecto en la garrapata es paulatino debido a su fase infectiva que el hongo realiza en la garrapata.
- Al ser un producto nuevo en el mercado el sector ganadero es de difícil aceptación.
- El control químico seguirá teniendo impacto en el control de las garrapatas, debemos tomar en cuenta las recomendaciones proporcionadas por los fabricantes para que estos sean eficientes en el control de los parásitos extérnenos y respetar el tiempo de retiro de la leche y carne, para evitar problemas de salud.

VI. CONCLUSIONES

El uso de hongos entomopatógenos representa una alternativa en el manejo y control de las garrapatas *R. (B) microplus* en bovinos, reduciendo así el uso de químicos perjudiciales para el medio ambiente y el ser humano.

El efecto de los hongos entomopatógenos depende de factores como rayos ultravioletas, temperatura, pH del agua, las buenas prácticas de manejo de los materiales y equipo.

La disminución del número de garrapatas en la fica el Encanto en el ganado, mediante el uso de hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana* bajo condiciones de campo en una concentración de 1×10^7 se logró una disminución del 60% en la población de garrapatas.

El garrapaticida Amitraz alcanzó entre 95 y 98 % de control de la garrapata en bovinos. Esto indica que las garrapatas, aún no han desarrollado resistencia al amitraz.

La efectividad de los tratamientos a base de *M. anisopliae* y *B. bassiana* depende de la prolongación de su uso.

Para el caso de nuestro estudio podemos asegurar que al utilizar una menor concentración de esporas en los hongos los resultados se observan de manera más pausada en el control de la garrapata, por tal razón las aplicaciones deben de prologarse por más tiempo.

A mayor concentración de esporas contenidas en los hongos se obtiene una mayor efectividad en el control de garrapatas, lo cual es relativo a los costos de adquisición.

VII. RECOMENDACIONES

Tomando en consideración esta experiencia científica, deducimos que es de vital importancia continuar con estudios donde no sólo se consideren aspectos propios de este microrganismo entomopatógeno si no también factores que limitan su acción bajo condiciones naturales.

Proporcionar altas formulaciones en condiciones de campo y realizar aplicaciones por tiempo prolongado se pueden obtener mejores resultados.

A partir de este estudio es importante continuar realizando experimentos basados en la efectividad biológica de manera integral en donde no solo sea aplicable en animales sino también a los sistemas de pastos, con miras a hacer aportes significativos en el sector pecuario.

Al momento de seleccionar los animales para un estudio es importante realizar grupos homogéneos, tomando en cuenta los diferentes tipos de raza y peso del animal, para así obtener mejores resultados al momento de aplicar los tratamientos.

Se recomienda al sector agropecuario que la aplicación se debe hacer de manera constante para lograr su efectividad, ya que el ciclo de actuación del tratamiento no se da de manera inmediata.

A productores y ganaderos se recomienda utilizar el tratamiento tomando en cuenta los pasos que sugiere el manual de Manejo de garrapatas en bovino, manejo químico y biológico de la Universidad Nacional Agraria (UNA) sede Juigalpa para obtener mejores resultados en el control de la garrapata.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abdigoudarzi, M., Esmaeilnia, K., y Shariat, N. (2009). Laboratory Study on Biological Control of Ticks (Acari: Ixodidae) by Entomopathogenic Indigenous Fungi (*Beauveria bassiana*). *Published by Tehran University of Medical Sciences*, 3(2), 36-43^{https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3385533/pdf/ijad-3-36.pdf}
- Alves, S. (1998). Controle microbiano de insectos. *Biblioteca De Ciências Agrárias Luiz De Queiroz*, 2(4), 4-32.
^{https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/272413/1/DOC77.pdf}
- Alemán, Y., Martínez, S., y Corona, B (2014). Las garrapatas de interés veterinario en Cuba, y su importancia en las condiciones climáticas cambiantes.
^{https://www.redalyc.org/pdf/636/63632380009.}
- Alonso Diaz, M., y Fernandez Salas, A. (2021). Hongos Entomopatógenos para el Control de Garrapatas en Ganado Bovino de México. 2(1).
^{https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.657694}
- Agudelo, D., Beltrán, K., y Pérez, J. (2021). Revisión sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp como biocontrol de la garrapata *Rhipicephalus microplus*. *Hogos-Garrapatas.docx* (unicolmayor.edu.co)
- Aguilar, G., Mendoza, P., Ruiz, B., Oliva, M., Ibarra, C., y Bautista, G. (2009). Resistance to amitraz in *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* in production units in the state of Chiapas 1(7), 16-22. ^{https://dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-quehacercientifico/quehacer-cientifico-2009-ener-jun/resistencia-al-amitraz_de_rhipicephalus.pdf}
- Anderson, J., y Magnarelli, L. (2008). Biology of ticks. *Science Direct*, 22(2), 195-215. Doi: 10.1016/j.idc.2007.12.006.
- Angelo, I., Gôlo, P., Camargo, M., Kluck, G., Folly, E., y Bittencourt, V. (2010). Haemolymph protein and lipid profile of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* infected by fungi. Transboundary and Emerging Diseases. *National Library of Medicine. National Center for Biotechnology information*, 57 1-2), 79-83. doi: 10.1111 / j.1865-1682.2010.01119x
- Araujo, E., y Henrique, E. (2008-2009). Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “moscas blancas”. ^{https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf}
- Arguedas, M., Álvarez, V., y Bonilla, R. (2008). Eficacia del hongo entomopatógeno *Metharrizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Agronomía Costarricense* 32(2), 137-147. ^{http://www.mag.go.cr/rev_agr/v32n02-137.pdf.}

Aguilar, G., Mendoza, P., Ruiz, B., Oliva, M., Ibarra, C, y Bautista, G. (2009). Resistance to amitraz in Rhipicephalus (Boophilus) microplus in production units in the state of Chiapas 1(7) 16-22. https://dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACER-CIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2009-ener-jun/resistencia-al-amitraz_de_rhipicephalus.pdf

Aguirre, L., y Ramiro, D. (2014). Evaluación de métodos de pesaje en vivo y determinación del rendimiento a la canal en bovinos manejados al pastoreo [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/309762953_Evaluacion_de_metodos_de_pesaje_en_vivo_y_determinacion_del_rendimiento_a_la_canal_en_bovinos_manejados_al_pastoreo_Evaluation_weighing_methods_in_live_and_determination_performance_after_slaughter_in

Araque, A., Ujueta, S., Bonilla, R., Gómez, D., y Rivera, J. (2014). acaricidal resistance of Rhipicephalus (Boophilus)microplus in some colombian cattle farms. 17(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262014000100018

Barbieri, A., Rico, I., Silveirab, C., Feltrina, C., Dall'agnol, B., Schrank, A., Lozina, L., Klafke, G., y Reck, J. (2023). Eficacia de campo de las formulaciones de aceite deMetarhizium anisopliae contra las garrapatas Rhipicephalusmicroplus utilizando una carrera de aspersión para ganado, 4(3). <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2023.102147>

Bautista, A., Pimentel, R., y Gómez, A. (2017). Control biológico de Rhicephalus (Boophilus) microplus con hongos entomopatógenos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuaria Ciba*, 6 (12) 1-30. doi: **10.23913/ciba. v6i12.68**

Benavides, E., Hernández, G., Romero, A., Castro, A., y Rodríguez, J. (2001). Evaluación preliminar de extractos del Neem (Azadirachta indica), como alternativa para el control de la garrapata del ganado Boophilus microplus (Acari: Ixodida), Revista Colombiana de Entomología, 27 (1-2) 1- 8. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://es.scribd.com/doc/300150693/Efecto-Neem-sobre-la-garrapata&ved=2ahUKEwj8NWqgLr0AhV3STABHeFfC-0QFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw2kzIw9cGXfMqAgwn1yn4fO>

Benavides, E., Romero, J., y Villamil, L. (2016) Las garrapatas del ganado bovino y los agentes de enfermedad que transmiten en escenarios epidemiológicos de cambio climático. *Catálogo de Información Agropecuaria Bibliotecas INIA*, 96. <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=ad&id=20332&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ROMERO%20PRADA,%20J.%22&qFacets=autoria:%22ROMERO%20PRADA,%20J.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>

Bischoff, J., Rehner, A., y Humber, R. (2009). A multilocus phylogeny of the Metarhizium anisopliae lineage. *The Mycologia the Mycological Society of America*, 101 (4), 512-530. Doi: 10.3852 / 07-202

- Bittencourt, V., Massard, C., y Lima, A. (1998). Dinâmica da infecção do fungo Metarhizium. *Scielo Brasil*, 29(2). 351-354. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781999000200028v>.
- Brady, B. (1979). *Metarhizium anisopliae*. CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria. *Commonwealth Mycological Institute*, 609.<https://www.cabdirect.org/cabdirect/mobile/search/?q=do%3a%22C.M.I.+Descriptions+of+Pathogenic+Fungi+and+Bacteria%22>
- Bravo, M., Coronado, A., y Henríquez, H. (2008). Eficacia in vitro del amitraz sobre poblaciones de *Boophilus microplus* provenientes de explotaciones lecheras del estado Lara, Venezuela 26(1). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000100005
- Bustillo, A. (2001). Hongos en insectos y posibilidades de uso en el control biológico de plagas en Colombia. https://www.researchgate.net/publication/275462138_hongos_en_insectosy_posibilidades_de_uso_en_el_control_biologico_de_plagas_en_colombia
- Burgat-Sacaze, V., Petit C., y Bonnefoi, M. (1988). Modes de action et métabolisme des antiparasitaires externes. *Rev. Méd. Vet.* 139 (1)5-11
- Canales, M., Enríquez, A., Ramos, E., Cabrera, D., Dandie, H., Soto, A., Falcón, V., Rodríguez, M., y J, de la Fuente. (1997). Large-scale production in Pichia pastoris of the recombinant vaccine Gavac TM against cattle tick. *Vaccine*. *National Library of Medicine*, 15 (4), 414-422. Doi: 10.1016/s0264-
- Cantu, A., y Garcia, Z. (2013). Estrategias para el control integrado de garrapata (*Boophilus spp.*) en la producción de bovinos de carne en pastoreo. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/948.pdf>
- Camargo, M., Marciano, F., Perinotto, W., Quinelato, S., Gôlo, P., Angelo, I., Prata, M., y Bittencourt, V., (2014). Formulación comercial de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Rhipicephalus microplus* en un estudio en corrales. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401714003987>
- Cardozo, H., y Franchi, M. (1995). Epidemiología y Control de *Boophilus microplus*. In Enfermedades parasitarias de importancia económica en Bovinos; Bases epidemiológicas para su prevención y control Nº 205. *Scielo Uruguay*, 13-19. <https://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/download/1925/7469?inline=1>.
- Carrillo, M., y Blanco, A. (2009). Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga. *Acta Universitaria*, 19(2), 40-49. <https://doi.org/10.15174/au.2009.102>
- Cordón, A. (2012). Sanidad e Inocuidad Pecuaria en Centroamérica y República Dominicana: Una agenda prioritaria de políticas e inversiones Nicaragua. OIRSA 113 p.

Contreras, J. M., Molina, E., y Arteaga, P. (2007). Introducción a la programación estadística con R para profesores. [Archivo Pdf]. libroR.pdf (ugr.es)CTCB, Centro Tecnológico de Control Biológico. (26 de febrero del 2009). <http://controlbiologicomicro.blogspot.com/2009/02/importancia.html>.

Cortés, J. (2018). Control integrado de garrapatas y su importancia en salud pública. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572018000400452#aff1

CHandler, D., Davidson, G., Pell, J., Ball, B., Shaw, K., y Sunderland, D. (2000). Fungal biocontrol of Acari. *Biocontrol Science and Technology*, 10(4), 357-384. <https://doi.org/10.1080/09583150050114972>

Díaz, A., García, L., Galindo,E., Lezama,R., Sahagún,A., Vivas,R., y Sánchez,H.,(2007). Evaluación de *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) para el control de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) de forma natural Ganado infestado en el trópico mexicano. Doi: 10.1016/j.vetpar.2007.03.030

Delgadillo, O., Gómez, M., y Jiménez, C. (2007). Evaluación del hongo entomopatógeno *Bauberia bassiana* para la regulación de las poblaciones de garrapatas (*Boophilus microplus*) del ganado bovino en la hacienda la Esperanza municipio Mina el León del departamento de León en el periodo de abril 2006 a agosto 2007. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA (unanleon.edu.ni)

Durán, J., y Pensamiento, D. (2018). 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. <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Produccion%20Animal/Miercoles%2001%20mayo/8-Efectividad%203%20Agentes%20Entomopat%C3%B3genos,%20Control%20Garrapata.pdf>

Espinoza- Silva, L. R. (2005). Evaluación de cepas de *Beauverria bassiana* y de *Metarhizium anisopliae* en control biológico de *Boophilus microplus* [Tesis de grado, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5211>

Estrada,A., (2015). Orden Ixodida: Las garrapatas. http://seientomologia.org/IDE@/revista_13.pdf

Fargues, J., Rougier, M., Goujet, R., Smits, N., Coustere, C., y Itier, B. (1997). Inactivation of conidia of *Paecilomyces fumosoroseus* by near-ultraviolet (UVB and UVA) and visible radiation. *Journal of Invertebrate Pathology*, 69(1), 70-80. doi:10.1006/jipa.1996.4637

Fernández, J. (2006). Evaluación de la eficiencia del control de garrapatas (*Boophilus microplus*) con tres frecuencias de aplicación de BAZAM® (*Beauveria bassiana*). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2cb3bede-3e62-4982-8274-ecf5acdc2836/content>

Fernández, É., Keyser, C., Chong, J., Rangel, D., Miller, M., y Roberts, D. (2010). Characterization of Metarhizium species and varieties based on molecular analysis, heat tolerance and cold activity. *Journal of Applied Microbiology*, 108, 115-128. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04422.x.

Fattah, A., y Kholany, K. (2005). Evaluación de Amitraz contra garrapatas y ácaros Infestación en Bovinos y ovinos en comparación con diazinón y Deltametrina. Departamento de Farmacología, Universidad del Canal de Suez, Ismailía, Egipto. DOI: 10.21608/jvmr.2005.77931.

García, J., Montero, C., Rodríguez, M., Soto, A., Redondo, M., Valdés, M., Méndez, L., y de la Fuente, J. (1998). Effect of particulation on the immunogenic and protective properties of the recombinant Bm86 antigen expressed in *Pichia pastoris*. *National Library of Medicine*, 16(4), 374-80. Doi: 10.1016/s0264-410x(97)80915-2.

Gillespie, A., y Moorhouse, E. (1989). The use of fungi to control pest of agricultural and horticultural importance. En: Whipps, J.M. y Lumsdon, R.D. (Eds.), *Biotechnology of Fungi for Improvement of Plant Growth*, Cambridge University Press, London.

Giordani C., Lanusse C., Fernández M., Errecalde J. (1986) Amitraz: nuevo mecanismo de acción antiparasitaria y toxicidad en mamíferos. Therlos 8 (37)96-104.

Gomez H, Zapata,A Torrez,E Tenorio, M.(2014). Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos. SENASA Servicio Nacional de Sanidad Agraria, p.6. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-Producci%C3%83%C2%B3n-y-Uso-de-Hongos-Entomopat%C3%83%C2%B3genos.pdf>

Guglielmone, A., Robbins, R., Apanaskevich, D., Petney, T., Estrada, A., Horak, I., Shao, R., y Barker, S. (2010). The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: a list of valid species names. *Zootaxa*, 2528(1), 1-28. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2528.1.1>.

Gutiérrez, M., Cárdenas, G., y Lequerque, A. (2016). El género Metarhizium Sorokin y su aplicación en el control de insectos plagas/Metarhizium Sorokin genus and the microbial control of pests insects. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 5(2), 15. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.rccb.uh.cu/index.php/RCCB/article/view/153&ved=2ahUKEwjR-tTz07v0AhXVRzABHUpCuUQFnoECAMQAQ&usg=AOvVaw0uqhqjMWlw-sUNMQV7Ct1N>

Hernández, F. (2005). El manejo integrado en el control de garrapatas. *Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela*, 384-391. http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion5/articulo17-s5.pdf.

Hoddle, M., y Van Driesche, R. (2009). Biological control of insect pests. *Encyclopedia of Insects*, 106. 473. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00033-3>

Hurtado, M., y Juarez, R. (2012). Evaluación de la Patogenicidad y Esporulación del hongo Entomopatógeno Metarhizium anisopliae (Metsch Sorokin) cepa (Metagreen) en control de garrapata del ganado (Boophilus microplus) en su fase parasítica en estado ninfal en 2 etapas: en el Laboratorio de hongos Entomopatógenos de la UNAN - León y Finca Las Mercedes del Municipio de Malpaisillo. Tesis Completa ([unalanleon.edu.ni](http://unanleon.edu.ni))

Inglis, G., Goettel, M., Butt, T., y Strasser, H. (2001). Use of Hyphomycetous fungi for managing insect pests. *Libros electrónicos sobre agricultura y ciencias de la vida aplicadas de CAB International*, 3(3). <https://doi.org/10.1079/9780851993560.0023>

Inglis, G. D., Goettel, M., Butt, T., y Strasser, H. (2001). Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. Cabi. <https://www.cabi.org/cabbooks/ebook/20013125175>

Innovación Agroveterinaria CHEMIE. (2019, 11 marzo). Recuperado de <https://chemiesa.com/wp-content/uploads/2019/04/Amitraz-125-FT.pdf>

Jongejan, F., y Uilenberg, G. (2004). The global importance of ticks. Parasitol. *PubMed*, 3 (14), 91-10. Doi: 10.1017/s0031182004005967.

Jonsson, N. (2006). The productivity effects of cattle tick (Boophilus microplus) infestation on cattle, with particular reference to Bos indicus cattle and their crosses. *Veterinary Parasitology*

Junquera, P. (2014). Amidinas - Amitraz - para uso veterinario contra parásitos externos del ganado bovino, ovino, caprino, porcino y aviar, y en perros. http://parasitipedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=128

Junquera, P. Parásitos del Ganado, Caballos, Perros y Gatos: Biología y Control (28 Febrero2021).https://parasitipedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=493&Itemid=537

Lanuza, A., y Ruiz, Y. (2019). *Diagnóstico socioeconómico del Impacto de la carretera BluefieldsNueva Guinea en el Territorio Kukra River comunidad la Aurora*. [Trabajo de grado, Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe nicaragüense]. <http://repositorio.uraccan.edu.ni/1179/1/Diagn%C3%B3stico%20socioecon%C3%BCmico%20del%20Impacto%20de%20la%20carreteran%20Bluefields-Nueva%20Guinea%20en%20el%20territorio%20Kukra%20R.pdf>

Lazo, C., y Mejía, A. (2009). Evaluación In Vitro de ixodicidas para uso en bovinos sobre garrapatas adultas del género *Boophilus* spp, en los municipios de Juigalpa, Cuapa, Comalapa y Acoyapa en el departamento de Chontales. Tesis. Lic. Medicina veterinaria. Universidad Nacional Agraria, sede Camoapa, NI. 11 p

Lemke, P. (1994). The Mycota. Berlin, Springer-Verlag. *Science Direct*, 52(2), 285-293. Doi: 10.1016 / 0022-2011 (88) 90137-1

León, M., y Hernández, E. (2012). Descripción de la proteína Bm86, polimorfismo y su papel como inmunógeno en el ganado bovino infestado por garrapatas.
<https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/download/196/392?inline=1>

López, E., López, G., y Orduz, S. (2009). Control de la garrapata *Boophilus microplus* con *Metarhizium anisopliae*, estudios de laboratorio y campo. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(1), 42-46
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882009000100008

Lord, J. (2005). From Metchnikoff to Monsanto and beyond: the path of microbial control. *J Invertebr Pathol*, 89(1), 19-29. Doi: 10.1016/j.jip.2005.04.006.

Oporta López, J.J. (2017). Control microbiano de la garrapata *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) del ganado bovino, con hongos entomopatógenos en condiciones de laboratorio <https://repositorio.una.edu.ni/3547/1/tnl72o61.pdf>

Oporta López, J. J. (2022). Infección y colonización de *Metarhizium anisopliae* sensu lato, Méchnikov y Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) en huevos y adultos de la garrapata *Rhipicephalus microplus*, Canestrini (Acari: Ixodidae). Maestría thesis, Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/4578/1/tnl72o61i.pdf>

Oporta López, J.J. (2023). Manejo de garrapatas en bovino, manejo químico y biológico. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/renl73o61.pdf>

Madalena, F., Teodoro, R., Lemos, A., y Oliveira, G. (1985). Causes of variation of field burdens of cattle ticks (*Boophilus microplus*). *Revista Brasileira do Genetica*, 8 343-351. <http://sbmaonline.org.br/anais/v/palestras/pdfs/palest12.pdf>

Manzano, R., Díaz, V., y Pérez, R. (2012). *Garrapatas: características anatómicas, epidemiológicas y ciclo vital. Detalles de la influencia de las garrapatas sobre la producción y sanidad animal*, [Archivo PDF]. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/Bovinos_garrapatas_tristeza/160-garrapatas.pdf

Monzón, A. (2001). Producción, Uso y Control de Calidad de Hongos Entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas*, (63), 95-103. <http://www.bionica.info/biblioteca/Monzon2001HongoEntomopatogenos.pdf>.

Monzón, A. S. F. Producción y uso de hongos entomopatógenos. Ed. A. Monzón. UNA. NI. 63 p

NCBI. National Center for Biotechnology Information. (2015). (NCBI Taxonomy browser). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy/?term=cordycipitaceae>.

Nari, A., Eddi, C., Martins, J., y Benavides, E. (2003). Resistencia a los antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/234058021_Resistencia_a_los_antiparasitarios_Estado_actual_con_enfasis_en_America_Latina_Estudio_FAO_Produccion_y_Sanidad_Animal_157

Oca, J., Amaya, P., y Tornero, M. (2009) Situación social y medioambiental en los asentamientos de refugiados de Kukra River. [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/264881249_Situacion_social_y_medioambiental_en_los_asentamientos_de_refugiados_de_Kukra_River_Region_Autonoma_del_Atlantico_SurNicaragua

Ojeda, M., Rodríguez, R., Velasco, E., Roberto Gutiérrez, R., y Vázquez, C . (2011). Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000200005

OIBC. International Organization for Biological Control. (2013). OILB Organización Internacional para la Lucha Biológica. <https://www.iobc-global.org/>

Ouedraogo, A., Fargues, J., Goettel, M., y Lomer, C. (1997). Effect of temperature on vegetative growth among isolates of *Metarhizium anisopliae* and *M. flavoviride*. *Mycopathologia*, 137(1), 37-43. https://www.researchgate.net/publication/7483251_Effect_of_temperature_on_vegetative_growth_among_isolates_of_Metarhizium_anisopliae_and_M_flavoviride

Pérez, K., González, A., Rodríguez, A., Linares, R., Colicchia, M., Gómez, I., Peraza, S., y Gort, A. (2011). Control de garrapatas *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* en bovinos con el inmunógeno Herber biogar. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12 (5), 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63622168003>

Pfäffle, M., Petney, T., Elgas, M., Skuballa, J., y Taraschewski, H. (2009). Tick-induced blood loss leads to regenerative anaemia in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *Parasitology*, 136(4), 443-52. <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/abs/tickinduced-blood-loss-leads-to-regenerative-anaemia-in-the-european-hedgehog-erinaceus-europaeus/4CFC76A0AE0991488017B9B162252633>.

Polanco, D., y Ríos, L. (2016). Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 17(1), 81-95 <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n1/v17n1a08.pdf>

- Quiroz, H. (1990). Parasitología. Editorial Limusa, S.A de C.V. [Archivo PDF].<http://www.fmvz.uat.edu.mx/Libros%20digitales/PARASITOLOG%C3%8DA-%20H%C3%A9ctor%20Quiroz%20Romero.PDF>
- Rangel, D., Braga, G., Anderson, A., y Roberts, D. (2005). Variability in conidial thermotolerance of *Metarhizium anisopliae* isolates from different geographic origins. *Invertebr Pathol*, 88(2), 116-25. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15766928/>
- Rodríguez, M., Montero, C., Machado, H., y Joglar, M. (2001). The evaluation of yeast derivatives as adjuvants for the immune response to the Bm86 antigen in cattle. *BMC Biotechnol*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1472-6750-1-2>
- Rodríguez, R., Rosado, J., Ojeda, M., Pérez, L., Trinidad, I., y Bolio, M. (2014). Integrated control of ticks in bovine livestock. 1(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-9028201400030009#:~:text=El%20manejo%20integral%20de%20garrapatas,de%20producci%C3%B3n%20en%20los%20animales.
- Rodríguez-Alcocer, U., Rodríguez, R., Ojeda, M., Velascob, E., y Gutiérrez, R. (2014). Eficacia de la mezcla de dos cepas de *metarhizium anisopliae* (deuteromycota: hyphomycetes) para el control de *rhipicephalus microplus* en infestaciones naturales en bovinos. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93931761008.pdf>
- Rojas, J., y Portal, J. (2013). Detección in vitro de resistencia de garrapatas *boophilus microplus* a deltametrina 12.5%, amitraz 5% y coumaphos 50% en tres provincias de Perú https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/Bovinos_garrapatas_tristeza/09-Resistencia_Garrapatas.pdf
- Samish, M., Ginsberg, H., y Glazer, I. (2004). Biological Control of Ticks. *Parasitol*. Cambridge University Press, 129(1), 389 – 403. <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/biological-control-of-ticks/0ABB225E941FB3BD0ACECED0995AED87>
- Sazima, I., y Sazima, C. (2010). Cleaner birds: an overview for the Neotropics. *Biota Neotropica*, 10(4), 195-203. https://www.researchgate.net/publication/262505122_Cleaner_birds_an_overview_for_the_Neotropics
- Soberanes, N., Santamaría, M., Fragoso, H., y García, Z (2022). Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México Técnica Pecuaria en México, 40(1). <https://www.redalyc.org/pdf/613/61340106.pdf>

SCHLESKE, I. (2011). PREVALENCIA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON GARRAPATAS *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* RESISTENTES A AMIDINAS Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A SU PRESENTACIÓN EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/30456/Schleske.pdf;jsessionid=021E050C408D06BF3216F34A36DB00B0?sequence=1>

Sonenshine, D., Lane, R., y Nicholson, WL. (2002). Chapter 24: Ticks (Ixodida). Medical and veterinary entomology. En: Mullen G, Durden L. Medical and Veterinary Entomology. Amsterdam.

https://web.natur.cuni.cz/parasitology/vyuka/LekEnt_CV/Mullen%20and%20Durden%20-%20Medical%20and%20Veterinary%20Entomology%202019.pdf

Steinhaus, E. (1956). Microbial Control-The Emergence of an Idea. A Brief History of Insect Pathology through the Nineteenth Century. University of California. Berkeley California. Hilgardia.

Suárez, M., Méndez, M., Valdez, M., Moura, R., Reis, J., Vargas, N., y Ascanio, E. (2007). Control de las infestaciones de la garrapata *Boophilus microplus* en la ganadería cubana y en regiones de Latinoamérica con la aplicación del inmunógeno Gavac® dentro de un programa de lucha integral. Red Electrónica de Garrapatas y Enfermedades Transmitidas por Garrapatas para América Latina y el Caribe, RedEctopar. *Red Electrónica de Garrapatas y Enfermedades Transmitidas por Garrapatas para América Latina y el Caribe, RedEctopar*, 6, 1-17. <https://docplayer.es/21109483-Red-electronica-de-garrapatas-y-enfermedades-transmitidas-por-garrapatas-para-america-latina-y-el-caribe-redectopar-sexta-conferencia-electronica.html>

Tofiño, A., Ortega, M., Pedraza, B., Perdomo, C., Y Moya, D. (2017). Effectiveness of *Beauveria bassiana* (Baubassil®) on the common cattle tick *Rhipicephalus microplus* in the Department of Guajira, Colombia. DOI: 10.1016/j.ram.2017.10.005

Utech, K., Wharton, R., y Kerr, J. (1978) Resistance to *Boophilus microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. Australian-Journal-of-Agricultural-Research (Australia), 29(4), 885-895. <https://doi.org/10.1071/AR9780885>

Van der Hoek, R., Enciso, K., Mena, M., Díaz, M., Rodriguez, J., Garcia, A., y Burkart, S. (2021). Análisis de los datos macros a nivel de región para preparación de un plan de inversiones para la producción ganadera baja en carbono de Nicaragua. <https://cgspage.cgiar.org/bitstream/handle/10568/115395/An%C3%A1lisis%20de%20los%20datos%20macros%20para%20inversiones%20ganader%C3%ADa%20baja%20en%20carbono%20Nicaragua.pdf?sequence=1>. Pag. 1

Valbuena, D., y Alzate. (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) microplus (canestrini) (acari: ixodidae) en su fase parasítica en los estados larval y ninfal <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8952/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wang, C., y St Leger, R. (2007). The MAD1 adhesin of Metarhizium anisopliae links adhesion with blastospore production and virulence to insects, and the MAD2 adhesin enables attachment to plants. *Eukaryotic cell*, 6(5), 808-16. Doi: 10.1128/EC.00409-0

Waladde, S., Young, A., y Morzaria, S. (1996). Artificial feeding of ixodid ticks. *Parasitol Today*, 12(7), 272-8. doi: 10.1016/0169-4758(96)10027-2

Webster, A., Pradel, E., Souza, U., Martins, J., Reck, J., Schrank, A., y Klafke, G. (2017). Does the effect of a Metarhizium anisopliae isolate on Rhipicephalus microplus depend on the tick population evaluated. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 8(2), 270-274. doi: 10.1016/j.ttbdis.2016.11.012

Willadsen, P. (2006). Tick control: Thoughts on a research agenda. *Vet. Parasitol*, 138(1-2), 161-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16497440/>

Yáñez, C. (2013). Determinación de la Incidencia de Anaplasmosis y Babesiosis en el ganado bovino sometido a explotación en la parroquia Huigra, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. [Tesis. universidad Técnica de Ambato. Ambato, EC]. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3793/Tesis02Vet..pdf?sequence=1>

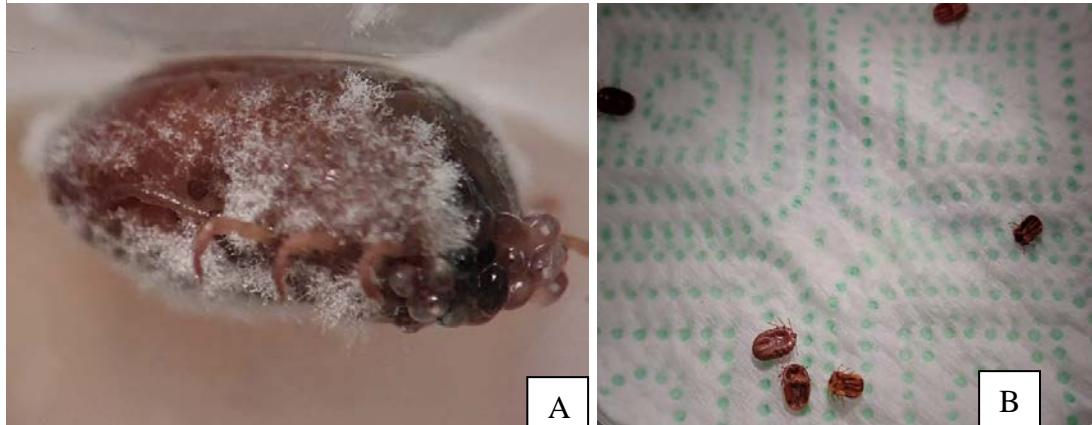
Yari, D. (2018). Efecto del hongo entomopatógeno (beauveria bassiana) en el control de garrapatosis en ganado bovino del distrito huamboamazonas2018. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2196/BC-TES-TMP-1069.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zimmermann, G. (1993). The entomopathogenic fungus Metarhizium anisopliae and its potential as a biocontrol agent. *Pesticide Science*, 37(4), 375-379. <https://doi.org/10.1002/ps.2780370410>

Zimmermann, G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii. *Biocontrol Science and Technology*, 17(6), 553-596. <http://doi.org/10.1080/095801309006>

IX. ANEXO

Anexo 1. Garrapata infectada e incubación.



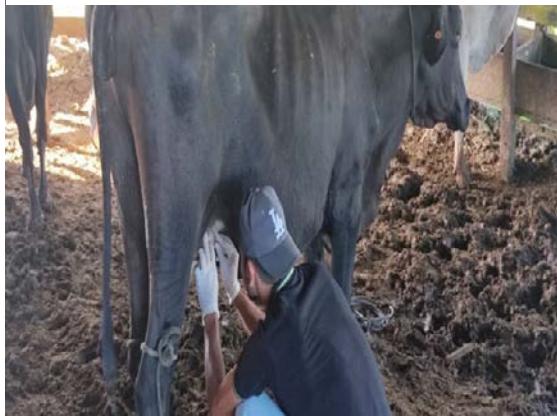
Fuente propia. Garrapatas colectadas de bovinos, con signos de hongos entomopatógenos 5 días después de la incubación en cámara humeda. A). Garrapata colonizada por *B.bassiana*, se observan huevos infectados y oviposición incompleta. B). Garrapatas que presentan melanización y muerte por *M. anisopliae* en aceite.

Anexo 2. Selección del hato a estudiar en grupos de 10 en la finca el Encanto en la comunidad la Aurora Kukra Rivers RAACS.



Fuente Propia: Finca el encanto, Bluefields

Anexo 3. Conteo de garrapatas antes de los tratamientos.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 4. Vaca infestada por garrapatas de forma natural.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 5. Preparación de los tratamientos.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 6. Aplicación de los tratamientos.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 8. Preparación y recolecta de las garrapatas en el laboratorio.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 7. Conteo de garrapatas post tratamientos.



Anexo 9. Preparación de los materiales en el laboratorio.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields.

Anexo 10. Observación de las garrapatas en el microscopio.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 12. Incubación de las garrapatas en el laboratorio UNA Juigalpa.



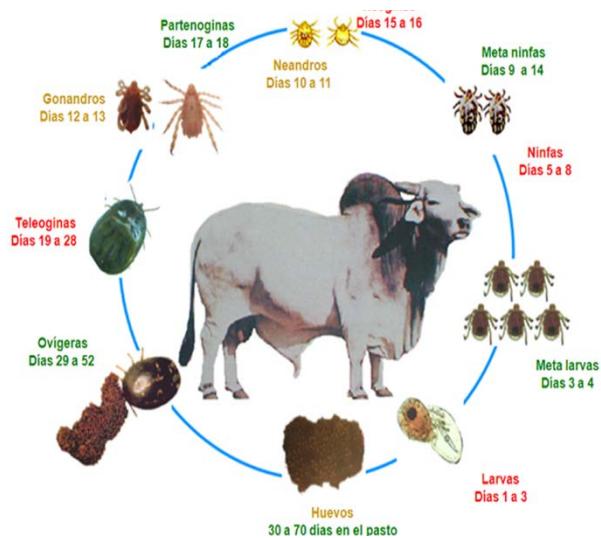
Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 11. Garrapatas infectadas con los tratamientos.



Fuente Propia: Finca el encanto,
Bluefields

Anexo 13. Ciclo biológico de Las garrapatas



Fuente: Ciclo biológico de las garrapatas
Rhipicephalus microplus [fotografía], Soluvet,
SA, 2021.

Universidad Nacional Agraria
Hoja de muestreo de garrapatas

Finca: EL ENCANTO

Fecha: 12/01/23

Tratamiento	Animal	No. de garrapatas	Observaciones
<i>B. bassiana</i>	pimienta	208	No se observó alteraciones en las vías respiratorias. Daños en la piel a causa de la infestación de garrapatas.
	la guatusa	72	
	la coneja	126	
	la avispa	66	
	la oropéndola	102	
	ardilla	108	
	milagro	134	
	currita	34	
	la violina	126	
	la caitona	42	
<i>M.anisopliae</i> en Agua	Tigra	180	No se observó alteraciones en las vías respiratorias. Daños en la piel a causa de la infestación de garrapatas.
	Cangreja	100	
	Sardina	96	
	Garrapata	50	
	Pulga	38	
	Pintura	70	
	Muñeca	34	
	Sucia	110	
	Tetona	176	
	Extranjera	78	
<i>M.anisopliae</i> en Aceite	Garza	62	No se observó alteraciones en las vías respiratorias.
	Pinta	92	
	Maruleta	44	
	Urraca	82	
	Lechuza	60	Daños en la piel a causa de la infestación de garrapatas.
	Empanada	112	
	cola blanca	94	
	Osita	84	

	Bicicleta	180	
	Píchela	184	
Amitraz	Tijula	78	No se observó alteraciones en las vías respiratorias.
	Zopilota	88	
	Sanata	168	
	Aguja	300	Daños en la piel a causa de la infestación de garrapatas.
	Ladrona	142	
	Toronjita	40	
	Ñoca	114	
	Chocolata	104	
	Cachito	36	
	Cantarito	52	
Testigo	Gaviota	70	No se observó alteraciones en las vías respiratorias.
	Perica	30	
	Felipa	54	
	Giganta	36	Daños en la piel a causa de la infestación de garrapatas.
	Coqueta	28	
	Pujagua	46	
	Nalgona	30	
	Muñequita	48	
	Servanda	52	
	Conga	58	