



***Revisión sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma spp* como biocontrol de la garrapata *Rhipicephalus microplus****

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO TRABAJO DE  
GRADO**

**BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE 2021**



*Revisión sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma spp* como biocontrol de la garrapata *Rhipicephalus microplus**

**DANIELA AGUDELO BECERRA**

**KELLY ALEXANDRA BELTRAN ESPITIA**

**JENNIFER BOLIVAR PEREZ**

**Asesora**

**RUTH PAEZ DIAZ MSc**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO TRABAJO DE  
GRADO**

**BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE 2021**



***Revisión sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma spp* como biocontrol de la garrapata *Rhipicephalus microplus****

**APROBADA** \_\_\_\_\_

**JURADOS** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ASESOR** \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO TRABAJO DE**

**GRADO**

**BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE 2021**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por bendecirnos con la vida además de ser nuestro guía y permitirnos cumplir esta meta.*

*A nuestra familia por su cariño, apoyo, compañía y esfuerzo durante este proceso de formación personal y profesional ya que gracias a ellos hemos llegado hasta aquí siendo quienes somos ahora.*

*Finalmente, a todas las personas que nos apoyaron de alguna manera y nos vieron crecer.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A nuestra familia por el esfuerzo, dedicación, paciencia, por su confianza y por todo lo que han hecho a lo largo de nuestra carrera y de nuestra vida.*

*A la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, a nuestros docentes y compañeros por los conocimientos, experiencias y oportunidades compartidos.*

*A la profesora Ruth Páez asesora de nuestro trabajo de grado por compartir su saber y ser nuestra guía especialmente en la recta final de nuestra carrera.*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	10
INTRODUCCIÓN .....	12
1.OBJETIVOS.....	13
1.1 Objetivo general.....	13
1.2 Objetivos específicos.....	14
2. ANTECEDENTES .....	14
3. MARCO REFERENCIAL .....	19
3.1 Ganadería .....	19
3.2 Garrapatas .....	20
3.3 Control de garrapatas .....	24
3.3.1 Hongos .....	25
3.4 Manejo de garrapatas en Colombia .....	31
4. DISEÑO METODOLÓGICO .....	33
4.1 Tipo de investigación .....	33
4.2 Alcance de la investigación .....	33
4.3 Población y muestra .....	34
4.4 Técnicas y procedimientos .....	35
4.4.1 Búsqueda y selección de información bibliográfica .....	35
4.4.2 Gestión de la información en Mendeley .....	35
4.4.3 Organización, síntesis y presentación de la información .....	35
5. RESULTADOS .....	35
6. DISCUSIÓN .....	41

6. CONCLUSIONES .....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ANEXOS.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Distribución de las referencias según temas de interés (Autoras)</i> .....	37
<i>Figura 2. Biocontrol frente a R. microplus y otros artrópodos/insectos. (Autoras)</i> .....	38
<i>Figura 3. Control biológico empleando tres hongos entomopatógenos (Autoras)</i> .....	38
<i>Figura 4. Estadio de la garrapata en estudio. (Autoras)</i> .....	39
<i>Figura 5. Estudio IN VITRO / IN VIVO.(Autoras)</i> .....	40
<i>Figura 6. Países donde se realizaron los estudios (Autoras)</i> .....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Morfología general de una garrapata hembra, vista dorsal y ventral (33). .....	68
Anexo 2. <i>Esquema general del ciclo de vida de las garrapatas</i> (40) .....	68
Anexo 3. <i>Estadios de las garrapatas en su ciclo de vida</i> (51) .....	69
Anexo 4. <i>Taxonomía de la garrapata común del ganado</i> (82) .....	69
Anexo 5. <i>Vista dorsal y ventral de la garrapata macho y hembra R. micoplus.</i> (76) .....	70
Anexo 6. <i>Ciclo biológico de la garrapata Rhipicephalus (Boophilus) microplus, incluyendo los estadios dentro del hospedero y fuera del mismo</i> (33) .....	71
Anexo 7. <i>Ciclo de vida y desarrollo de Rhipicephalus microplus.</i> (95) .....	71
Anexo 8. <i>Taxonomía de Beauveria Bassiana</i> (88) .....	73
Anexo 9. <i>B. bassiana atacando garrapatas</i> (89) .....	73
Anexo 10. <i>Morfología microscópica de Beauveria bassiana</i> (41) .....	74
Anexo 11. <i>Morfología macroscópica de Beauveria bassiana</i> (36) .....	74
Anexo 12. <i>Mecanismo de acción de Beauveria bassiana</i> (39) .....	75
Anexo 13. <i>Taxonomía de Metarhizium anisopliae</i> (50) .....	75
Anexo 14. <i>Características morfológicas de Metarhizium anisopliae</i> (42) .....	76
Anexo 15. <i>Características microscópicas de M. anisopliae</i> (73) .....	76
Anexo 16. <i>Características macroscópicas de M. anisopliae</i> (73) .....	76
Anexo 17. <i>Muscardina verde causada por M. anisopliae</i> (85) .....	77
Anexo 18. <i>Taxonomía del hongo Trichoderma spp</i> (42) .....	77
Anexo 19. <i>Cepas de Trichoderma spp. en medio PDA.</i> (44) .....	78



Anexo 20. <i>Descortezadores atacados por Trichoderma spp.</i> (44) .....	78
Anexo 21. <i>Morfología microscópica de Trichoderma spp</i> (29) .....	79
Anexo 22. <i>Artículos de investigación (Autoras)</i> .....	79
Anexo 23. <i>Artículos de revisión (Autoras)</i> .....	88



**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO**

***Revisión sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp como biocontrol de la garrapata *Rhipicephalus microplus****

## **RESUMEN**

La presente revisión se enfoca en los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp como biocontroladores de la garrapata *Rhipicephalus microplus*; un ectoparásito importante en el ganado bovino debido a que genera pérdidas económicas en este sector productivo. Durante mucho tiempo se han empleado productos químicos para la reducción de infestaciones, sin embargo, el uso de acaricidas ha dado lugar al desarrollo de cepas de garrapatas resistentes, además del impacto negativo en el medio ambiente, salud humana y animal; por ende, buscar alternativas amigables con el entorno y la salud se hace cada vez más necesario. Se cuenta con 90 referencias gestionadas en Mendeley y posteriormente se realizó un análisis estadístico sencillo teniendo en cuenta el estadio de la garrapata, concentraciones de suspensiones fúngicas empleadas, método de aplicación, tipo de estudio (in vivo / in vitro) y país donde se llevó a cabo la investigación; ya que son

factores importantes y determinantes en la efectividad del hongo. Se encontró que *B. bassiana* y *M. anisopliae* son los más estudiados en el contexto del biocontrol en comparación con *Trichoderma* spp., se deben tener en cuenta las condiciones medioambientales y características propias de los hongos y garrapatas para la efectividad de los mismos permitiendo finalmente considerar viable su uso como entomopatógenos.

**PALABRAS CLAVE:** garrapatas, hongo, entomopatógeno, control, biocontrol, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, *Beauveria bassiana*, *Metharrizium anisopliae*, *Trichoderma* spp.

**Estudiantes:** Daniela Agudelo Becerra, Kelly Alexandra Beltran Espitia y Jennifer Bolivar Perez.

**Docente:** Ruth Paez Diaz.

**Institución:** Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

**Fecha:** septiembre de 2021.

## INTRODUCCIÓN

La garrapata *Rhipicephalus/Boophilus microplus*, es un ectoparásito hematofago obligado que provoca daños directos e indirectos en el ganado además de ser un vector de diferentes enfermedades importantes en los bovinos, afectando a la industria ganadera debido a las pérdidas económicas ocasionadas en los diferentes sistemas de producción. El control de estos artrópodos durante años se ha basado en acaricidas químicos; donde su composición varía principalmente en el compuesto activo siendo más comúnmente utilizados los organofosforados, carbamatos, piretroides, formamidinas y lactonas macrocíclicas<sup>2</sup>, dando lugar a la presencia de residuos en los productos obtenidos del ganado y el medio ambiente, afectando negativamente la salud humana y animal, además las concentraciones empleadas y aplicación en frecuencias inadecuadas favorecen el desarrollo de cepas de garrapatas resistentes que se refleja en el aumento de las infestaciones, siendo un fenómeno inevitable<sup>5</sup>.

Debido a lo anterior, se hace necesario encontrar alternativas basadas en el control integrado que sean eficaces en la reducción y control de las infestaciones, respetuosas con el medio ambiente y cuya toxicidad sea baja, con el fin de reemplazar a estos productos químicos; en respuesta a los principios de una ganadería sostenible y el enfoque de una sola salud<sup>54</sup>; teniendo en cuenta esto se disponen de opciones de control no químicos como métodos inmunológicos, genéticos y control biológico empleando enemigos naturales tales como bacterias, artrópodos, nematodos y los hongos entomopatógenos<sup>40,42</sup>.

Se encontró que *B. bassiana* y *M. anisopliae* son eficaces contra *R. microplus* mostrando una efectividad por un tiempo más prolongado con un impacto positivo en el enfoque de una sola salud (salud humana, animal y medioambiental) al reducir la

contaminación y por ende los efectos perjudiciales, sin embargo, son necesarios más estudios en relación a *Trichoderma* spp y las garrapatas destacando su efecto en plagas agrícolas. Del mismo modo, se identificaron factores determinantes para el control de garrapatas con hongos entomopatógenos; condiciones medioambientales, factores inherentes a los hongos y las garrapatas.

El presente trabajo es una monografía cuyo objetivo fue realizar una revisión documental sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp como biocontroladores de la garrapata común del ganado recopilando y resumiendo documentos para conocer la disponibilidad de información, identificando factores determinantes para su efectividad además de evidenciar ventajas y potencialidades de estos hongos entomopatógenos. Para esto se consultaron diversas bases de datos usando palabras claves; seleccionando referencias teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión definidos, además a fin de mejorar la trazabilidad en el proceso se usó la herramienta Mendeley para organizar la información. Finalmente se analizaron factores inherentes a los hongos para evidenciar sus potencialidades y así resaltar la importancia del control biológico como alternativa de control.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

Realizar una revisión documental sobre *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp en el control biológico de la garrapata común del ganado *Rhipicephalus microplus*.

## 1.2 Objetivos específicos

- Conocer la disponibilidad de información con respecto a *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp. como biocontroladores de la garrapata común del ganado.
- Identificar factores determinantes para la eficacia entomopatógena de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp.
- Evidenciar potencialidades y ventajas de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp. como biocontroladores de la garrapata común del ganado.

## 1. ANTECEDENTES

En el año 2016, Polanco et al<sup>46</sup>, en su artículo *Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras*, menciona que son "ectoparásitos hematófagos obligados" de cuatro estadios en su desarrollo (huevo, larva, ninfa y adulto) y que dependiendo del género e incluso la especie de garrapata, el número de hospederos puede variar de uno a cuatro, incluyendo diferentes especies animales. Destaca que *Rhipicephalus microplus* (anteriormente *Boophilus microplus*) es la garrapata de mayor impacto económico en México, Centroamérica, Sudamérica y Australia<sup>46</sup>.

Por otra parte Luna 1958<sup>2</sup> en su artículo artículo titulado *Algunas observaciones sobre las garrapatas y los garrapaticidas en el departamento del Valle del Cauca* ilustra estudios de los primeros aislamientos de garrapatas que fueron llevados a cabo en el departamento del Valle del Cauca, destacando el de la doctora Losada en 1901 quien encontró solamente una especie de garrapata *Boophilus Annulatus* Var. *Australis*

*parasitando* al ganado vacuno, esta determinación se llevó a cabo con un estudio en 600 especímenes machos, procedentes de 56 haciendas y 20 municipios del departamento. De igual forma en Palmira Valle, el doctor Muñoz, recolectó un ejemplar de una vaca en la hacienda Yunde en 1995, identificado como *Amblyomma* spp. De las 161 muestras; en 150 de ellas se aisló a *Boophilus microplus*, en 6 a *Dermacentor nitens* y en 5 a las dos garrapatas<sup>2</sup>.

Un estudio en 2010<sup>17</sup>, titulado *Distribución de garrapatas Rhipicephalus (Boophilus) microplus en bovinos y fincas del altiplano Cundiboyacense (Colombia)*, en el cuál se aislaron ejemplares de garrapatas en distintos estadios y en diferentes altitudes, donde el 100% de los especímenes correspondían a *Rhipicephalus microplus*, poniendo en evidencia la distribución geográfica de esta garrapata en el altiplano cundiboyacense. Se menciona que en Colombia, la presencia de esta garrapata se registra en altitudes que oscilan entre 0 y 2.600 metros sobre el nivel del mar (msnm), sin embargo hasta ese momento no se contaban con reportes de esta especie en el Altiplano cundiboyacense; una zona lechera<sup>17</sup>.

Posteriormente, en 2015 Herrera et al<sup>43</sup> publica *Distribución inusual y potencial de la garrapata común del ganado, Rhipicephalus (Boophilus) microplus, en zonas tropicales de alta montaña de los Andes colombianos*. Su objetivo fue evaluar los patrones de comportamiento de las variables climáticas y sus efectos en los ciclos biológicos de estos organismos, concluyendo que la región nororiental presenta áreas óptimas para el desarrollo de esta especie de garrapata<sup>43</sup>.

Por otro lado, en 2011, González et al<sup>21</sup> en su artículo *Evaluación de Acaricidas para el control de garrapatas (Rhipicephalus (Boophilus) microplus) que afectan al ganado bovino de doble propósito usando modelos lineales generalizados*. Se evaluaron in vitro los acaricidas químicos Alfacipermetrina, Amitraz, Cipermetrina y Ethion, utilizados en el control de la garrapata *Rhipicephalus microplus*, recolectando garrapatas adultas ingurgitadas (teleoginas) que fueron sumergidas en distintas concentraciones de los

acaricidas mencionados. Así mismo Araque et al<sup>38</sup> publicó en 2014 un estudio que también se enfocó en la resistencia a acaricidas en algunas explotaciones ganaderas de Colombia, buscando evaluar la susceptibilidad de *R. microplus* a dos ixodicidas específicos (etián y amitraz)<sup>38</sup>.

Ahora bien, en cuanto a la situación de resistencia de las garrapatas en Colombia, Corpoica<sup>3</sup> publicó un informe técnico en 1990 titulado *Infestación con garrapatas y su control en Córdoba (Colombia)*, en este se evaluaron distintos aspectos en fincas de Córdoba: carga de garrapatas en los bovinos durante la época de verano e invierno; identificación de las especies de garrapatas involucradas; razas bovinas con mayor y menor infestación; influencia de la humedad relativa, temperatura y condiciones del hospedador en cuanto a la actividad de estos ectoparásitos; además de las medidas de control empleadas (acaricidas), método de aplicación y periodicidad. En esta parte se destaca la breve mención “se indica que el uso incorrecto de los garrapaticidas eleva el riesgo de desarrollar resistencia a los mismos”. Esta es una de las primeras investigaciones en Colombia que mencionan la resistencia de las garrapatas a los acaricidas<sup>3</sup>.

Adicionalmente, en un artículo realizado en Boyacá-Colombia se observó la resistencia de las garrapatas *Rhipicephalus microplus* a organofosforados, piretroides y amitraz, exponiendo que es un fenómeno ampliamente visto en Australia y Latinoamérica. Además, se determina que las presiones evolutivas y constantes ajustes teniendo en cuenta factores de variabilidad genética causadas por mutaciones al azar o rearrreglos genéticos que son generados por el uso constante de los pesticidas, ha permitido la reproducción de individuos con el rasgo de resistencia<sup>54</sup>. También, se expone la resistencia en diferentes países como Brasil; en donde la garrapata presenta resistencia a todos los químicos excepto a fipronil y fluazuron; en Uruguay al fipronil; en Guatemala, Costa Rica, Honduras, República Dominicana, El Salvador y Panamá a los piretroides. Por último, en Colombia se presenta resistencia a varios acaricidas entre



los cuales están los organofosforados y los piretroides sintéticos<sup>54</sup>.

Después, Villa et al<sup>48</sup> en 2014 con el artículo *Resistencia in vitro a acaricidas tópicos de poblaciones de garrapatas Rhipicephalus (Boophilus) microplus provenientes de cuatro departamentos de Colombia*, Cuore et al<sup>52</sup> en 2017 con *Situación de la resistencia y primer diagnóstico de poblaciones de garrapatas Rhipicephalus (Boophilus) microplus resistente a cinco principios activos en forma simultánea en Uruguay* y finalmente Álvarez V et al.<sup>53</sup> en *Determinación, in vitro, de la eficacia de los hongos entomopatógenos, Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae, en el control de la garrapata común del ganado Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae)*, parten del problema general de resistencia de *R. microplus* a los acaricidas químicos disponibles y sus efectos en la salud pública<sup>53</sup>.

Si bien en Colombia, la historia del control de las garrapatas en su totalidad ha sido a base de químicos; evidenciando el fenómeno de resistencia debido a la modificación de las dosis y periodos de aplicación recomendados; con esto la carne o productos derivados de la ganadería se pueden estar comercializando con residuos de acaricidas, perjudicando la salud. Debido a lo anterior es necesario desplegar todos los esfuerzos para modificar la aplicación exclusiva y masiva de garrapaticidas, con el fin de retrasar la aparición de la resistencia y reducir el impacto en el medio ambiente y la salud<sup>63</sup>.

Como alternativa a los productos químicos se ha planteado el uso de hongos entomopatógenos como una opción viable, menos tóxica y amigable con el ambiente, sin embargo, para determinar realmente su eficacia es necesario conocer los *Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos*, tal como lo indica Téllez et al<sup>13</sup> en 2009. El explora los diferentes mecanismos que los hongos entomopatógenos emplean para infectar a los insectos y los que poseen los insectos para defenderse, ya que conocer estos procesos ayuda al momento de realizar aislamiento, selección y mejora de las cepas fúngicas para su uso

como controles biológicos<sup>13</sup>.

En consecuencia, muchos autores han llevado a cabo estudios, como, por ejemplo; Arguedas<sup>12</sup> que entre 2003 y 2004 evaluó la eficacia de *Metarhizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* a través de un ensayo con fase in vitro e in vivo. Determinando la efectividad del hongo sobre los distintos estadios, evaluando la reducción en la eclosión de huevos, la elevada mortalidad de larvas y teleoginas así como la disminución del número de garrapatas por animal. Luego en 2009, López et al<sup>14</sup> evaluaron la efectividad de ocho cepas de *Metarhizium anisopliae* frente a la garrapata bovina *Boophilus microplus*, llevando a cabo el ensayo en laboratorio y en campo. Se tuvo en cuenta el efecto negativo sobre la reproducción de la garrapata (oviposición), reducción de la viabilidad del huevo y disminución de la infestación por garrapatas comparando diferentes cepas y concentraciones<sup>14</sup>.

En complemento, Fernández<sup>19</sup> en 2010 publicó un artículo en el que evaluaba cepas de los hongos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la inhibición de oviposición, eclosión y potencial reproductivo en una cepa triple resistente de garrapata *Rhipicephalus microplus*, con lo que reconoció finalmente varias cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* como altamente infectivas, considerándose una alternativa viable para el control biológico. De igual forma, Álvarez<sup>53</sup> hizo una determinación in vitro de la eficacia de estos dos hongos entomopatógenos en la garrapata común del ganado bovino. Recientemente en 2018, Tofiño et al<sup>64</sup> publicó un artículo en el que se buscaba evaluar la efectividad del hongo *Beauveria bassiana* (cepa comercial Baubassil®) sobre la garrapata *Rhipicephalus microplus*, en dos fases; in vitro e in vivo. En la primera, se determinó la temperatura óptima de crecimiento por medio de cultivos y la mortalidad de las garrapatas en función de las temperaturas, mientras que, en la segunda, se trataron animales Cebú con Baubassil®<sup>64</sup>.

### **3. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1 Ganadería**

Sobre las generalidades de los bovinos se tiene que son mamíferos, rumiantes, encorvados, con hocico ancho y en el caso de las hembras poseen una ubre con cuatro pezones. Son de gran importancia para el hombre, ya que a partir de estos se obtiene carne, leche, cuero, entre otros productos comerciales; se destaca la existencia de dos especies principales de bovinos domésticos: los cebúes y los taurinos; los primeros se caracterizan por tener una giba marcada en la espalda<sup>54</sup>.

Para el año 2019, en el censo pecuario, según el ICA<sup>72</sup>; se distribuyeron un total de 27.234.027 animales bovinos. Colombia tiene una gran variedad de pisos térmicos que van desde el nivel del mar hasta el páramo, lo cual permite que haya una amplia diversidad de bovinos, para producción de carne, leche y ganado de doble propósito. Los bovinos se encuentran en los siguientes departamentos: Antioquia con el 11.35%, Casanare con el 7.84%, Córdoba con 7.84%, el 7.51% pertenece al Meta, Caquetá con 6.97%, Santander con un porcentaje de 5.94%, Cesar con 5.45%, Cundinamarca con el 5.32%, Magdalena con un 4.93% y finalmente el departamento de Bolívar con 4.49%<sup>72</sup>.

Por otro lado, las enfermedades parasitarias en general son causadas por diferentes agentes como protozoos, vermes y artrópodos, capaces de afectar al bovino de forma interna o externa y en diferentes localizaciones. Con respecto a esto, se clasifican en hemoparásitos (sangre), ectoparásitos (externos) y endoparásitos (internos), los cuales pueden ser adquiridos por diversas formas como por ejemplo alimentos y agua contaminados o picaduras de un vector, llegando a causar la muerte del animal además de millonarias pérdidas en la industria, en cuanto a los ectoparásitos existen garrapatas, moscas y ácaros capaces de afectar el ganado bovino<sup>32</sup>.

### 3.2 Garrapatas

Las garrapatas son artrópodos hematofagos obligados, tienen un impacto especial en el trópico. Pertenecen a la clase Arachnida, orden Acari o Acarina, donde a su vez se dividen en dos familias: *Ixodidae* y *Argasidae*, garrapatas duras y garrapatas blandas respectivamente, destacando en el primer caso los generos *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Hyalomma*, *Ixodes* y *Rhipicephalus* mientras que en el segundo *Argas* y *Ornithodoros*. Además, son importantes vectores de un gran número de agentes patógenos causales de enfermedades en personas y animales como bacterias, rickettsias, protozoos o virus<sup>5,46,51</sup>.

Adicional a lo anterior, estos estoparásitos pueden generar daños directos como: la acción traumática, tóxica, infecciosa y exfoliatriz; pero también pueden causar daños indirectos que se evidencian en el deterioro de la piel, disminución en la producción de carne y leche, crecimiento retrasado y predisposición de contraer enfermedades transmitidas por estas como por ejemplo la fiebre de la garrapata<sup>5,11,32,49,81</sup>.

Complementando, los bovinos son animales susceptibles a la infestación de las garrapatas, dando lugar a efectos negativos y enfermedades que complican la producción de carne, cuero y leche, ya que las garrapatas son vectores de varias enfermedades como, por ejemplo, la fiebre de la garrapata que se describe como una enfermedad febril del ganado por la transmisión de parásitos protozoarios como *Babesia bigemina*, *Babesia bovis*, *Rickettsia* y *Anaplasma marginale*; estos son hemoparásitos. En la fase aguda la clínica se va a caracterizar por presentar fiebre y anemia, acompañada de falta de apetito, pérdida de peso, baja producción de leche e incluso el riesgo de muerte para el animal<sup>6,32,49,81</sup>.

## Estructura y partes

Las garrapatas se caracterizan por que tienen un exoesqueleto formado por quitina (dureza) y elastina (resistencia), es por eso que estos artrópodos se dividen en dos grupos: garrapatas duras y garrapatas blandas. Ahora bien, se ha establecido que su cuerpo está dividido en cefalotórax y abdomen, no poseen alas, presentan ojos simples u ocelos y el estadio adulto tiene cuatro pares de patas<sup>1</sup>.

En ayuno, las garrapatas son aplanadas de forma triangular en diseño, con patas prominentes y delgadas y un rostro en forma de pico en la parte anterior, mientras que cuando las hembras están pletóricas “asemejan a una semilla o un grano de café”. Por otro lado, los miembros de la familia *Ixodidae* presentan en la parte anterior del dorso un escudo, por lo general presenta forma de un hexágono irregular, esta estructura puede ser adornada o no. Adicional a esto, en la parte posterior pueden presentar o no una serie de estrías cortas diseñando un festón, que se marcan más en los machos que en las hembras, así como una serie de surcos o depresiones, mientras que a los márgenes laterales se encuentran los ojos, aunque algunas especies carecen de ellos<sup>1</sup>, (Anexo 1).

En la parte anterior del escudo, se presenta una estructura pequeña, subtriangular denominada capítulo o cabeza. El capítulo sujeta las piezas que conforman un órgano bucal, probóscide o proboscis, órganos sensoriales para estímulos químicos y táctiles, dos quelíceros; usados para la sujeción del alimento y un hipostoma; que cumple la función de fijación al tener dientes en hileras. En la cara ventral de las garrapatas se observan dos poros, uno cercano al capítulo y el otro hacia la parte posterior; poro genital y poro anal respectivamente<sup>1</sup>.

Ahora bien, en cuanto a las patas vale la pena resaltar que en el estadio de larva la garrapata presenta 3 pares y en el estadio de ninfa y adulto 4 pares. Estas estructuras

nacen de la parte ventral del artrópodo y están conformadas por varios segmentos siendo el primero la coxa, seguido de trocánter, fémur, tibia, metatarso, tarso<sup>1</sup>.

### **Acciones nocivas de las garrapatas**

Primero, la acción traumática ya que las garrapatas tienen órganos de fijación muy fuertes y agresivos; capaces de desgarrar la piel y los vasos sanguíneos, presentando diferentes efectos como dolor, cojera, trastornos visuales y auditivos, paresia facial y de los párpados, también alopecia e infecciones secundarias por bacterias y larvas de mosca. Segundo, la acción tóxica se debe a que el parásito elimina una serie de sustancias causando “un grado de toxicidad variable en el huésped, provocando daño en tejidos, órganos y por ende en las funciones vitales del huésped”, así mismo estos parásitos en sus piezas bucales segregan sustancias químicas anticoagulantes, vasodilatadoras o hemolíticas, que pueden aumentar la permeabilidad vascular causando edema, infiltración e inflamación, además de enzimas y neurotoxinas capaces de inhibir al sistema inmune y el metabolismo, llegando a producir prurito e inflamación papulosa<sup>11</sup>.

Tercero, la acción irritativa se debe a componentes enzimáticos de la saliva y/o a la sobre-estimulación de fibras nerviosas, causando una reacción de hipersensibilidad que posteriormente produce prurito. Cuarto, la acción expoliatriz o sustractora, las garrapatas son ectoparásitos hematófagos obligados en todos sus estadios, destacando a las hembras ya que “la media de sangre ingerida hasta su repleción oscila entre 0,3-0,5 c.c”. La importancia de esta acción radica en que es el origen de la anemia y debilitamiento general haciendo al animal más susceptible a otras infecciones y/o enfermedades, a razón de la sustracción de la sangre y todos los elementos nutricionales acompañantes<sup>11</sup>.

Por último, la acción inoculadora, es consecuencia de la actividad del parásito en el hospedero y consiste en la introducción de otros patógenos. Entre las patologías más

comunes debidas a esta acción está la babesiosis, la anaplasmosis, ehrlichiosis y rickettsiosis, entre otras. Cabe resaltar que las garrapatas pueden transmitir los patógenos entre fases (transmisión transestadial) y entre una generación y la siguiente (transmisión transovárica)<sup>11,51,74</sup>.

### **Ciclo de vida**

Las garrapatas tienen reproducción sexual y son ovíparos, presentan cuatro estadios de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto; los cuales se desarrollan en un único hospedero o en varios (hospederos intermedios). En la última parte del ciclo de vida; la ninfa y el adulto están parasitando y/o infestando a su hospedero, produciendo todos los efectos directos e indirectos mencionados en el apartado anterior (Anexo 2 y 3)<sup>11,46,51</sup>.

### ***Rhipicephalus microplus***

*Rhipicephalus microplus*, más comúnmente conocida como la garrapata común del ganado, es un artrópodo de distribución cosmopolita endémica en varias regiones del mundo destacando Centroamérica y Suramérica (Anexo 4)<sup>9</sup>. Morfológicamente es una garrapata dura que tiene un tamaño medio y rostro corto. Las hembras presentan un escudo en forma de pera, los ojos se ubican en los bordes laterales del escudo, carece de festones, el surco anal no es bien definido y sus espiráculos son redondeados. En cuanto a los machos, estos presentan cuatro placas ventrales; dos adanales y dos accesorias, además de un proceso caudal o cola, destacando que la coxal es bífida (Anexo 5)<sup>90</sup>.

En cuanto a su ciclo de vida, se ha establecido que es una garrapata evolucionada y adaptada ya que necesita de un único huésped para que todos sus estadios se desarrollen. Entre los hospederos se encuentran bovinos, búfalos, caballos, asnos, cabras, ovejas, ciervos, cerdos, perros y algunos animales silvestres (Anexo 6 y 7)<sup>9</sup>.

### **3.3 Control de garrapatas**

Los métodos de control para la garrapata *Rhipicephalus microplus*, se dividen en químicos y no químicos. Los primeros rompen el ciclo de vida de la garrapata mediante la aplicación de ixodicidas en intervalos de tiempo determinados mientras que en el segundo caso se emplean métodos sostenibles y más amigables con el medio ambiente, el ganado y sus productos<sup>42</sup>.

Especialmente el control de *R. microplus* se ha basado en el uso de ixodicidas; compuestos químicos pertenecientes a la familia de los organofosforados, piretroides sintéticos, amidinas, lactonas macrocíclicas, fenilpirazolonas e inhibidores del desarrollo que, con el tiempo y la mala aplicación de los mismos, han provocado el surgimiento de cepas de garrapatas resistentes a estos acaricidas<sup>42</sup>.

En cuanto a los métodos no químicos, se encuentran los inmunológicos (vacunas), genéticos (cruces con razas de bovinos resistentes), biológicos (microorganismos y depredadores naturales), manejo de praderas (rotación, descanso y quema) y el control integrado<sup>42</sup>. Es de resaltar que el control integrado de garrapatas consiste en la asociación del medio ambiente y el ciclo de vida de la plaga, utilizando una combinación de técnicas y métodos compatibles para un adecuado control de la población de garrapatas, con la disminución drástica de la frecuencia de los tratamientos químicos y el apoyo de herramientas como las técnicas moleculares, el conocimiento de la distribución espacial las garrapatas y las poblaciones resistentes, simulación de modelos, imágenes satelitales y control biológico<sup>42</sup>.

#### **Antagonismo - control biológico**

El control biológico consiste en la liberación de enemigos naturales para controlar y reducir la población de plagas. Hay diferentes tipos de control biológico; el clásico,



consiste en la introducción de una especie exótica para el control de la plaga; el aumentativo que incrementa la población de enemigos naturales mediante crías en laboratorio; y por conservación que se basa en la modificación del entorno y las prácticas con el fin de aumentar los enemigos naturales ya existentes en el entorno<sup>40</sup>.

Ahora bien, el control biológico de las garrapatas se realiza mediante agentes biológicos como hongos entomopatógenos (*Metarhizium* sp; *Beauveria* sp), bacterias (*Cedecea lapagei*, *Escherichia coli* y *Enterobacter agglomerans*), nematodos entomopatógenos (*Heterorhabditidae* y *Steinernematidae*) y hormigas reguladoras (*Solenopsis germinata*, *S. saevissima*, *Camponotus rengira* y *Ectatomma quadridens*); que se caracterizan por afectar principalmente los estadios de vida libre, impactando en diferentes estadios del ciclo de vida de la garrapata<sup>40</sup>.

### **3.3.1 Hongos**

Los hongos son organismos eucariotas (núcleo celular organizado y membrana nuclear bien definida), aerobios, heterótrofos, con una pared celular rígida compuesta de polisacáridos, polipéptidos y quitina, no motiles, presentan un crecimiento apical, es decir del centro hacia afuera, se reproducen sexual y/o asexualmente, pueden ser unicelulares en el caso de las levaduras o pluricelulares conocidos como hongos filamentosos y se pueden dividir en dos grupos según su “coloración”; hialinos y dematiáceos. Además, se caracterizan por crecer en muchos sustratos teniendo en cuenta factores como la disponibilidad de carbohidratos, nitrógeno, humedad y temperatura<sup>24,30</sup>.

Por otro lado, los hongos no son fotosintéticos debido a la ausencia de cloroplasto y son clasificados como heterótrofos; en general su nutrición es por absorción de sustancias simples o complejas, la realizan como organismos saprófitos que toman nutrientes de la materia orgánica muerta o en estado de descomposición y/o como parásitos cuando se nutren de materia viva<sup>24,30</sup>.

Para poder desarrollarse, los hongos necesitan carbohidratos como fuente de carbono en especial glucosa, sacarosa y maltosa; nitrógeno, agua y iones como; potasio, fósforo, magnesio y en menor medida hierro, zinc, cobre y molibdeno. La mayoría de los géneros crecen entre 0 y 55°C, con un rango ideal entre 20-30°C, se desarrollan en rangos de pH entre 5,6 y 6,8 y aunque la luz no es vital para ellos, en algunos casos influye en la esporulación del mismo<sup>24,30</sup>.

A pesar de que muchos microorganismos (en este caso los hongos) pueden ser efectivos para el biocontrol no todos pueden ser utilizados, para ello es necesario que no constituyan ningún riesgo para los seres humanos, deben ser estables genéticamente, no patógenos, eficaces en un rango amplio de plagas, de fácil uso y con una relación costo-beneficio favorable para el usuario<sup>39</sup>.

Ahora bien, entre los diversos géneros de hongos que presentan propiedades entomopatógenas, se destacan: *Metarhizium sp.*, *Beauveria sp.*, *Entomophthora sp.*, *Fusarium sp.*, *Paecilomyces sp.* y *Verticillium sp.* Aquellos hongos que se utilicen como biocontrol deben garantizar la inocuidad tanto para las personas como para los animales y deben generar daños mínimos en las plantas y el ambiente<sup>24,27</sup>; por consiguiente, el uso de estos hongos involucra ciertos procesos a tener en cuenta para lograr una producción masiva, por ejemplo la preparación de materiales y medios de cultivo así como las técnicas de asepsia, cuyo objetivo principal es la acción directa del hongo en el estado más infectivo del organismo plaga de manera in vivo (en campo)<sup>39</sup>.

- ***Beauveria bassiana***

*Beauveria bassiana* (teleomorfo: *Cordyceps bassiana*) (Anexo 8) comúnmente conocido como el hongo de la enfermedad de la muscardina blanca (Anexo 9), es un hongo filamentoso entomopatógeno ubicuo en los restos de las plantas y el suelo<sup>30,86</sup>. Se ha reportado raramente como un hongo causante de hialohifomicosis en humanos,

sin embargo, es considerado un agente ecológico importante ya que regula diferentes poblaciones de insectos y/o artrópodos: “vectores de enfermedades (mosquitos y garrapatas), plagas de cultivos (mosca blanca, orugas, saltamontes, barrenadores) y también plagas ecológicamente peligrosas (hormigas rojas, termitas)”<sup>83</sup>.

### **Reproducción asexual**

*Beauveria bassiana* no posee un estado sexual conocido es por eso que pertenece al grupo de los hongos imperfectos<sup>85</sup>. Sin embargo, sus microconidios asexuales tienen un origen blástico-simpodial, es decir, que se forman a partir de una célula madre/conidiógena o bien de las propias hifas fértiles, presentando un crecimiento continuo apical que no es sincrónico ya que un conidio estimula el crecimiento del siguiente<sup>30</sup>.

### **Morfología microscópica**

Microscópicamente se observa como un hongo hialino con hifas tabicadas estrechas, “las células conidiógenas tienen forma de matraz con un inflado en la base y filamentos estrechos en zigzag en el vértice”, a los lados de estos filamentos surgen los conidios en cada punto de flexión, presentándose un crecimiento “geniculado-simpodial”. Los microconidios tienen un diámetro de 2 a 4 micras, son hialinos, unicelulares y de forma globosa u ovoide (Anexo 10)<sup>84</sup>.

### **Morfología macroscópica**

Este hongo tiene una tasa de crecimiento moderadamente rápida, las colonias alcanzan un diámetro de 1 a 3 cm después de una incubación a 25° C durante 7 días en agar glucosa de papa. Tienen una textura algodonosa, polvorienta o harinosa. La superficie es de color blanco a blanco amarillento o rosado pálido y el reverso es blanco o pálido (Anexo 11)<sup>85</sup>.

## **Modo de acción**

El desarrollo del hongo se puede dividir en dos fases y ocho etapas (Anexo 12)<sup>29,41</sup>:

La primera fase es la parasítica que comprende las siguientes etapas: adhesión (contacto hongo-hospedero y las esporas se depositan en la cutícula), germinación (a temperatura y humedad óptima se desarrolla el tubo germinativo y apresorio), penetración (mecanismos físicos y enzimáticos), producción de toxinas (actividad insecticida e inmunosupresora y destrucción física) y muerte (pérdida de la integridad estructural y deshidratación).<sup>41</sup>

Una vez terminada la fase parasítica comienza la saprofítica: multiplicación y crecimiento (unidades infectivas hifas, invasión completa), esporulación externa (el hongo emerge hacia el exterior) y producción de nuevas unidades reproductivas y/o infectivas. <sup>41</sup>

### **● *Metarhizium anisopliae***

Es un hongo anamórfico de reproducción asexual generalmente localizado en suelos y ampliamente utilizado en el control biológico, puesto que es capaz de parasitar y eliminar diversos tipos de plagas debido a sus características especiales de supervivencia y adaptación (Anexo 13). El género *Metarhizium* fue descrito en 1883 por Sorokin, en donde se identificó parasitando larvas de *Anisoplia austriaca* y su enfermedad se denominó muscarina verde<sup>80</sup>.

## **Reproducción**

Ahora bien, su reproducción es asexual, por lo que es considerado un hongo imperfecto; sus conidias se originan en forma de cadenas desde la fiálide en sucesión basipetala, su conidióforo es ramificado y se originan a partir de hifas ramificadas<sup>7,61</sup>.

### **Características microscópicas**

Presenta hifas cenocíticas, conidióforo ramificado con forma de candelabro sencillas, en pares o incluso en ramilletes, estos crecen a partir del micelio con dos o tres ramificaciones en cada septo. De las fiálides se desprenden las conidias, son estructuras delgadas en el ápice de 6-15 micras de longitud y 1,5 a 2,5 micras de diámetro. Las conidias son hialinas y pueden ser de forma cilíndrica, oval, truncadas de largas cadenas con un diámetro de 2 a 4 micras y entre 4 a 10 micras de longitud, estos presentan extremos redondeados, agrupados y lisos (Anexo 14 y 15)<sup>39,68</sup>.

### **Características macroscópicas**

Se caracteriza por ser una especie mesófila (agar dextrosa sabouraud y papa dextrosa)<sup>7</sup>, las colonias son circulares micelares de color blanco al inicio; cuando el hongo empieza el proceso de esporulación presenta variaciones en el color; en la multiplicación de las conidias se exhibe un color verde oliva característico<sup>39,80</sup>. Además para mejorar su producción es utilizado como sustrato el arroz; donde produce un pigmento amarillo el cual se difunde por el medio, este es considerado un metabolito secundario que si bien no es necesario para su crecimiento si está involucrado en la resistencia de las esporas ante ambientes desfavorables (Anexo 16)<sup>7</sup>.

### **Modo de acción**

La micosis tiene lugar en una serie de pasos: adhesión y germinación de las conidias en la cutícula (unión de las esporas a la cutícula, en condiciones favorables se desarrollan los tubos germinativos y apresorios de 12 a 18 horas post inoculación), penetración (inserción del tubo germinativo por procesos mecánicos por presión y químicos por la acción enzimática, ramificación de hifas), invasión completa de la presa (3 a 4 días) y muerte (el hongo supera la barrera inmunológica, multiplicación de las conidias, dispersión rápida, protoplastos, toxinas<sup>80</sup>).

## **Muscardina verde**

Es la micosis causada por *Metarhizium anisopliae* la cual puede presentar síntomas en larvas, ninfas o adultos de insectos y artrópodos infectados; en estadios inmaduros y adultos suele provocar pérdida de movimiento y capacidad de alimentarse, mientras que las hembras pierden la capacidad de ovipositar (Anexo 17)<sup>61,80</sup>.

### **• *Trichoderma* spp**

Se trata de un hongo aeróbico, de reproducción asexual con un crecimiento rápido y capacidad para resistir un amplio intervalo de temperaturas; es saprófito del suelo, materia orgánica (restos vegetales como madera), se encuentra ampliamente distribuido en diferentes latitudes (Anexo 18)<sup>73,89</sup>.

Se ha utilizado en la producción de enzimas y la regulación de fitopatógenos; destacando que la temperatura, aislamiento y antagonismo son variables importantes, es decir, la temperatura a la que desarrolla su óptimo crecimiento no necesariamente es la ideal para que el hongo realice su actividad antagonista<sup>33</sup>. En el mismo sentido, la luz y su espectro influye en el desarrollo del hongo y en la producción de metabolitos. Por otro lado, *Trichoderma* sp no es exigente en relación al pH del sustrato, además el desarrollo de este hongo se activa a una humedad óptima de 60%<sup>33</sup>.

## **Características macroscópicas**

Generalmente el micelio en su mayoría se encuentra sumergido, aunque algunas especies presentan micelio aéreo, algodonoso; el reverso puede ser incoloro, crema, amarillo claro a amarillo oscuro. Presenta conidiación difusa o formando pústulas color verde (Anexo 19 y 20)<sup>37</sup>.

## **Características microscópicas**

Se observan fiálides solitarias o agrupadas en forma de botella con conidios unicelulares pequeños y ovalados hialinos a verdes, lisos y subglobosos<sup>37</sup> que se mantienen agrupados por un material mucoide (Anexo 21)<sup>24</sup>.

## **Mecanismo de acción**

La acción de *Trichoderma* spp frente a organismos patógenos de las plantas se da a través de mecanismos de antibiosis, depredación, parasitismo, competencia e hiperparasitismo<sup>37</sup>. En la antibiosis, produce metabolitos que inhiben directamente o matan a otros microorganismos, por competencia cuando hay efectos dañinos sobre otro organismo utilizando recursos del medio ambiente, por último, el micoparasitismo (hiperparasitismo, parasitismo directo, parasitismo) incluye gran variedad de interacciones que generan daños morfológicos<sup>37</sup>.

## **3.4 Manejo de garrapatas en Colombia**

Los cambios climáticos, la introducción de razas susceptibles e incremento en la resistencia de ectoparásitos a los acaricidas (multirresistencia) son factores importantes que dan lugar a las infestaciones por ectoparásitos, siendo *Rhipicephalus microplus* garrapata de un solo hospedero y la de mayor impacto en la ganadería Colombiana<sup>69</sup>.

La resistencia es un problema de grandes dimensiones para los ganaderos quienes manifiestan la poca efectividad de los productos químicos empleados para controlar las garrapatas. Debido a lo anterior, para contrarrestar esto se debe trabajar desde el enfoque del manejo integrado, identificando la problemática y usando el diagnóstico de poblaciones, realizando pruebas de resistencia a acaricidas con el fin de conocer el perfil de resistencia de las garrapatas y así establecer e implementar otras estrategias y

alternativas que van desde el manejo de potreros, baños, vacunas, mejora de animales hasta otras formas de control de garrapatas como los hongos entomopatógenos y uso de extractos naturales, es decir, “UN PLAN ESTRATÉGICO BIEN DIRECCIONADO”<sup>79</sup>.

El manejo integrado de plagas además debe ir acompañado de las buenas prácticas ganaderas trabajando en el enfoque de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente; Resolución No. 00072 de 2007 del ICA, adoptando el manual de buenas prácticas de manejo para la producción y obtención de la piel de ganado bovino y bufalino; enfatizando en el capítulo 2; apartado 9 sobre los métodos de control y prevención de parásitos externos que afectan la calidad de la piel, los cuales son usados actualmente<sup>10</sup>.

Años atrás se publicó el Decreto 1840 de agosto 3 de 1994, que comprende todas las acciones y disposiciones necesarias para la prevención, control, supervisión, erradicación o manejo de enfermedades, plagas, malezas o cualquier otro organismo dañino, que afecten las plantas, los animales y sus productos, actuando en permanente armonía con la protección y preservación de los recursos naturales<sup>4</sup>.

El ICA en un documento del sector pecuario; enfermedades infecciosas de los animales que se pueden incrementar por la ola invernal, muestra una tabla relacionando la especie animal, enfermedad, síntomas y medidas de mitigación, destacando la recomendación de controlar la proliferación de plagas como garrapatas, piojos, roedores y cualquier tipo de vector. Ahora bien, en la infestación por ectoparásitos de las especies bovina, equina, ovina y caprina como medidas de mitigación establecen la aplicación de baños ectoparasiticidas o administración de productos que permitan el control de estos parásitos, empleando plaguicidas de uso veterinario o avermectinas, conforme a las instrucciones del veterinario y siguiendo las indicaciones del rotulado del producto<sup>88</sup>.



Así mismo, el Manual 2 de proyecto ganadería Colombiana sostenible trata el manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos indicando actualmente como se debe hacer el manejo de control de artrópodos y parásitos en los bovinos y el manejo de los plaguicidas usados actualmente autorizados por el ICA<sup>25</sup>. Por otro lado, el Instituto Iberoamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) y la Universidad de La Salle (Colombia), frente al enemigo común de la ganadería mundial; las garrapatas, desarrollaron una guía para el manejo de garrapatas y adaptación al cambio climático, titulada “*Las garrapatas del ganado bovino y los agentes de enfermedad que transmiten en escenarios epidemiológicos de cambio climático*”<sup>50</sup>.

A pesar de esto, en Colombia no hay un plan nacional orientado al manejo de las garrapatas o normativa dirigida específicamente a este evento, como si lo hay en México, Uruguay y Argentina<sup>87</sup>, que establece medidas para luchar y erradicar a estos ectoparásitos, indican la realización de pruebas de resistencia en laboratorio autorizados además de contar con la vigilancia gubernamental<sup>79</sup>.

## **4. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo de investigación**

Investigación de tipo mixta: se realizó una revisión documental sobre los tres hongos: *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Trichoderma* spp, que han sido empleados para el biocontrol de los diferentes estadios de la garrapata común del ganado; *R. microplus*, además se pretende realizar un análisis estadístico sencillo a partir de los documentos recopilados.

### **4.2 Alcance de la investigación**

Investigación descriptiva: el presente trabajo busca identificar las características,

propiedades, fenómenos, alcances, regularidades y futuras proyecciones en el ámbito del control biológico, describiendo las características de control biológico a través de hongos entomopatógenos utilizados y evaluados para este fin.

#### **4.3 Población y muestra**

Población: Bibliografía sobre hongos biocontroladores de garrapatas (entomopatógenos).

Muestra: Bibliografía sobre los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp como biocontroladores de la garrapata común del ganado *Rhipicephalus microplus*, recopilada de libros, bases de datos, y páginas web de entidades del orden nacional y/o internacional.

#### **Criterios de inclusión**

- El criterio de inclusión inicial más importante fue el que los documentos revisados se relacionen con el tema de interés; biocontrol de la garrapata común del ganado *R. microplus* con los hongos entomopatógenos *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Trichoderma* spp.
- Los documentos seleccionados para revisión corresponden a artículos de investigación y revisión publicados en el año 2016 y hacia adelante, con disponibilidad del texto completo y en idioma español/inglés.

#### **Criterios de exclusión**

- Publicaciones que no están relacionadas con el tema específico de interés, se excluye biocontrol usando otros microorganismos u hongos diferentes a los elegidos, búsqueda y selección inicial.
- Publicaciones en idiomas diferentes a español e inglés.
- Documentos con sólo abstract.
- Publicaciones con fecha de 2015 y anteriores.

## **4.4 Técnicas y procedimientos**

### **4.4.1 Búsqueda y selección de información bibliográfica**

Se busco información relacionada con el tema utilizando bases de datos de acceso libre, facilitadas por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca del orden nacional e internacional: Google académico o scholar, Academic Search Premier, Agricultural Science Database, Biology Database, Elsevier, FAOLEX, Fuente Académica Premier, Health & Medical Collection, ICA, Master FILE Premier, NCBI, Oxford Academic, Scielo, SENASA, Scopus, SpringerLink, Taylor & Francis, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

La búsqueda se realizó teniendo en cuenta palabras clave en español e inglés: garrapata (tick), hongo (fungi), control, biocontrol, entomopatógeno, *Rhipicephalus/Boophilus microplus*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma* spp.

### **4.4.2. Gestión de la información en Mendeley**

Se utilizará la herramienta Mendeley para gestionar la bibliografía recolectada anteriormente en las bases de datos y la web.

### **4.4.3. Organización, síntesis y presentación de la información**

## **5. RESULTADOS**

### **Fase 1: búsqueda y selección de información bibliográfica.**

El documento cuenta con un total de 90 referencias, recuperadas y revisadas a partir de las bases de datos proporcionadas por la Universidad Colegio Mayor de

Cundinamarca y búsqueda en la web, sobre tres hongos entomopatógenos específicos; *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp, empleados en el control de la garrapata común del ganado *Rhipicephalus microplus*.

Del total de referencias, el 50.0% tienen una fecha de publicación igual e inferior al año 2015 al igual que las que las correspondientes al año 2016 y en adelante. Por otro lado, el 73.33% se encuentran en el idioma español, 25.51% en inglés y 1.11% en portugués.

La revisión documental corresponde a 37 artículos de investigación, 8 artículos de revisión, 1 compendio, 1 comunicación, 2 guías, 4 imágenes, 2 informes técnicos, 2 libros, 4 manuales, 1 modulo, 3 normativas, 17 post en la web, 1 reseña, 2 trabajos de grado/tesis y 5 de otros.

### **Fase 2: gestión de la información en Mendeley.**

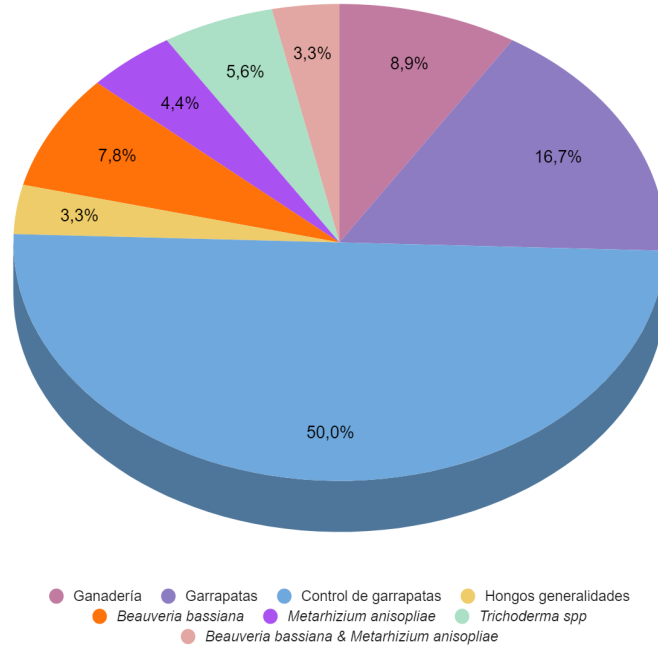
Las referencias bibliográficas del presente documento se cargaron y gestionaron en el aplicativo Mendeley, con el fin de reunir toda la información en un solo lugar facilitando su accesibilidad y el trabajo colaborativo.

### **Fase 3: organización y síntesis de la información.**

Los documentos consultados se agruparon teniendo en cuenta nueve temas de interés a nivel general como se muestra en la Figura 1, destacando que el tema de mayor importancia es el control de garrapatas.

*Figura 1. Distribución de las referencias según temas de interés.*

Fuente: Autoras, 2021.



Asimismo, del tema de control de garrapatas se tomaron 36 artículos de investigación específicamente enfocados en el control biológico de la garrapata *R. microplus* 80.55% y otros artrópodos/insectos 10.44% (Figura 2) empleando los tres hongos entomopatógenos de interés (Figura 3), evidenciando que el hongo más estudiado para tal fin es *Metarhizium anisopliae* donde 19 artículos lo evalúan, seguido de *Beauveria bassiana* con 16 y mostrando una gran brecha al compararlos con *Trichoderma spp* con 5 artículos.

Figura 2. Biocontrol frente a *R. microplus* y otros artrópodos/insectos.

Fuente: Autoras, 2021.

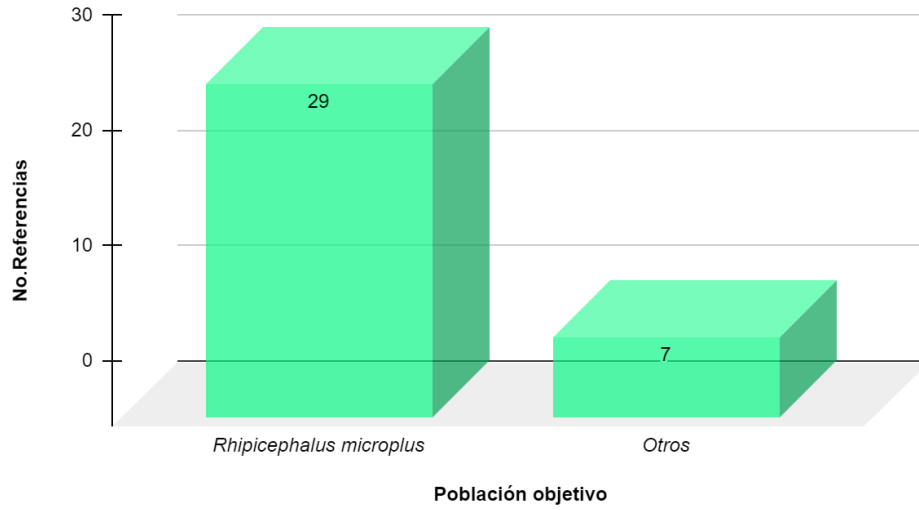
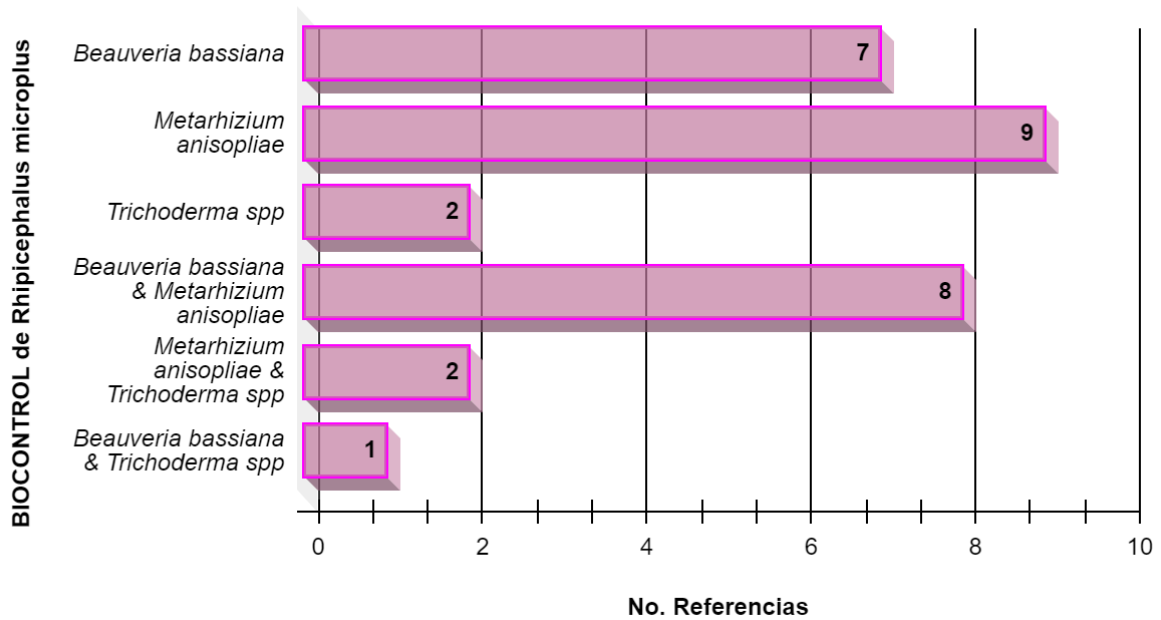


Figura 3. Control biológico empleando tres hongos entomopatógenos.

Fuente: Autoras, 2021.

### Número de referencias frente al biocontrol de *R. microplus*



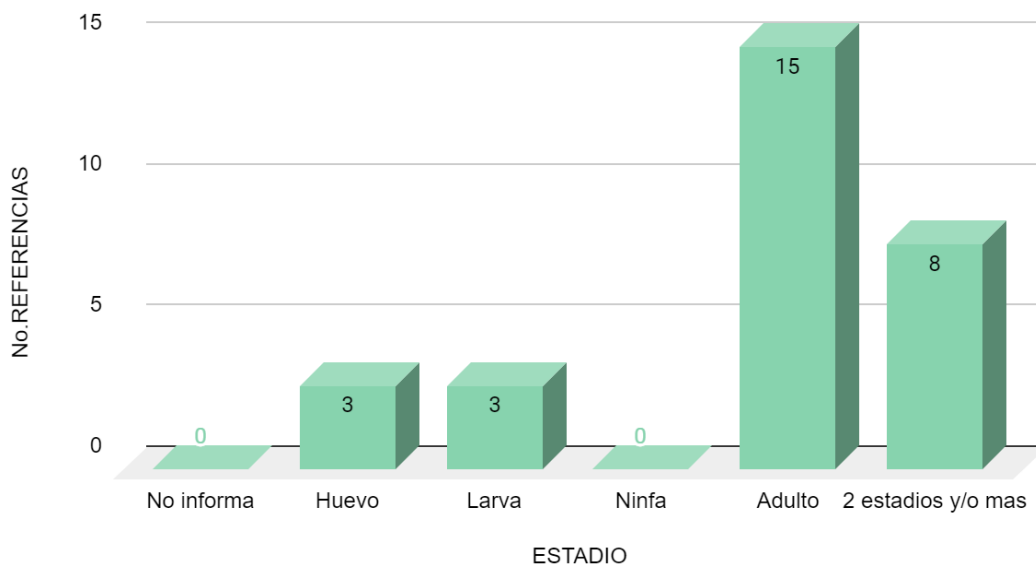
Ahora bien, en los Anexos 25 y 26 se presentan los artículos de investigación y revisión

consultados y organizados cronológicamente.

Luego a partir de los artículos de investigación se analizaron aspectos como: Estadio de la garrapata en estudio; huevo, larva, ninfa y adulto (Figura 4), suspensiones de hongos: concentraciones empleadas y concentración más eficaz; las cuales se encontraban en un rango de  $1 \times 10^3$  a  $1 \times 10^{12}$  esporas/mL, estableciendo como la más eficaz la suspensión de  $1 \times 10^6$  esporas/mL, el método de aplicación de las suspensiones: aspersión, inmersión, pulverización directa, paquete larval y tópica, si el estudio se realizó in vitro y/o in vivo (Figura 5), cepas y aislados de hongos: comerciales, de laboratorio o nativos, la dosis letal 50, 90 y 99, país donde se realizó el estudio (Figura 6) así como aspectos epidemiológicos, resistencia a químicos y mecanismo de acción de los hongos.

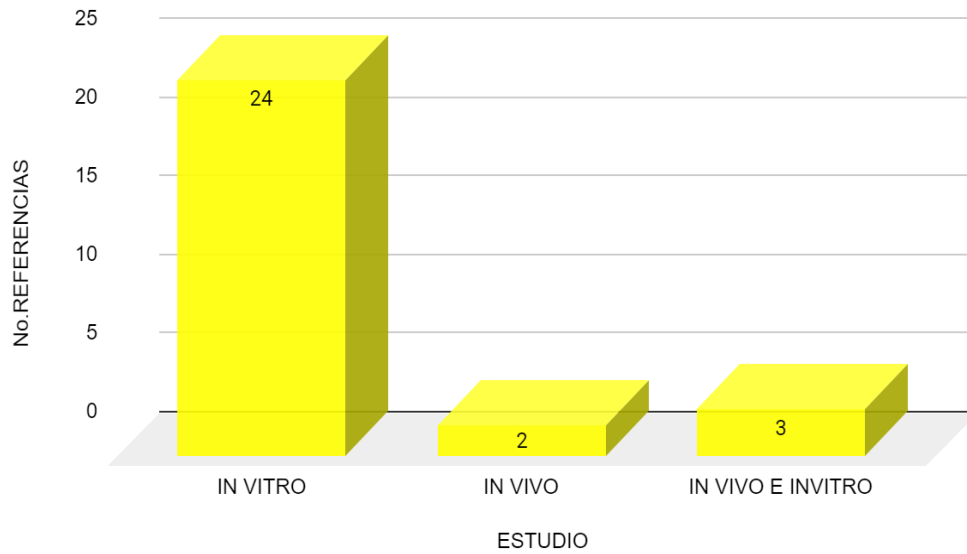
*Figura 4. Estadio de la garrapata en estudio.*

*Fuente: Autoras, 2021.*



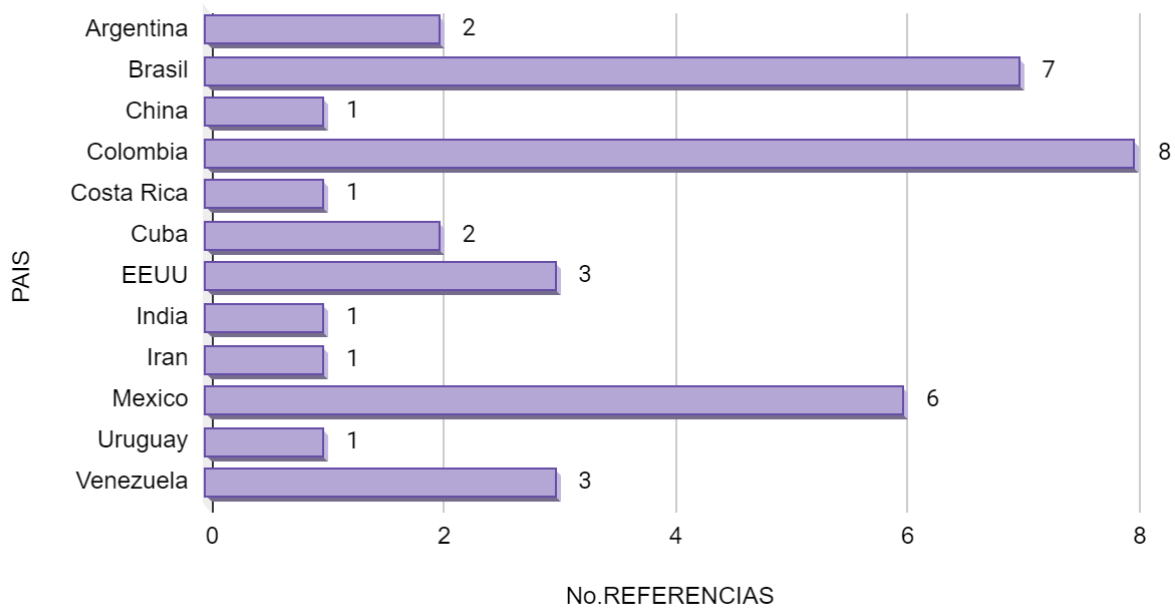
*Figura 5. Estudio IN VITRO / IN VIVO.*

*Fuente: Autoras, 2021.*



*Figura 6. Países donde se realizaron los estudios.*

*Fuente: Autoras, 2021.*



## 6. DISCUSIÓN



Los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp son una alternativa no química que en los últimos años ha cobrado relevancia en el control de plagas, en este caso la garrapata común del ganado; *Rhipicephalus microplus*. Es conocido que los ganaderos aplican altas dosis en frecuencias incorrectas de químicos (acaricidas tóxicos e ineficientes) dando lugar a la contaminación del suelo y acuíferos, envenenamiento del ganado, la aparición de cepas de garrapatas resistentes a múltiples acaricidas; además de la observación de suelos con escasa abundancia de hongos entomopatógenos, debido a esto en la actualidad se demanda agua y alimentos (carne y leche) libres de residuos químicos garantizando la seguridad del medio ambiente, los animales y las personas<sup>18,56,58,63,66,82</sup>.

En la revisión documental se encontró que los hongos más frecuentemente utilizados pertenecen a la clase de los deuteromycetes, al ser capaces de penetrar la cutícula y degradar la quitina de gran variedad de insectos para utilizarla como fuente de energía, por lo que pueden ser utilizados como un agente biocontrolador, sin embargo existen distintos aspectos a tener en cuenta para su uso y posible comercialización<sup>56</sup>, estos factores son determinantes para la actividad entomopatógena de los hongos, los cuales se pueden agrupar en tres categorías; factores externos, relacionados con los hongos y los inherentes a las garrapatas<sup>56</sup>.

Primero, las condiciones medioambientales (fuera del laboratorio) como la altitud, presencia y abundancia de hospederos, las prácticas de control o erradicación que el hombre ejerce sobre las poblaciones de garrapatas, vegetación, humedad relativa, temperatura ambiente y del hospedador, así como radiación solar son influyentes en la distribución de las garrapatas y eficacia de los hongos<sup>56</sup>. Por ejemplo, Muniz<sup>76</sup> menciona que las condiciones de estrés ambiental y los factores abióticos limitan el desarrollo de *Metarhizium* reduciendo su eficiencia; la alta y baja temperatura, reducida humedad relativa y radiación ultravioleta inciden en la virulencia contra el anfitrión y en la persistencia de los productos fúngicos en el campo<sup>76</sup>, en otro estudio por el contrario

se liberan esporas en época de lluvia debido a la alta humedad relativa que se requiere para su desarrollo pero los excesos de lluvia redujeron la dosis por el arrastre y eliminación de los conidios lo que dificultó su efectividad<sup>56</sup>.

Arguedas et al<sup>12</sup> realizaron un estudio que contaba con una fase in vitro y una fase in vivo, de manera general en ambas fases se encontró que la concentración con mayor eficiencia fue de  $10^{10}$  conidios/ ml. Esta concentración fue probada en la fase in vivo al ponerla en contacto con la superficie del animal a tratar<sup>12</sup>.

Debido a lo anterior, se encuentran diferencias notables entre los estudios in vitro e in vivo, observando un mayor efecto biocontrolador en el laboratorio en comparación con el efecto generalmente reducido en condiciones de campo tropical<sup>58</sup>. Bautista<sup>56</sup> menciona que los factores microclimáticos de los animales (secreciones químicas de la piel, microflora y temperatura de la piel) afectan negativamente a las esporas que se inoculan sobre las garrapatas durante el proceso de aspersión, teniendo en cuenta que en el laboratorio los tratamientos se aplican directamente sobre las garrapatas y no sobre el animal. Así mismo, Silveira<sup>62</sup> establece que la microbiota acompañante de un insecto se traduce en un mayor tiempo de exposición antes de observar un efecto biocontrolador en campo, partiendo del hecho que en los estudios de laboratorio las garrapatas son lavadas y tratadas con el fin de eliminar todo aquello que pueda estar en su superficie<sup>56,58,62</sup>.

Adicional a lo anterior, Bautista<sup>56</sup> también menciona que la dispersión de las esporas favorece la reducción de las infestaciones, ya que una vez se han tratado animales en un potrero en el posterior periodo de pastoreo el siguiente grupo de animales (no tratados) presentaban menor infestación por garrapatas<sup>56</sup>. En el mismo sentido, se observa una respuesta diferente al momento de evaluar los huevos de las teleoginas (masa de huevos, incubabilidad y eclosión) pues in vivo los huevos una vez puestos tienen contacto con los conidios dispersos del tratamiento previo, lo cual no sucede en

los estudios in vitro porque después del tratamiento las garrapatas pletóricas son colocadas en otro medio que es estéril (por ejemplo, una placa de Petri) donde los huevos no tienen contacto con las esporas<sup>58</sup>.

En cuanto a los aspectos inherentes de los hongos se parte de su complejo mecanismo de acción. Primero, los hongos acceden al hospedador a través de la penetración de su cutícula, mediante la adherencia de las esporas a la superficie del hospedero por medio de mucílagos y proteínas adhesivas, luego la secreción de enzimas (proteasas, quitinasas y lipasas) y desarrollo de estructuras especializadas como los apresorios que ejercen presión mecánica. Una vez el hongo se encuentra en la cavidad corporal (hemocele) de la garrapata produce enzimas para la asimilación de nutrientes y toxinas inmunosupresoras reduciendo los hemocitos en circulación. Pasado un tiempo si la infección fúngica no es eliminada el hospedero muere y se da lugar a la esporulación que facilita la transmisión de las esporas del hongo<sup>8,57</sup>. En el caso de *Trichoderma* spp, Silveira<sup>62</sup> realizó un estudio para probar la eficacia de las enzimas quitinolíticas de *Trichoderma asperellum* sobre la degradación de la cutícula de *Boophilus microplus*, los resultados arrojaron que la quitinasa, N-acetilglucosaminidasa, -1,3-glucanasa y proteasa presentan actividad enzimática causando degradaciones externas en la cutícula, permitiendo considerarlo como una opción viable para atacar a la garrapata y degradar su cutícula resistente<sup>62</sup>.

En complemento a lo anterior, Santi<sup>66</sup> realizó el análisis secretómico de *Beauveria bassiana* relacionado con la infección de la garrapata del ganado, determinando que “los componentes del secretoma son cruciales para la patogenicidad y virulencia de los hongos patógenos en general, estos pueden incluir proteínas, péptidos y otras moléculas (ácido oxálico) que manipulan procesos bioquímicos, fisiológicos y morfológicos en su huéspedes, lo que facilita la infección (factores de virulencia o toxinas) pero a su vez desencadena una respuestas de defensa”. En el estudio, se detectaron 236 proteínas de las cuales 50 se identificaron como únicas del proceso

infeccioso en la garrapata agrupadas en: adhesión del huésped, la penetración de la cutícula y la defensa fúngica y el estrés<sup>66</sup>.

Por otro lado, el medio de cultivo en el que se desarrolla el hongo puede condicionar diferentes respuestas metabólicas según la necesidad de nutrientes, Fernandez<sup>70</sup> menciona que se ha informado este fenómeno en *B. bassiana* dependiendo de si se cultiva en extractos de pupas o exudados de raíces<sup>58</sup>. En cuanto a *Metarhizium anisopliae* se ha reportado en la literatura que su crecimiento y esporulación mejora cuando se añade el arroz como sustrato al medio de cultivo donde este se va a desarrollar<sup>7,12,19, 22, 23</sup>.

Con base en sus potencialidades, se han desarrollado diferentes productos comerciales que usan esporas de hongos (micoplaguicidas) como BASSIAN en el caso de *Beauveria bassiana* siendo el más utilizado para control de plagas en el sistema agroecológico o Safermix que consiste en una mezcla de esporas de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*; empleado principalmente para el control biológico de plagas en diferentes cultivos, mencionando su aplicación por parte de algunos ganaderos para el biocontrol de *Boophilus microplus*, asperjando los pastizales e incluso ganado ya infestado<sup>47,84</sup>. Además, a través de la nanotecnología se han desarrollado formulaciones fúngicas como la microencapsulación de las conidias de *M. anisopliae* para protegerlas de las condiciones climáticas adversas e incrementar su eficacia<sup>67</sup>.

Por otra parte, las formulaciones de hongos son preparadas a base de agua o aceite, se ha demostrado que la preparación de los conidios en suspensiones oleosas proporciona mejores resultados aun en condiciones de estrés en comparación a las acuosas. Las primeras formulaciones mejoran la tolerancia de los conidios frente a los factores abióticos ambientales como el calor y las condiciones secas (deshidratación) protegiendo su viabilidad durante largos períodos, demostrando además ser un

elemento importante para transportar y dispersar propágulos de hongos al promover la interacción huésped-patógeno (las cutículas como las superficies de las conidias son lipofílicas) y en consecuencia aumentando la mortalidad<sup>16,76,78</sup>.

Por ejemplo, dos Santos<sup>78</sup> comparó la efectividad de dos productos comerciales basados en *Metarhizium anisopliae*; uno basado en conidios secos y el otro en conidios concentrados emulsionables en aceite vegetal. Se observó un retraso en la germinación de los conidios en emulsión de aceite, pero con mejores resultados; reducciones en el peso de la masa del huevo y el índice de producción de huevos, aumentó del periodo de incubación y acortamiento del periodo de eclosión, altos porcentajes de germinación y aumento de mortalidad de larvas<sup>78</sup>. Además, debido a que las formulaciones oleosas de hongos tienen efectos alentadores sobre los huevo y larvas siendo estas etapas las más susceptibles a los tratamientos, se propone que el control de garrapatas en un futuro puede centrarse en las etapas no parasitarias (esparciendo hongos directamente en el suelo y actuando como reservorio)<sup>78</sup>.

Ahora bien; se evidenciaron diferentes métodos de aplicación de las suspensiones fúngicas como: aspersion, inmersión, pulverización directa, paquete larval y tópico, siendo el más común la inmersión. En el mismo sentido, Webster<sup>57</sup> comparó dos metodologías para evaluar el efecto in vitro de *M. anisopliae*; prueba de paquete larval e inmersión larval. En la primera se impregna un papel filtro con la suspensión del hongo, se incluyen las larvas de garrapatas y se dobla el papel, en la segunda las larvas se sumergen en la suspensión del hongo durante 5 minutos y luego se colocan sobre un papel filtro, observando a grosso modo mayor mortalidad en un tiempo más corto con el método de inmersión larval en comparación con el paquete larval, teniendo en cuenta que en la inmersión ocurre un mayor contacto de los conidios con el cuerpo larvario cuando estos se sumergen en la solución mientras que en el paquete larval solo algunas partes de las larvas están en contacto con los conidios<sup>57</sup>.

Sin embargo, se encontraron artículos en los que el método utilizado no fue estrictamente la inmersión de garrapatas adultas, en un estudio realizado en la garrapata *Ixodes scapularis* utilizando adultos y ninfas, el hongo utilizado fue *Metarhizium brunneum*, evaluaron 3 métodos de exposición: Inmersión, contacto superficial y pulverización directa, los 3 métodos fueron altamente patógenos utilizando formulaciones granulares y emulsiones concentradas<sup>26</sup>,

Desde otra perspectiva, en algunos artículos revisados se mencionan los resultados en términos de dosis letal; LC<sub>50</sub>, LC<sub>90</sub> e incluso LC<sub>99</sub>. La LC<sub>50</sub>, es decir, dosis letal 50, hace referencia a la(s) concentración(es) de conidios que han ejercido un efecto letal en aproximadamente la mitad de la población de garrapatas estudiadas; uno de estos artículos fue el publicado por Posada et al<sup>15</sup>, en donde se reportó la concentración  $1 \times 10^7$  conidios/ml como la concentración en donde se alcanzó un LC<sub>50</sub>, utilizando a *B. bassiana* frente a huevos y adultos de *R. microplus*<sup>15</sup>. Bharadwaj<sup>26</sup> en su estudio con *Metarhizium brunneum* menciona que la micosis no es evidente antes de la primera semana logrando en este tiempo la LC<sub>50</sub> destacando que la concentración más efectiva fue  $10^6$  conidios/mL<sup>26</sup>.

Para complementar lo anterior, se encontró un estudio donde también se analizó la LC<sub>50</sub> la cual fue alcanzada en la concentración  $10^7$  conidios/ml en la cepa normal y resistente de *R. microplus*; en este caso el hongo evaluado fue *M. anisopliae* frente a hembras ingurgitadas empleando el método de inmersión<sup>20</sup>. En otra investigación la concentración más efectiva fue de  $10^6$  conidios/ml empleando una vez más la técnica de inmersión de garrapatas adultas en esta ocasión evaluando a *B. bassiana* junto con *M. anisopliae*, sobre huevos de la garrapata *R. microplus*<sup>8,19</sup>. En términos de dosis letal 90 LC<sub>90</sub> esta fue alcanzada por todas las cepas al emplear concentraciones menores a  $37 \times 10^6$  conidios/ml<sup>19</sup>.

Se ha demostrado que la mortalidad de las garrapatas se incrementa en la misma medida que lo hace la concentración de conidios, ya que a mayor concentración una gran cantidad de esporas se adhieren a la cutícula de la garrapata aumentando la probabilidad de que los propágulos infectivos penetren y se multipliquen dentro del cuerpo de la garrapata, causando daño y deficiencias nutricionales con la liberación de toxinas reduciendo la supervivencia de las garrapatas<sup>59,63,75</sup>.

Otro aspecto importante en la eficacia de los hongos es la cepa; Fernandez<sup>70</sup> menciona que *“se ha demostrado que algunos hongos del mismo género y especie pero aisladas en diferentes áreas, pueden tener profundas diferencias en la formación de estructuras infecciosas, adherencia a la cutícula de insectos o arácnidos, evasión del sistema inmunológico del huésped y en la producción de toxinas o enzimas contra la misma población de garrapatas influyendo en las tasas de mortalidad, periodos de infección y muerte de las garrapatas”*<sup>70</sup>. Más aún menciona que la adaptación climática en las áreas tropicales de las cepas de hongos nativas de un área determinada son un elemento clave en la patogenicidad de las mismas, en comparación a las no nativas (foráneas) que son más susceptibles a los factores climáticos externos, principalmente la temperatura y la radiación UV incidente, por eso el uso cepas nativas aumentaría la mortalidad de las garrapatas<sup>58,70</sup>.

Igualmente, en otro estudio llevado a cabo con cepas nativas de *B. bassiana* se evidencio que las cepas aisladas localmente tienen más virulencia que las cepas aisladas de laboratorio, resaltando que el número de pases hace que el hongo pierde virulencia en cada uno de ellos<sup>16</sup>, en el mismo sentido en *Metarhizium anisopliae* también se alude que la obtención de cepas nativas mejora su efectividad y virulencia para ser utilizado como hongo entomopatógeno biocontrolador<sup>16</sup>.

Así mismo, se han encontrado en los suelos de las explotaciones ganaderas una

amplia diversidad fúngica con presencia de cepas de hongos entomopatógenos patógenas y de baja patogenicidad ya adaptadas a las condiciones medioambientales del área, siendo una fuente importante de hongos viables que posteriormente pueden ser aislados para establecer las características reproductivas, los requisitos de temperatura y humedad, análisis de la virulencia, así como la determinación de perfiles de cepas para uso contra garrapatas<sup>58,65,70</sup>.

En ese sentido, los estudios de control biológico con *B. bassiana* y *M. anisopliae*, también han sido realizados en otros insectos y géneros de garrapatas no de forma exclusiva en *R. microplus*, entre los que se destacan: hembras congestionadas de *Hyalomma anatolicum*, en donde se demostró que más de la mitad de las cepas tenían un efecto patógeno en las garrapatas causando hasta un 90% de mortalidad por el método de inmersión con una concentración de  $10^8$  conidias/ml<sup>22</sup>. En adición se ha aislado a *Metarhizium anisopliae* de diferentes ordenes insectiles siendo capaz de generar un biocontrol en otro tipo de plagas como lo es la broca del café *Hypothenemus hampei* abriendo un panorama amplio para el biocontrol<sup>7</sup>.

Según Bernardo<sup>60</sup> quien evaluo la virulencia de conidios y blastosporas de *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium robertsii* y *Beauveria bassiana* sobre *R. microplus*, observando que esta varió considerablemente. El tratamiento con blastosporas en comparación a los conidios presentó índices de producción de huevos y nutrientes más bajos, además la germinación de blastosporas en la cutícula de la garrapata se apreció a las 4 horas de incubación mientras que los tubos germinativos de los conidios solo hasta las 48 horas. Estos hallazgos permiten considerar el uso de blastosporas principalmente por su rápido desarrollo en la cutícula de la garrapata<sup>60</sup>.

En aspectos inherentes a las garrapatas, se pueden mencionar aquellos que favorecen la acción de los hongos y los que funcionan como un mecanismo de resistencia. En el primer caso, se han descrito sustancias encontradas en la cutícula del artrópodo;



principalmente proteínas ricas en alanina, prolina y aminoácidos hidrofóbicos que incrementan la germinación y penetración, además de ser nutrientes que favorecen el crecimiento del hongo<sup>13,63</sup>. Sin embargo, estos artrópodos también pueden exhibir una susceptibilidad diferencial al control biológico por hongos a través de los “mecanismos de resistencia” que pueden considerarse como una posible interferencia para el control por hongos<sup>59</sup>. Entre estos mecanismos está la cutícula que funciona como una barrera física que además puede contener inhibidores naturales (microbiota acompañante) y moléculas fungistáticas sumándole la defensa inmunológica<sup>62,78</sup>.

Por otra parte, en la revisión documental los estadios de *R. microplus* más empleados fueron el adulto y larval. Los adultos corresponden a teleoginas; hembras ingurgitadas o pletóricas recolectadas de animales infectados y las larvas resultaban de la eclosión de los huevos de las teleoginas recolectadas. Varios estudios tomaban las garrapatas adultas, aplicaban la suspensión fúngica o química<sup>2</sup> y posteriormente evaluaban la letalidad en las teleoginas y a su vez el efecto en los huevos (peso total de la masa de huevo y tasa de eclosión) y larvas (mortalidad), resaltando que la aplicación directa de los conidios mejora la eficiencia del tratamiento en condiciones in vitro, ya que una vez aplicado el tratamiento en una hembra ingurgitada, las siguientes generaciones o etapas de desarrollo resultan afectadas aunque no en el mismo grado; postura de huevos, eclosión de larvas y desarrollo<sup>57, 63</sup>

Finalmente, ha sido posible comparar la efectividad de los acaricidas químicos frente a los hongos entomopatógenos, encontrando que los hongos presentan una mayor efectividad frente a *R. microplus* en comparación a los productos químicos como organofosforados, piretroides y amitraz a diferentes concentraciones, siendo eficaces contra la garrapata adulta, larvas y con efectos en la oviposición y eclosión de los huevos, por lo que es una alternativa de control muy viable<sup>55</sup>. Estos tres hongos son cosmopolitas y tienen una amplia gama de huéspedes artrópodos con alta patogenicidad para atacar plagas (virulencia relativamente específica), siendo

*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* importantes patógenos naturales de garrapatas muy estudiados, con efectos en las diferentes fases evolutivas, son fáciles y económicos de producir ya que presentan un crecimiento relativamente rápido, esporulan abundantemente especialmente en áreas con humedades relativas altas, son amigables con el medio ambiente, no son patógenos para mamíferos o plantas y son eficaces tanto en poblaciones sensibles como resistentes y multirresistentes, destacando que aún no hay informes que describen algún tipo de resistencia a los hongos entomopatógenos en garrapatas<sup>20,58,65,75,78,</sup>

Por lo anterior, es posible establecer que se encuentra disponible una cantidad considerable de información sobre *Metarhizium anisopliae* seguido de *Beauveria bassiana* en el biocontrol de la garrapata común del ganado en comparación con *Trichoderma* spp debido a la información reducida encontrada coincidiendo con Bautista<sup>56</sup>.

## **6. CONCLUSIONES**

Al finalizar la revisión bibliográfica se evidencio que existen abundantes documentos sobre el control biológico de la garrapata común del ganado (*Boophilus microplus*) empleando los hongos; *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, en comparación con *Trichoderma* spp, del cual se dispone de escasa información sobre su acción entomopatógena con respecto a este artrópodo.

De igual forma, a partir de la información recopilada fue posible determinar los mecanismos de acción, metabolitos producidos, concentraciones más efectivas, métodos de aplicación y factores importantes relacionados con el medio ambiente, las garrapatas y los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma* spp en el control de *R. microplus*, brindando una visión más amplia para el apoyo de futuras investigaciones siendo una buena base teórica.

Finalmente, el control biológico con hongos entomopatógenos es una alternativa viable para el control de garrapatas, al mitigar o reducir los efectos de los métodos de control convencionales con productos químicos en la salud humana, animal y ambiental que se han presentado a través del tiempo; así mismo las afectaciones en la industria comercializadora de productos de ganadería y sus derivados (carne, leche, cuero, entre otros), además de ser una opción más rentable y eficiente, por un periodo de tiempo prolongado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Osorno E. Las Garrapatas de la República de Colombia. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, 5 (16,17) 57-103, 1942. [Internet]. [Citado 7 Mar 2020] Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/32505/32563>
2. Luna GH. Algunas observaciones sobre las garrapatas y los garrapaticidas en el departamento del Valle del Cauca. Rev. Med. Veterinario. Zoot., 22, 119, 605 - 611. 1958. [Internet]. [Citado 7 Mar 2020]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/66986/61486>
3. Otte E, Duehnen W. Infestación con garrapatas y su control en Córdoba (Colombia). ICA-GTZ. 1990; (7): 67p. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/31900?locale-attribute=en>
4. DECRETO No. 1840 DE AGOSTO 3 DE 1994, "Por el cual se reglamenta el Artículo 65 de la Ley 101 de 1993". PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Disponible en: <http://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC02705>

5. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Medellín (Colombia). Epidemiología, diagnóstico y control de enfermedades parasitarias en bovinos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Página web. 1996. [Internet]. [Citado 26 May 2019]. Disponible en:  
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11438>
6. Gallardo JS, Morales J. Boophilus microplus (Acari: Ixodidae): PREOVIPOSICIÓN, OVIPOSICIÓN, INCUBACIÓN DE LOS HUEVOS Y GEOTROPISMO. Bioagro. 1999; 11(3): 77-87. [Internet]. [Citado 7 Mar 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/28095409\\_Boophilus\\_microplus\\_Acari\\_Ixodidae\\_preoviposicion\\_oviposicion\\_incubacion\\_de\\_los\\_huevos\\_y\\_geotropismo](https://www.researchgate.net/publication/28095409_Boophilus_microplus_Acari_Ixodidae_preoviposicion_oviposicion_incubacion_de_los_huevos_y_geotropismo)
7. Padilla G, Bernal M, Veléz P, et al. CARACTERIZACIÓN PATOGENICA Y MORFOLÓGICA DE AISLAMIENTOS DE *Metarhizium anisopliae* OBTENIDOS DE DIFERENTES ORDENES INSECTILES. Cenicafé. 2000; 51(1): 28-40. Disponible en:  
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc051%2801%29028-040.pdf>
8. Llòria MT. Garrapatas. Parásitos animales. Farm. prof. 2002; 16(5): 73-77. ELSEVIER. 2002. [Internet]. [Citado 20 Abr 2020]. Disponible en:  
<https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-garrapatas-para-sitos-animales-13031767>
9. Cañedo V, Ames T. MANUAL DE LABORATORIO PARA EL MANEJO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS. [Internet]. Lima, Perú; Centro Internacional de la Papa (CIP), octubre de 2005. Disponible en:  
<http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>
10. Samish M, Ginsberg H, Glazer I. Biological control of ticks. Parasitology (Cambridge). 2004; Tomo 129, N.º S1. DOI: 10.1017/S0031182004005219.

11. Alvarez R, et al. *Boophilus microplus* Infection by *Beauveria amorpha* and *Beauveria bassiana*: SEM Analysis and Regulation of Subtilisin-like Proteases and Chitinases. *Curr. Microbiol.* 2005; 50: 257–261. DOI:10.1007/s00284-004-4460-y
12. Ostfeld R, Price A, Hornbostel VL, Benjamin MA, Kessing F. Controlling Ticks and Tick-borne Zoonoses with Biological and Chemical Agents. *BioScience.* 2006; 56(5): 383–394. Disponible en:  
<https://academic.oup.com/bioscience/article/56/5/383/234709>
13. The Center for Food Security & Public Health, Institute for International Cooperation in Animal Biologics. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. 2007: 1-3. Disponible en:  
[https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/boophilus\\_microplus-es.pdf](https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/boophilus_microplus-es.pdf)
14. Arias AF. Resolución No. 00072 de 2007. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Pág. web de ICA, Normatividad. [Internet]. [Citado 20 Abr 2020]. Disponible en:  
<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000072%20de%202007.pdf>
15. Cruz F. GARRAPATAS. 2007. [Internet]. [Citado 20 Abr 2020]. Disponible en:  
<http://ammveb.net/clinica/garrapatas.pdf>
16. Arguedas M, Álvarez V, Bonilla R. Eficacia del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Agrón. Costarricense.*, 32(2): 137-147. [Internet]. [Citado 15 Mar 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/26595398\\_Eficacia\\_del\\_hongo\\_entomopatogeno\\_Metarhizium\\_anisopliae\\_en\\_el\\_control\\_de\\_Boophilus\\_microplus\\_Acari\\_Ixodidae](https://www.researchgate.net/publication/26595398_Eficacia_del_hongo_entomopatogeno_Metarhizium_anisopliae_en_el_control_de_Boophilus_microplus_Acari_Ixodidae)
17. Téllez A, Cruz MG, Mercado Y, Torres A, Arana A. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Rev. Mex. Mic.* 2009; 30: 73-80. [Internet]. [Citado 7 Mar 2020]. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007)

18. López E, López G, Orduz S. Control de la garrapata *Boophilus microplus* con *Metarhizium anisopliae*, estudios de laboratorio y campo. Rev. Colomb. Entomol. 35 (1): 42-46. [Internet]. [Citado 15 Mar 2020]. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0120-04882009000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-04882009000100008)

19. Posadas J, Lecuona R. Selection of Native Isolates of *Beauveria bassiana* (Ascomycetes: Clavicipitaceae) for the Microbial Control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). J. Med. Entomol. 2009; 46(2): 284–291. Disponible en:

<https://academic.oup.com/jme/article/46/2/284/880376?login=true>

20. Abdigoudarzi M, Esmailnia K, Shariat N. Laboratory Study on Biological Control of Ticks (Acari: Ixodidae) by Entomopathogenic Indigenous Fungi (*Beauveria bassiana*). Iranian J Arthropod-Borne Dis. 2009; 3(2): 36-43. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3385533/>

21. Cortés JA, Betancourt JA, Argüelles J, Pulido LA. "Distribución de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos y fincas del Altiplano cundiboyacense (Colombia)". Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. 2010; 11(1): 73-84. [Internet]. [Citado 28 Mar 2020]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/306023814\\_Distribucion\\_de\\_garrapatas\\_Rhipicephalus\\_Boophilus\\_microplus\\_en\\_bovinos\\_y\\_fincas\\_del\\_Altiplano\\_cundi\\_boyacense\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/306023814_Distribucion_de_garrapatas_Rhipicephalus_Boophilus_microplus_en_bovinos_y_fincas_del_Altiplano_cundi_boyacense_Colombia)

22. Domínguez DI, Rosario R, Almazán C, Saltijeral JA, De la Fuente J. *Boophilus microplus*: ASPECTOS BIOLÓGICOS Y MOLECULARES DE LA RESISTENCIA A LOS ACARICIDAS Y SU IMPACTO EN LA SALUD ANIMAL. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2010; 12(2): 181 - 192. [Internet]. [Citado 28 Mar 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93913070001>

23. Fernández M, Berlanga AM, Cruz C, Hernández VM. Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la inhibición de oviposición, eclosión y potencial reproductivo en una cepa triple resistente de garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae). ENTOMOTROPICA, 25(3): 109-115. [Internet]. [Citado 15 Mar 2020]. Disponible en:

[https://www.academia.edu/23429539/Evaluaci%C3%B3n\\_de\\_cepas\\_de\\_Beauveria\\_bassiana\\_y\\_Metarhizium\\_anisopliae\\_sobre\\_la\\_inhibici%C3%B3n\\_de\\_oviposici%C3%B3n\\_eclosi%C3%B3n\\_y\\_potencial\\_reproductivo\\_en\\_una\\_cepa\\_triple\\_resistente\\_de\\_garrapata\\_Rhipicephalus\\_Boophilus\\_microplus\\_Canestrini\\_Acari\\_Ixodidae](https://www.academia.edu/23429539/Evaluaci%C3%B3n_de_cepas_de_Beauveria_bassiana_y_Metarhizium_anisopliae_sobre_la_inhibici%C3%B3n_de_oviposici%C3%B3n_eclosi%C3%B3n_y_potencial_reproductivo_en_una_cepa_triple_resistente_de_garrapata_Rhipicephalus_Boophilus_microplus_Canestrini_Acari_Ixodidae)

24. Adames M, Fernández M, Peña G, Hernández VM. Effects of passages through a suitable host of the fungus, *Metarhizium anisopliae*, on the virulence of acaricide susceptible and resistant strains of the tick, *Rhipicephalus microplus*. J. Insect Sci. 2011; 1(1): 1-13. Disponible en: [www.insectscience.org](http://www.insectscience.org)

25. González A, Tapias D, Pérez M, Carvajalino M, Velandia D, Borges R. EVALUACIÓN DE ACARICIDAS PARA EL CONTROL DE GARRAPATAS (*RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS*) QUE AFECTAN AL GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO USANDO MODELOS LINEALES GENERALIZADOS. Rev. Fac. Agron. 28: 487-502. [Internet]. [Citado 28 Mar 2020]. Disponible en:

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26895>

26. García MA, Cappello S, Molina RF. Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae*. Horiz. Sanitario [Internet]. 2011 [citado 15 Mar 2021]; 10(2): 21-28. Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx/index.php/horizonte/article/view/229/170>

27. Sun M, et al. Virulence of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces lilacinus* to the engorged female *Hyalomma anatolicum anatolicum* tick

(Acari: Ixodidae). Vet. Parasitol. 2011; 180(3 a 4): 389-393.

DOI:10.1016/j.vetpar.2011.03.027.

28.Garcia M, et al. Effect of *Metarhizium anisopliae* fungus on off-host *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* from tick-infested pasture under cattle grazing in Brazil. Vet. Parasitol. 2011; 181(2 a 4): 267-273. DOI:10.1016/j.vetpar.2011.04.031

29.Arenas R. Micología médica ilustrada. 4ta ed. México, D.F.: McGraw-Hill. Libro PDF. 2011. [Citado 5 Nov 2020].

30.Giraldo C, Reyes LK, Molina J. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Proyecto ganadería Colombiana sostenible, Manual 2. 2011. [Internet]. [Citado 20 Abr 2020]. Disponible en:

<http://www.cipav.org.co/pdf/2.Manejo.Integrado.de.Plagas.pdf>

31.Bharadwaj A, Stafford KC. Susceptibility of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) to *Metarhizium brunneum* F52 (Hypocreales: Clavicipitaceae) Using Three Exposure Assays in the Laboratory. J. Econ. Entomol. 2012; 105(1): 222-231. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1603/EC11169>

32.Fernandez E. Bittencourt V. Roberts D. Perspectivas sobre el potencial de los hongos entomopatógenos en el control biológico de garrapatas. Exp. Parasitol. 2012; 130 (3): 300-305. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014489411003419>

33.Leon MA, Hernandez EC. Descripción de la proteína Bm86, polimorfismo y su papel como inmunógeno en el ganado bovino infestado por garrapatas. NOVA. 2012; 10(17): 111-134. Imagen. 2012. [Citado 25 Oct 2020]. Disponible en:

<https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/196/392>

34.Damas G. AISLAMIENTO Y EFECTIVIDAD DE *Beauveria bassiana* VILLEMEN



PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA CUCARACHA URBANA *Periplaneta americana* L. Tesis. Universidad autónoma de nuevo león facultad de ciencias biológicas. 2012. [Internet]. [Citado 15 Mar]. Dipsonibe en:

<http://eprints.uanl.mx/2707/1/1080227494.pdf>

35. Bonifaz A. Micología médica básica. 4ta ed. Mexico D.F McGraw-Hill interamericana. Libro PDF. 2012. [Citado 24 Ene 2020].

36. Sugliano G. CONTROL DE INSECTOS-PLAGA EN LA AGRICULTURA UTILIZANDO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS: RETOS Y PERSPECTIVAS. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. 2012; 4(8): 42-55. Disponible en:

[https://www.academia.edu/36634927/CONTROL\\_DE\\_INSECTOS\\_PLAGA\\_EN\\_LA\\_AGRICULTURA\\_UTILIZANDO\\_HONGOS\\_ENTOMOPATOGENOS\\_RETOS\\_Y\\_PERSPECTIVAS](https://www.academia.edu/36634927/CONTROL_DE_INSECTOS_PLAGA_EN_LA_AGRICULTURA_UTILIZANDO_HONGOS_ENTOMOPATOGENOS_RETOS_Y_PERSPECTIVAS)

37. Fedegan. Enfermedades que afectan la producción bovina. SlideShare. Página web. Feb. 2013. [Internet]. [Citado 17 Mar 2020]. Disponible en:

<https://www.slideshare.net/Fedegan/fedegananimalganaderoenfermedades-afectanproduccionbovinacolombia>

38. Martínez B, Infante D, Reyes Y. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Rev. Protección Veg. 2013; 28(1). [Internet]. [Citado 23 Mar 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/3586/1/GUIA%20NORMAS%20VANCUOVER.pdf>

39. Zambrano R. Perspectivas en el uso de hongos entomopatógenos para biológico de garrapatas con bioxinas. SlideShare. Imagen. 2013. [Internet]. [Citado 20 Mar 2021]. Disponible en:

<https://www.slideshare.net/bioxinis/perspectivas-en-el-uso-de-hongos-entomopato-genos-para-biologico-de-garrapatas-con-bioxinis>

40. Os Carrapatos. Ordem Ixodida e As Demais. Cultura mix. Página web. Imagen. 2013. [Internet]. [Citado 13 May 2020]. disponible en:  
<https://animais.culturamix.com/curiosidades/os-carrapatos-ordem-ixodida-e-as-demais>
41. Silvana, @silmdelpaula. Beauveria bassiana. Pin de Pinterest. Imagen pag web. 2013. [Internet]. [Citado 15 Feb 2021]. Disponible en:  
<https://www.pinterest.es/pin/787567053558487650/>
42. Gómez H, Soberanis W, Tenorio M et al. MANUAL DE PRODUCCIÓN Y USO DE HONGOS ANTAGONISTAS. SENASA servicio nacional de sanidad agraria. Perú. Manual PDF. 2013. [Internet]. [Citado 08 Mar 2021]. Disponible en:  
<https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Manual-de-Produccion-y-Uso-de-Hongos-Antagonistas.pdf>
43. Araque A, Ujueta S, Bonilla R, Gómez D, Rivera J. Resistencia a acaricidas en Rhipicephalus (Boophilus) microplus de algunas explotaciones ganaderas de Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 161-170. [Internet]. [Citado 28 Mar 2020]. Disponible en:  
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/951/1172>
44. Gijon A, Trejo Z, López C, Ramirez L, Arriola V, Perez I. CARACTERIZACIÓN Y EFECTIVIDAD DE Trichoderma spp. SOBRE INSECTOS. Entomología Mexicana; 2015; 2(52): 293-299. Disponible en:  
<http://entomologia.socmexent.org/revista/2015/CB/PAG%20%20293-299.pdf>
45. Agroiintegra. Control biológico. Página web. LIFE AGROIintegra. Página web. 2014. [Internet]. [Citado 26 Oct 2020]. Disponible en:  
<https://www.agroiintegra.eu/es/tecnologia/105-contenido/495-control-biologico.html>
46. Carballo M - Intagri. *Beauveria bassiana* en el Control Biológico de Patógenos. Intagri. Post en la página web, disponible en PDF. 2014. [Internet]. [Citado 26 Mar

2021]. Disponible en:

<https://www.agrointegra.eu/es/tecnologia/105-contenido/495-control-biologico.html>

47. Rodríguez RI, Rosado JA, Ojeda MM, Pérez LC, Trinidad I, Bolio ME. CONTROL INTEGRADO DE GARRAPATAS EN LA GANADERÍA BOVINA. Ecosistemas y recursos agropecuarios. 2014; 1(3): 295-309. [Internet]. [Citado 28 Mar 2020].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/273476509\\_Control\\_integrado\\_de\\_garrapatos\\_en\\_la\\_ganaderia\\_bovina](https://www.researchgate.net/publication/273476509_Control_integrado_de_garrapatos_en_la_ganaderia_bovina)

48. Herrera A, Rudas A, Betancourt J, Grant W y Vilchez S. Distribución inusual y potencial de la garrapata común del ganado, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, en zonas tropicales de alta montaña de los Andes colombianos. Biota Colombiana. 2015; 16(2): 75-95. [Internet]. [Citado 28 mar 2020]. Disponible en:

<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/376/374>

49. Gijón A, et al. CARACTERIZACIÓN Y EFECTIVIDAD DE *Trichoderma* spp. SOBRE INSECTOS. DESCORTEZADORES DE PINO. Entomología Mexicana Vol. 2: 293-299. Art. inv. Revista Entomología Mexicana. 2015. [Internet]. [Citado 10 Abr 2021].

Disponible en:

<http://entomologia.socmexent.org/revista/2015/CB/PAG%20%20293-299.pdf>

50. Hernández A. EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) PARA EL CONTROL DE HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS (*Atta* spp) EN EUCALIPTO; SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR. Tesis de grado. 2016 Marzo. [Internet]. [Citado 24 marzo 2020]. Disponible en:

<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/06/17/Hernandez-Alex.pdf>

51. Polanco DN, Ríos LA. Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras. Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia), 17(1):81-95. 2016.

[Internet]. [Citado 25 mar 2020]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n1/v17n1a08.pdf>

52. De Meneghi D, Stachurski F, Adakal H. Experiences in Tick Control by Acaricide in the Traditional Cattle Sector in Zambia and Burkina Faso: Possible Environmental and Public Health Implications. *Front Public Health*. 2016; 4: 239. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5101216/>

53. Villar J, Gutiérrez J, Piedrahita D, et al. Resistencia in vitro a acaricidas tópicos de poblaciones de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* provenientes de cuatro departamentos de Colombia, *Rev. Ces. Med. Vet. Zotec*. 11(3): 58-70 [Internet].

[Citado 29 Mar 2020]. Disponible en:

<http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/4140>

54. Ortiz E, Prada J, Juménez LC. Las garrapatas del ganado bovino y los agentes de enfermedades que se transmiten en escenarios epidemiológicos, de cambio climático. Guía para el manejo de garrapatas y adaptación al cambio climático. Universidad de la Salle, Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (ICA). [Internet].

[Citado 18 abr 2020]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4212e/B4212e.pdf>

55. IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. LANZAN NUEVAS ESTRATEGIAS PARA COMBATIR LAS GARRAPATAS EN EL GANADO BOVINO.

POST. 2017 enero. [Internet]. [Citado 13 Nov 2020]. Disponible en:

<https://www.iica.int/es/prensa/noticias/lanzan-nuevas-estrategias-para-combatir-las-garrapatas-en-el-ganado-bovino>

56. Álvarez M, Castillo I, Garrastazu C, Gonzalo R, Ordóñez J. Dípteros y garrapatas: un problema de salud pública. Dípteros y garrapatas: un problema de salud pública USO RESPONSABLE DE LOS REPELENTES. Libro. 2017, Marzo. [Internet]. [Citado 26 Abr 2020]. Disponible en:

<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM017994.pdf>

57. Cuore U, Solari MA, Trelles A. Situación de la resistencia y primer diagnóstico de poblaciones de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistente a cinco principios activos en forma simultánea en Uruguay. *Veterinaria (Montev.)* 53( 205 ). 2017. [Internet]. [Citado 18 Abr 2020]. Disponible en:

[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-48092017000100002](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-48092017000100002)

58. Álvarez V, Matamoros T, Mena AL. Determinación, in vitro, de la eficacia de los hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, en el control de la garrapata común del ganado *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae), *Rev. Ciencias Veterinarias*, 35(1): 43-57. [Internet]. [Citado 29 Mar 2020]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/318075016\\_Determinacion\\_in\\_vitro\\_de\\_la\\_eficacia\\_de\\_los\\_hongos\\_entomopatogenos\\_Beauveria\\_bassiana\\_y\\_Metarhizium\\_anisopliae\\_en\\_el\\_control\\_de\\_la\\_garrapata\\_comun\\_del\\_ganado\\_Rhipicephalus\\_Boophilus\\_microplus\\_Acari\\_I](https://www.researchgate.net/publication/318075016_Determinacion_in_vitro_de_la_eficacia_de_los_hongos_entomopatogenos_Beauveria_bassiana_y_Metarhizium_anisopliae_en_el_control_de_la_garrapata_comun_del_ganado_Rhipicephalus_Boophilus_microplus_Acari_I)

59. Instituto nacional tecnológico, dirección general de formación profesional. Manejo productivo y reproductivo en bovino, caprino, ovino y equino. Jica, INATEC. Gobierno de reconciliación y unidad nacional. 2017. [Internet]. [Citado 18 Abr 2020]. Disponible en:

[https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Bovinos\\_y\\_Equinos\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Bovinos_y_Equinos_01.pdf)

60. Sepúlveda AL, Pulido MO, Rodríguez JE, García DJ. Eficiencia in vitro de hongos entomopatógenos y productos químicos sobre *Rhipicephalus microplus*. *Revista Veterinaria y Zootecnia*. 2017; 11(2): 67-80. Disponible en:

<http://vetzootec.ucaldas.edu.co/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/235-eficiencia-in-vitro-de-hongos-entomopatogenos>

61. Bautista A, Pimentel R, Gómez A. Control biológico de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* con hongos entomopatógenos. Rev. iberoam. cienc. biol. agropecu. 2017; 6(12). Disponible en:  
<https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/68/322>
62. Webster A, Araújo U, Martins JR, Klafke G, Reck J, Schrank A. Comparative study between Larval Packet Test and Larval Immersion Test to assess the effect of *Metarhizium anisopliae* on *Rhipicephalus microplus* tick larvae. Exp. Appl. Acarol. 2018; 74(4): 455-461. DOI: 10.1007/s10493-018-0235-1
63. Fernández A, Alonso MA, Morales RA, Lezama R, Cervantes JA. PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS AND ACARICIDAL EFFECTS OF *BEAVERIA BASSIANA* OBTAINED FROM CATTLE FARM SOILS AGAINST *RHIPICEPHALUS MICROPLUS*. J. Parasitol. 2018; 104(3): 275-282. DOI: 10.1645/17-162
64. Del Pozo EM, García I, Herrera Y. Efectividad de aislados de *Beauveria bassiana* “sensu lato” sobre *Rhipicephalus microplus*. Ctro. Agr. 2018; 45(3): 5-10. Disponible en:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852018000300005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000300005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
65. Bernardo CC, Barreto LP, de S.R. e Silva C, Luz C, Arruda W, Fernandes EKK. Conidia and blastospores of *Metarhizium* spp. and *Beauveria bassiana* s.l.: Their development during the infection process and virulence against the tick *Rhipicephalus microplus*. Ticks and Tick-borne Diseases. 2018; 9(5): 1334-1342. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.06.001>
66. Perkins Ltda. METABIOL. *Metarhizium anisopliae*. Página web. 2018. [Internet]. [Citado 14 Abr 2020]. Disponible en:  
<http://perkinsltda.com.co/services/metarhizium-anisopliae/#:~:text=Metarhizium%20es%20un%20hongo%20imperfecto,a%20partir%20de%20hifas%20ramificada s>
67. Silveira A, Santana JP, Peixoto AC, Prado L, Kamp EK, Lino GR, Fernande KF.

Effect of cell wall degrading enzymes produced by *Trichoderma asperellum* on cuticle cattle tick *Boophilus microplus*. Journal of Biotechnology/Abstracts. 2018; S32–S91.

Disponibile en:

[https://www.researchgate.net/profile/Katia-Fernandes-2/publication/326821711\\_Effect\\_of\\_cell\\_wall\\_degrading\\_enzymes\\_produced\\_by\\_Trichoderma\\_asperellum\\_on\\_cuticle\\_cattle\\_tick\\_Boophilus\\_microplus/links/5c486b42458515a4c73b0436/Effect-of-cell-wall-degrading-enzymes-produced-by-Trichoderma-asperellum-on-cuticle-cattle-tick-Boophilus-microplus.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Katia-Fernandes-2/publication/326821711_Effect_of_cell_wall_degrading_enzymes_produced_by_Trichoderma_asperellum_on_cuticle_cattle_tick_Boophilus_microplus/links/5c486b42458515a4c73b0436/Effect-of-cell-wall-degrading-enzymes-produced-by-Trichoderma-asperellum-on-cuticle-cattle-tick-Boophilus-microplus.pdf)

68. Galindo AM, Pulido MO, García DJ. EFECTO DE *Beauveria bassiana* (ASCOMYCOTA) EN EL CONTROL DE *Rhipicephalus microplus* (ARACHNIDA: IXODIDA, IXODIDAE) RESISTENTE A IXODICIDAS. Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias De La Universidad Del Zulia. 2019; 28(5):331-336. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29760>

69. Tofiño AP, Ortega M, Pedraza B, et al. Efectividad de *Beauveria bassiana* (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en el Departamento de la Guajira, Colombia. Rev Argent Microbiol. 2018; 50(4): 426-430. [Internet]. [Citado 18 Abr 2020]. Disponible en:

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-microbiologia-372-avance-resumen-efectividad-beauveria-bassiana-baubassil-sobre-S0325754117301773>

70. Yoder JA, Dobrotka CJ, Fisher KA, LeBarge AP, Pekins PJ, McLellan C. ENTOMOPATHOGENIC FUNGI OF THE WINTER TICK IN MOOSE WALLOWS: A POSSIBLE BIO-CONTROL FOR ADULT MOOSE?. ALCES. 2018; 54: 55–70.

Disponibile en: <http://alcesjournal.org/index.php/alces/article/view/239/266>

71. Santi L, et al. Secretomic analysis of *Beauveria bassiana* related to cattle tick, *Rhipicephalus microplus*, infection. Folia Microbiologica. 2010; 63(3): 361–372.

DOI:10.1007/s12223-018-0659-3

72. Ruela P, Barrios R, Silva R, Romero G. EVALUACIÓN IN VITRO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE LA GARRAPATA DEL GANADO BOVINO. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. 2019; 31: 283-293. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Renny-Barrios/publication/341964945\\_EVALUACION\\_IN\\_VITRO\\_DE\\_HONGOS\\_ENTOMOPATOGENOS\\_EN\\_EL\\_CONTROL\\_DE\\_LA\\_GARRAPATA\\_DEL\\_GANADO\\_BOVINO/links/5edb25cd45851529453c0782/EVALUACION-IN-VITRO-DE-HONGOS-ENTOMOPATOGENOS-EN-EL-CONTROL-DE-LA-GARRAPATA-DEL-GANADO-BOVINO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Renny-Barrios/publication/341964945_EVALUACION_IN_VITRO_DE_HONGOS_ENTOMOPATOGENOS_EN_EL_CONTROL_DE_LA_GARRAPATA_DEL_GANADO_BOVINO/links/5edb25cd45851529453c0782/EVALUACION-IN-VITRO-DE-HONGOS-ENTOMOPATOGENOS-EN-EL-CONTROL-DE-LA-GARRAPATA-DEL-GANADO-BOVINO.pdf)

73. Arias L, Bustillo A. Caracterización morfológica de cepas de hongos entomopatógenos de *Beauveria bassiana*, *Cordyceps* spp., *Metarhizium* spp. y *Purpureocillium lilacinum*. Cenipalma. Página web. 2019 Sep. [Internet]. [Citado 5 Abr 2021]. Disponible en:

[https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/10/1.-Caracterizacio%CC%81n-morfolo%CC%81gica-de-cepas-de-hongos-entomopato%CC%81genos-de-Beauveria-bassiana\\_compressed.pdf](https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/10/1.-Caracterizacio%CC%81n-morfolo%CC%81gica-de-cepas-de-hongos-entomopato%CC%81genos-de-Beauveria-bassiana_compressed.pdf)

74. CONtexto ganadero. Esta es la garrapata que tiene mayor impacto en la ganadería. CONtextoganadero. Página web. 2019 Sep. [Internet]. [Citado 5 Abr 2021]. Disponible en:

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/esta-es-la-garrapata-que-tiene-mayor-impacto-en-la-ganaderia>

75. Fernández A, Alonso MA, Alonso RA. Effect of entomopathogenic native fungi from paddock soils against *Rhipicephalus microplus* larvae with different toxicological behaviors to acaricides. Exp. Parasitol. 2019; 204: 107729. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107729>

76. Nava S, Mangold A, Simonato G, et al. Guía para la identificación de las principales especies de garrapatas que parasitan a los bovinos en la provincia de Entre Ríos, Argentina. 1ra ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ediciones INTA, 2019. Libro



digital PDF. 2019. [Citado 18 Abr 2020]. Disponible en:

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_guia\\_identif\\_especies\\_garrapatas\\_entrerios.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_guia_identif_especies_garrapatas_entrerios.pdf)

77. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Censo pecuario año 2019. Minagricultura. 2019. [Internet]. [Citado 18 Abr 2020]. Disponible en:

<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>

78. Villegas M. Trichoderma pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. Orius BIOTECH USA. Página Web. 2019. [Internet]. [Citado 20 Oct 2020]. Disponible en:

[https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Trichoderma\\_pers.\\_Caracter%C3%A4Dsticas\\_generales\\_y\\_su\\_potencial\\_biol%C3%B3gico\\_en\\_la\\_agricultura\\_sostenible.#:~:text=El%20g%C3%A9nero%20Trichoderma%20esta%20en%20el%20ambiente%20y%20especialmente%20en%20el%20suelo.&text=Se%20encuentra%20en%20suelos%20abundantes,con%20pH%20neutro%20hasta%20%C3%A1cido.](https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Trichoderma_pers._Caracter%C3%A4Dsticas_generales_y_su_potencial_biol%C3%B3gico_en_la_agricultura_sostenible.#:~:text=El%20g%C3%A9nero%20Trichoderma%20esta%20en%20el%20ambiente%20y%20especialmente%20en%20el%20suelo.&text=Se%20encuentra%20en%20suelos%20abundantes,con%20pH%20neutro%20hasta%20%C3%A1cido.)

79. Acevedo Y, Paternina LE, Pérez JC, Londoño AF, López G, Rodas JD. GARRAPATAS DURAS (ACARI: IXODIDAE) DE COLOMBIA, UNA REVISIÓN A SU CONOCIMIENTO EN EL PAÍS. Acta biológica Colombiana. 2020; 25(1): 126-139. [Internet]. [Citado 20 Jul 2021]. Disponible en:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/75252>

80. García I, Minel Del Pozo E, Arteaga G. Eficacia de Metarhizium anisopliae sensu lato (Metsch.) Sorokin sobre Rhipicephalus microplus Canestrini. Revista Centro Agrícola. 2020 Enero. [Internet]. [Citado 20 Jul 2020]. Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852019000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

81. Muniz ER, Paixão FR, Barreto LP, Luz C, Arruda W, Angelo IC, Fernandes EK.

Efficacy of *Metarhizium anisopliae* conidia in oil-in-water emulsion against the tick *Rhipicephalus microplus* under heat and dry conditions. *BioControl* (2020) 65:339–351. [Internet]. [Citado 26 Jul 2021]. Disponible en:

<https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2425/article/10.1007/s10526-020-10002-5>

82. Arctos. *Boophilus microplus*. 2020 Mayo. Web base de datos. [Internet]. [Citado 23 oct 2020]. Disponible en:

<https://arctos.database.museum/name/Boophilus%20microplus>

83. Dos Santos MR, Guedes M, Balduino CJ, Marciano AF, Quinelato S, Clemente de Freitas M, Fiorotti J, Araújo de Sá F, Marcelo de Souza W, Bittencourt VR. In vitro efficacy of two commercial products of *metarhizium anisopliae* s.L. for controlling the cattle tick *rhhipicephalus microplus*. *Braz J Vet Parasitol* 2020; 29(2): e000220. [Internet]. [Citado 24 Jul 2021]. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/4pkDk9vjktjhjVw78fyYQDg/?lang=en>

84. Orozco M. No existe un remedio “mágico” para eliminar garrapatas, hay opciones viables en manos de productores. *CONtextoganadero*. Página Web. 2020 Oct. [Internet]. [Citado 24 Sep 2020]. Disponible en:

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/no-existe-un-remedio-magico-para-eliminar-garrapatas-hay-opciones-viables-en>

85. Vázquez J. *Metarhizium anisopliae*: características, taxonomía, morfología. Página web. 2020 Diciembre. [Internet]. [Citado 23 Mar 2021]. Disponible en:

[https://www.lifeder.com/metarhizium-anisopliae/#:~:text=La%20especie%20Metarhizium%20anisopliae%20\(Metchnikoff,divisi%C3%B3n%20Ascomycota%2C%20del%20reino%20Fungi](https://www.lifeder.com/metarhizium-anisopliae/#:~:text=La%20especie%20Metarhizium%20anisopliae%20(Metchnikoff,divisi%C3%B3n%20Ascomycota%2C%20del%20reino%20Fungi)

86. Organización mundial de sanidad animal (OIE). Sanidad animal en el mundo. Página web. 2020. [Internet]. [Citado 10 Jul 2021]. Disponible en:

<https://www.oie.int/es/que-hacemos/sanidad-y-bienestar-animal/enfermedades-a>

## nimales

87. Pratihba J, Pal S, Sanyal PK . Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Fungi in Agricultural Soil of Durg District of Chhattisgarh, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Volume 9 Number 7 (2020). [Internet]. [ Citado 10 Ago 2021]. Disponible en:

<https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=18107&vol=9-7-2020&SNo=134>

88. NCBI. *Beauveria bassiana*. Web. Página web. s.f. [Internet]. [ Citado 5 Abr 2021]. Disponible en:

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/?term=Beauveria%20bassiana\[Organism\]&cmd=DetailsSearch](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/?term=Beauveria%20bassiana[Organism]&cmd=DetailsSearch)

89. BioFertilizar. BASSIAN®. BioFertilizar S.A.S. Sostenibilidad productiva y ambiental. Laboratorio de suelos y bioinsumos. Web. PDF. s.f. [Internet]. [Citado 9 Abr 2021].

Disponible en: <https://www.biofertilizar.com/productos/bassian>

90. Doctor Fungus 2. *Beauveria* 1. Web: Mycoses Study Group Education and Research Consortium. Página web. 2021. [Internet]. [Citado 10 Abr 2021]. Disponible en:

<https://drfungus.org/knowledge-base/beauveria/>

91. Doctor Fungus 1. Especies de *Beauveria* 2. Web: Mycoses Study Group Education and Research Consortium. Página web. 2021. [Internet]. [ Citado 10 Abr 2021].

Disponible en: <https://drfungus.org/knowledge-base/beauveria-species/>

92. FAO. Base de datos FAOLEX. Página web. 2021. [Internet]. [Citado 19 Abr 2021].

Disponible en: <http://www.fao.org/faolex/country-profiles/es/>

93. ICA. Sector Pecuario. PDF. s.f. [Citado 15 Abr 2021].

94. EcuRed. *Trichoderma* spp. Página web. s.f. [Internet]. [Citado 10 Mar 2021].

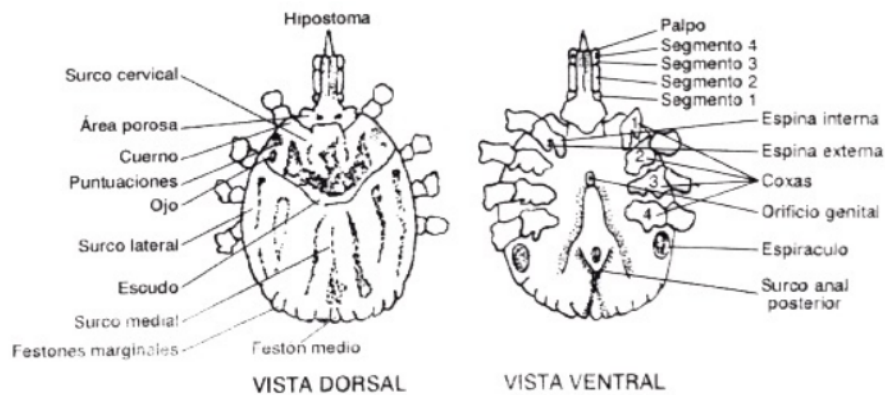
Disponible en: [https://www.ecured.cu/Trichoderma\\_spp](https://www.ecured.cu/Trichoderma_spp)

95.MGAP: Ministerio de ganadería, agricultura y pesca. EPIDEMIOLOGÍA y CAMPAÑA SANITARIA, Garrapata BOOPHILUS MICROPLUS. Dirección General de los Servicios Veterinarios / Sanidad Animal - PROYECTO - BID. PDF. s.f. [Citado 19 Mar 2021].

## ANEXOS

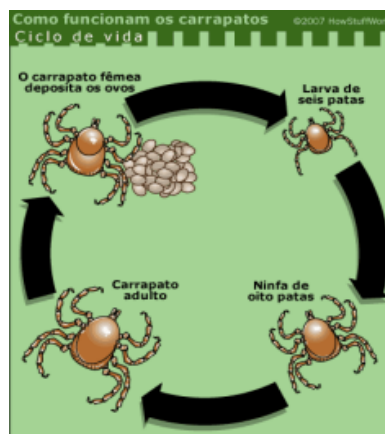
Anexo 1. Morfología general de una garrapata hembra. Vista dorsal y ventral.

Fuente: León MA, Hernandez EC, 2012<sup>33</sup>.



Anexo 2. Esquema general del ciclo de vida de las garrapatas.

Fuente: culturamix.com, 2013<sup>40</sup>.



Anexo 3. Estadios de las garrapatas en su ciclo de vida.

Estadios de las garrapatas en su ciclo de vida			
Huevo	Larva	Ninfa	Adulto
Es redondo u ovalado y en su interior contiene al embrión.	Posee tres pares de patas.	Posee cuatro pares de patas.	Posee cuatro pares de patas. Se presenta la diferenciación sexual.

Fuente: Polanco DN, Ríos LA. 2016<sup>51</sup>.

#### Anexo 4. Taxonomía de la garrapata común del ganado.

Categoría taxonómica	<i>Rhipicephalus microplus</i>
Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Arachnida
Orden	Parasitiformes
Familia	Ixodidae
Género	Boophilus (Sinónimo Rhipicephalus)
Especie	<i>R. microplus</i>

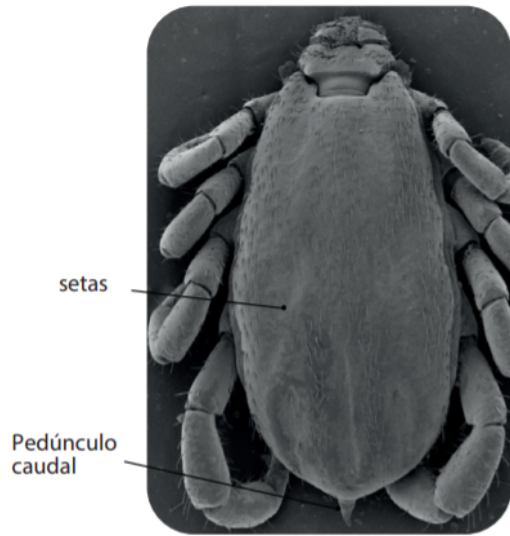
Fuente: Arctos. 2020<sup>82</sup>.

#### Anexo 5. Vista dorsal y ventral de la garrapata macho y hembra *R. micoplus*.

Fuente: Nava S, Mangold A, Simonato G, Puntin E, Sproat M, 2011<sup>76</sup>.

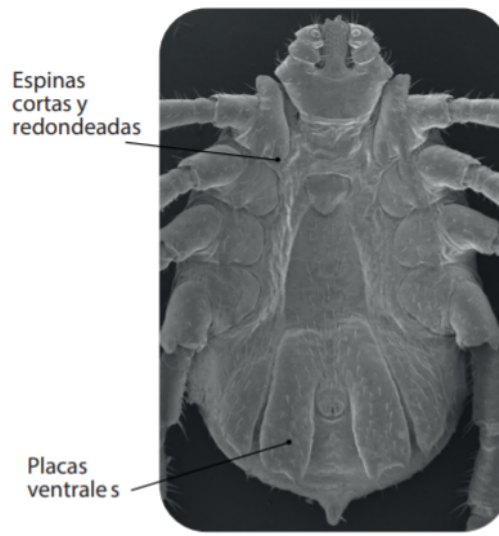
ura 17

*R. microplus*



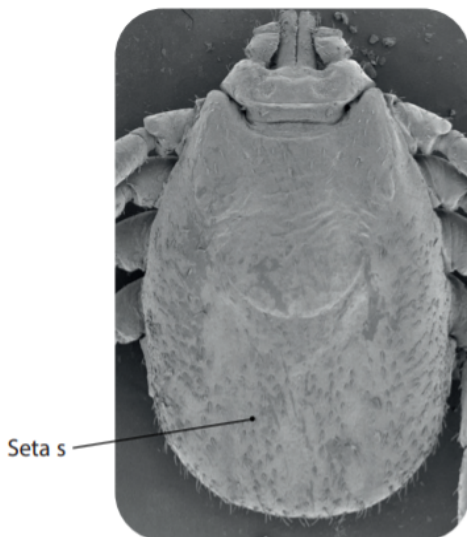
setas  
Pedúnculo caudal

Macho vista dorsal



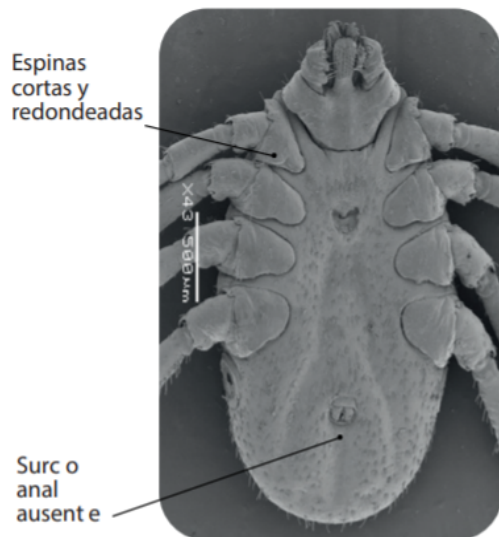
Espinas cortas y redondeadas  
Placas ventrales

Macho vista ventra l



Seta s

Hembra vista dorsal

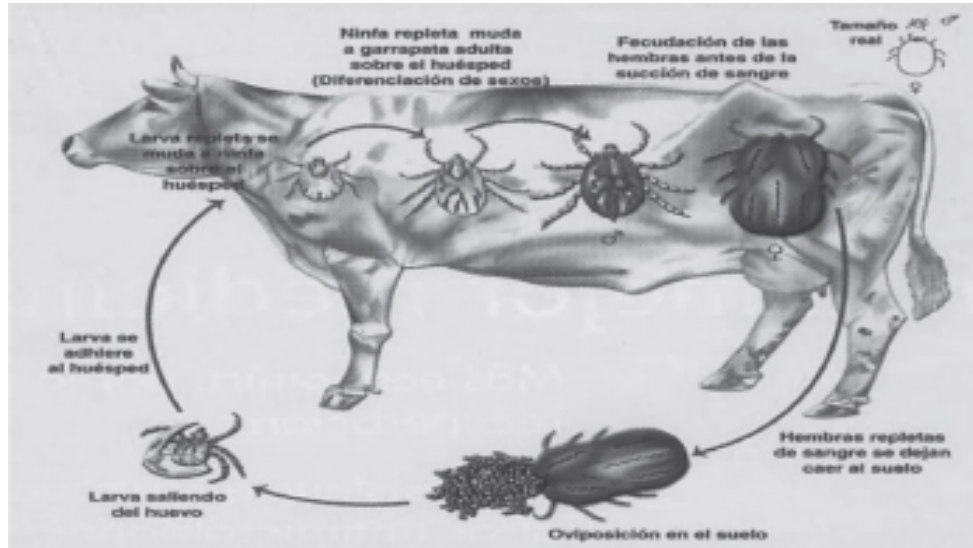


Espinas cortas y redondeadas  
Surco anal ausente

Hembra vista ventra l

- Anexo 6. Ciclo biológico de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, incluyendo los estadios dentro del hospedero y fuera del mismo.

Fuente: León MA, Hernández EC, 2012<sup>33</sup>.



Anexo 7. Ciclo de vida y desarrollo de *Rhipicephalus microplus*.

Fase	Estadio	Descripción
FASE PARASÍTICA (10-30 días aprox.)	Larva	Neolarva y larva. La larva “sube” al animal y busca las zonas de la piel más fina (pescuezo, entrepiernas, ubre, bolsas testiculares, región perineal) donde comienza la succión de sangre. Aproximadamente tres días “mudan” al estado siguiente.  Metalarva (primera muda). En esta fase se tiene un individuo con tres pares de patas, se encuentra comprimido y protegido por la antigua piel de la larva. Pasados uno o dos días la ninfa sale de su capuchón protector.
	Ninfa	Ninfa. Este estado se produce alrededor del quinto día post-infección, en este punto ya es posible detectarla debido a su aumento de tamaño con respecto a la larva.  Metaninfa (segunda muda). Se desarrolla alrededor del noveno día post-infección. Esta etapa dura de dos a cuatro días, la ninfa se inmoviliza y se produce la diferenciación sexual.
	Adulto	Neandro y gonandro. Los individuos salen de la envoltura metaninfal; los

nuevos adultos (macho o hembra) presentan una diferencia de tamaño marcada. Los machos surgen al estado adulto en el día 13, puede vivir en el hospedero por casi tres meses. Su alimentación es intermitente, poseen una gran movilidad y buscan constantemente hembras jóvenes para copular. Además pueden pasar de un vacuno a otro.

Las hembras emergen de su estado de ninfa en el día 11 post-infección, en los primeros días aumenta de tamaño y peso lentamente pero a partir del día 16-18 crece rápidamente, su tamaño llega a ser del doble a cinco veces su peso. Presenta una relativa quietud y una gran avidez por la sangre.

Momentos de maduración de la hembra Hembra Puber (neógina): es la más pequeña de todas, tiene una coloración verdosa y se diferencia de la ninfa por tener miembros más largos y gruesos.

Hembra copulando (partenógina): su color cada vez es más herrumbroso, puede presentar a un macho en apareamiento en su parte inferior.

Hembra repleta (teleógina): marca el fin de la vida parasitaria sobre el animal, el ciclo parasitario se completa entre 18 y 30 días (post-infección).

<p>FASE EVOLUTIVA EN LAS PASTURAS Influencia de los factores ambientales</p>	<p>Huevo</p>	<p>Los huevos de los artrópodos contienen una serie de nutrientes que son necesarios tanto para la embriogénesis así como para el recién nacido. Las grandes cantidades de lípidos son el material de construcción y la fuente de energía, mientras que las proteínas de la yema proporcionan los aminoácidos que se emplean en la construcción del cuerpo larval.</p>
--	--------------	--

*Fuente:* Ministerio de ganadería, agricultura y pesca / URUGUAY<sup>95</sup>.

*Anexo 8. Taxonomía de Beauveria Bassiana.*



Categoría taxonómica	<i>Beauveria bassiana</i>
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Cordycipitaceae
Género	Cordyceps, Beauveria
Especie	<i>Beauveria bassiana</i> (Vuillemin, 1912)

Fuente: NCBI, 2021<sup>88</sup>.

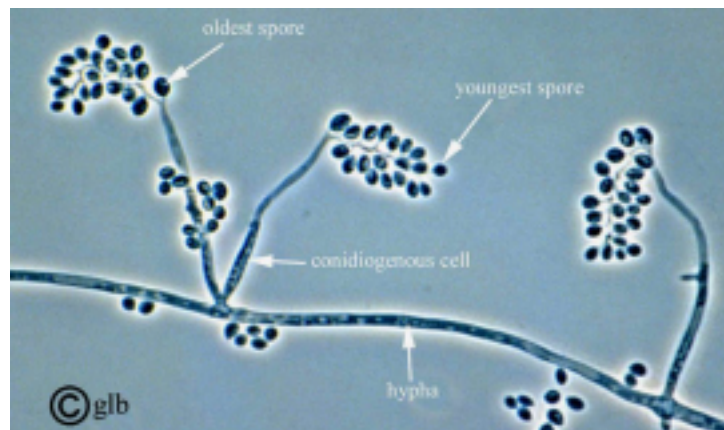
*Anexo 9. B. bassiana atacando garrapatas.*

Fuente: Biofertilizar, BASSIAN®, 2021<sup>89</sup>.



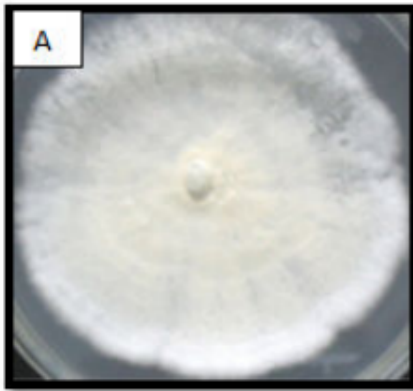
*Anexo 10. Morfología microscópica de Beauveria bassiana.*

Fuente: Silvana, @silmdelpaula, 2013<sup>41</sup>.



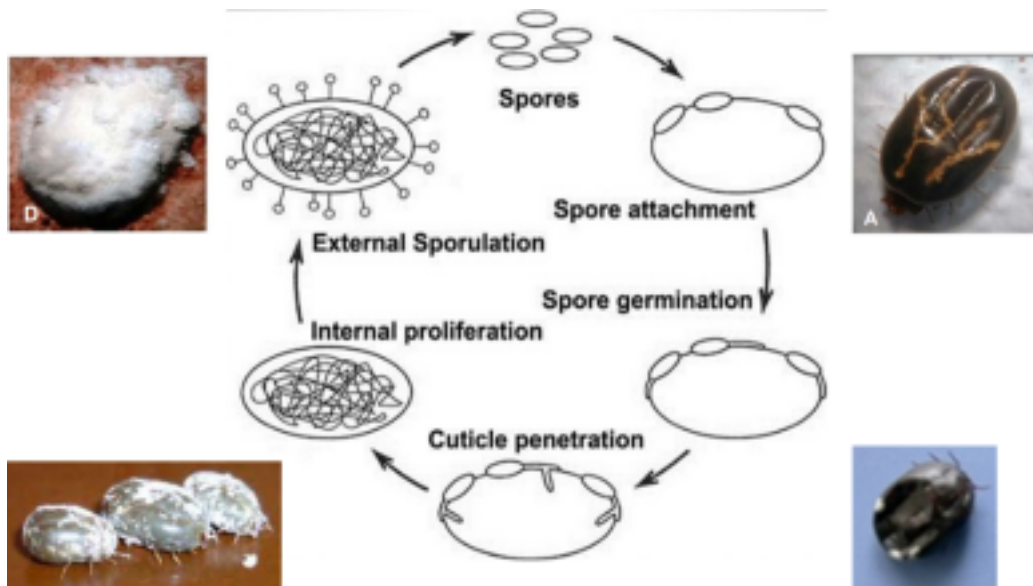
Anexo 11. Morfología macroscópica de *Beauveria bassiana*.

Fuente: Sugliano G, 2012<sup>36</sup>.



Anexo 12. Mecanismo de acción de *Beauveria bassiana*.

Fuente: Zambrano R. 2013<sup>39</sup>.



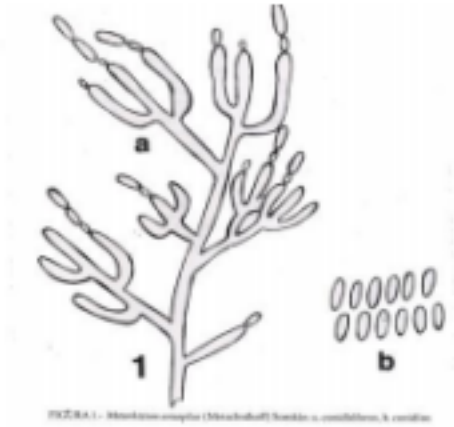
Anexo 13. Taxonomía de *Metarhizium anisopliae*.

<i>Categoría taxonómica</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Clavicipitaceae
Género	<i>Metarhizium</i>
Especie	<i>anisopliae</i>

Fuente: Hernández A, 2016<sup>50</sup>.

Anexo 14. Características morfológicas de *Metarhizium anisopliae*.

Fuente: Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA, 2014<sup>42</sup>.



Anexo 15. Características microscópicas de *M. anisopliae* .

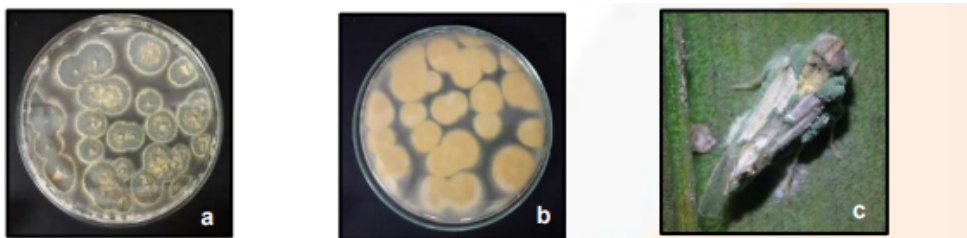
Fuente: Cenipalma, 2019<sup>73</sup>.



**Figura 6.** Características microscópicas: (a) Células conidiogénicas (fiálides) formando una capa densa (himenio), conidióforo ramificado en forma de candelabro; (b) engrosamiento de las fiálides, puntas romas de células conidiogénicas; (c) conidios cilíndricos a elipsoidales formando cadenas adheridas lateralmente. Autor : L. Contreras

Anexo 16. Características macroscópicas de *M. anisopliae*.

Fuente: Cenipalma, 2019<sup>73</sup>.



**Figura 5.** Características macroscópicas: Colonias en medio SDA inicialmente algodonosas de color blanco, tornándose polvorienta y de color amarillo a verde oliváceo con el tiempo, (a) anverso, (b) reverso. Autor: L. Contreras. (c) Adulto de *H. crudus* infectado. Autor: M. Rosero.

Anexo 17. Muscardina verde causada por *M. anisopliae*.

Fuente: Vázquez J, 2020<sup>85</sup>.



Anexo 18. Taxonomía del hongo *Trichoderma* spp.

<b>Categoría taxonómica</b>	<b><i>Trichoderma</i> spp.</b>
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Euascmycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>

Fuente: Gómez H, Soberanis W, Tenorio M et al, 2013<sup>42</sup>.

Anexo 19. Cepas de *Trichoderma* spp. en medio PDA.

Fuente: Gijón A, Trejo Z, Lopez C, Ramirez L, Arriola V, Perez I, 2015<sup>44</sup>.

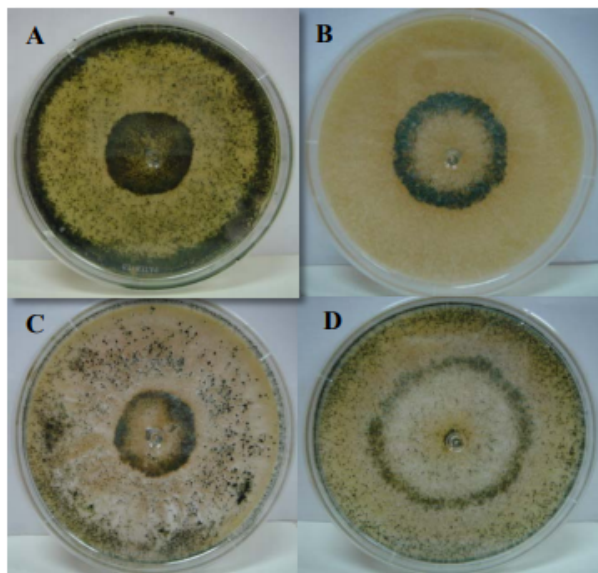


Figura 1. Cepas de *Trichoderma* spp en medio PDA. A. T01, B. T02, C. T03, D. T04

Anexo 20. Descortezadores atacados por *Trichoderma* spp.

Fuente: Gijón A, Trejo Z, Lopez C, Ramirez L, Arriola V, Perez I, 2015<sup>44</sup>.

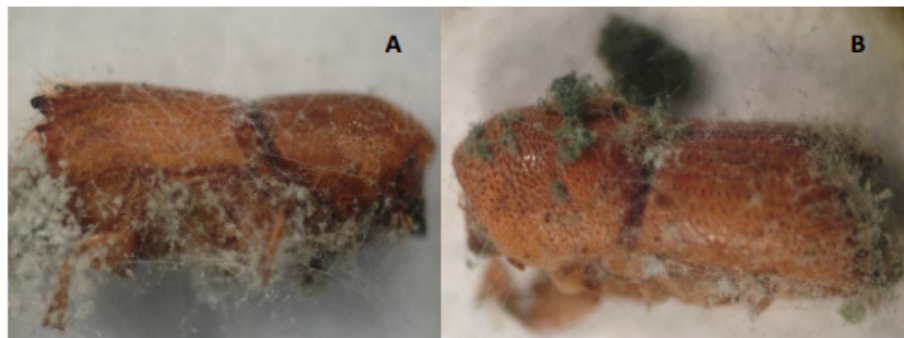
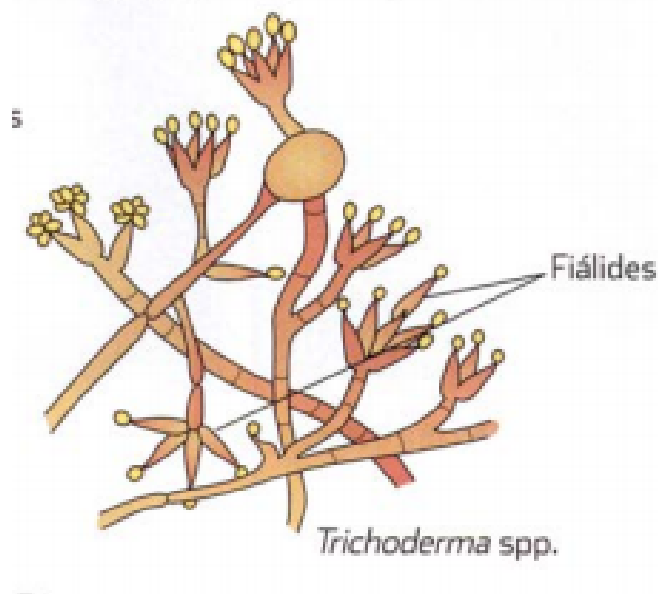


Figura 2. Descortezadores del género *Ips*, atacados por *Trichoderma*. A. Ceba T01. B. Ceba T04.

Anexo 21. Morfología microscópica de *Trichoderma* spp.

Fuente: Arenas, 2011<sup>29</sup>.



Anexo 22. Artículos de investigación.

TÍTULO	AUTORES	AÑO	REFERENCIA
Algunas observaciones sobre las garrapatas y los garrapaticidas en el departamento del Valle del Cauca	Luna GH	1958	2
Boophilus microplus (Acari: Ixodidae): PREOVIPOSICIÓN, OVIPOSICIÓN, INCUBACIÓN DE LOS HUEVOS Y GEOTROPISMO	Gallardo JS Morales J	1999	6
CARACTERIZACIÓN PATOGENICA Y MORFOLÓGICA DE AISLAMIENTOS DE <i>Metarhizium anisopliae</i> OBTENIDOS DE DIFERENTES ORDENES INSECTILES	Padilla GL Bernal MG Vélez PE Montoya EC	2000	7 *
<i>Boophilus microplus</i> Infection by <i>Beauveria amorphosa</i> and <i>Beauveria bassiana</i> : SEM Analysis and Regulation of Subtilisin-like	Alvarez R Arruda W Tomazzoni J	2005	8 *

Proteases and Chitinases	Vanusa M Monteiro N Lúffcio J Schrank A Henning M			
Eficacia del hongo entomopatógeno <i>Metharrizium anisopliae</i> en el control de <i>Boophilus microplus</i> (Acari: Ixodidae)	Arguedas M Álvarez V Bonilla R	2008	12	*
Control de la garrapata <i>Boophilus microplus</i> con <i>Metarhizium anisopliae</i> , estudios de laboratorio y campo	López E López G Orduz S	2009	14	*
Selection of Native Isolates of <i>Beauveria bassiana</i> (Ascomycetes: Clavicipitaceae) for the Microbial Control of <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> (Acari: Ixodidae)	Posadas JB Lecuona RE	2009	15	*
Laboratory Study on Biological Control of Ticks (Acari: Ixodidae) by Entomopathogenic Indigenous Fungi ( <i>Beauveria bassiana</i> )	Abdigoudarzi M Esmaelnia K Shariat N	2009	16	
Distribución de garrapatas <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> en bovinos y fincas del Altiplano cundiboyacense (Colombia)	Cortés JA Betancourt JA Argüelles J Pulido LA	2010	17	
Evaluación de cepas de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre la inhibición de oviposición, eclosión y potencial reproductivo en una cepa triple resistente de garrapata <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> (Canestrini) (Acari:Ixodidae)	Fernández M Berlanga AM Cruz C Hernández VM	2010	19	*
Effects of passages through a suitable host of	Adames M	2011	20	*



the fungus, <i>Metarhizium anisopliae</i> , on the virulence of acaricide- susceptible and resistant strains of the tick, <i>Rhipicephalus microplus</i>	Fernández M Peña G Hernández VM			
Evaluación de Acaricidas para el control de garrapatas( <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> ) que afectan al ganado bovino de doble propósito usando modelos lineales generalizados	González A Tapias D Pérez M Carvajalino M Velandia D Borges R	2011	21	
Virulence of <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> and <i>Paecilomyces lilacinus</i> to the engorged female <i>Hyalomma anatolicum anatolicum</i> tick (Acari: Ixodidae)	Ming Sun, Qiaoyun Ren, Guiquan Guan, Zhijie Liu, Miling Ma, Huitian Gou, Ze Chen, Youquan Li, Aihong Liu, Qingli Niu, Jifei Yang, Hong Yin, Jianxun Luo	2011	22	*
Effect of <i>Metarhizium anisopliae</i> fungus on off-host <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> from tick-infested pasture under cattle grazing in Brazil	Valerio M Monteiro AC Juan MP Alves D Detogni L Mendes W Akemi S Barbosa JC	2011	23	*
Susceptibility of <i>Ixodes scapularis</i> (Acari: Ixodidae) to <i>Metarhizium brunneum</i> F52 (Hypocreales: Clavicipitaceae) Using Three Exposure Assays in the Laboratory	Bharadwaj A Stafford KC	2012	26	*

RESISTENCIA A ACARICIDAS EN <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> DE ALGUNAS EXPLOTACIONES GANADERAS DE COLOMBIA	Araque A Ujueta S Bonilla R Gómez D Rivera J	2014	38	
Distribución inusual y potencial de la garrapata común del ganado, <i>Rhipicephalus (Boophilus)</i> <i>microplus</i> , en zonas tropicales de alta montaña de los Andes colombianos	Pulido LA Rudas A Betancourt JA Grant WE Vilchez SJ	2015	43	
CARACTERIZACIÓN Y EFECTIVIDAD DE <i>Trichoderma</i> spp. SOBRE INSECTOS DESCORTEZADORES DE PINO	Gijón AR Trejo Z López CM Ramírez L Arriola VJ Pérez IM	2015	44	*
Resistencia in vitro a acaricidas tópicos de poblaciones de garrapatas <i>Rhipicephalus</i> ( <i>Boophilus</i> ) <i>microplus</i> provenientes de cuatro departamentos de Colombia	Villar D Gutiérrez J Piedrahita D Rodríguez A Cortés JA Góngora A Martínez N Chaparro JJ	2016	48	
Situación de la resistencia y primer diagnóstico de poblaciones de garrapatas <i>Rhipicephalus</i> ( <i>Boophilus</i> ) <i>microplus</i> resistente a cinco principios activos en forma simultánea en Uruguay	Cuore U Solari MA Trelles A	2016	52	
Determinación, in vitro, de la eficacia de los hongos entomopatógenos, <i>Beauveria bassiana</i>	Álvarez A Matamoros T	2017	53	*

y <i>Metarhizium anisopliae</i> , en el control de la garrapata común del ganado <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> (Acari: Ixodidae)	Mena AL			
Eficiencia in vitro de hongos entomopatógenos y productos químicos sobre <i>Rhipicephalus microplus</i>	Sepúlveda AL Pulido MO Rodríguez JE García DJ	2017	55	*
Control biológico de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> con hongos entomopatógenos	Bautista A Pimentel R Gómez A	2017	56	
Comparative study between Larval Packet Test and Larval Immersion Test to assess the effect of <i>Metarhizium anisopliae</i> on <i>Rhipicephalus microplus</i> tick larvae	Webster A Araújo U Martins JR Klafke G Reck J Schrank A	2018	57	*
PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS AND ACARICIDAL EFFECTS OF <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> OBTAINED FROM CATTLE FARM SOILS AGAINST <i>RHIPICEPHALUS MICROPLUS</i>	Fernández A Alonso MA Alonso RA Lezama R Cervantes JA	2018	58	*
Efectividad de aislados de <i>Beauveria bassiana</i> "sensu lato" sobre <i>Rhipicephalus microplus</i>	Del Pozo EM García I Herrera Y	2018	59	*
Conidia and blastospores of <i>Metarhizium</i> spp. and <i>Beauveria bassiana</i> s.l.: Their development during the infection process and virulence against the tick <i>Rhipicephalus microplus</i>	Bernardo CC Barreto LP de S.R. e Silva C Luz C Arruda W Fernandes EK	2018	60	*

Effect of cell wall degrading enzymes produced by <i>Trichoderma asperellum</i> on cuticle cattle tick <i>Boophilus microplus</i>	Silveira AA Santana JP Peixoto AC Prado L Kamp EK Lino GR Fernandes KF	2018	62	*
EFEECTO DE <i>Beauveria bassiana</i> (ASCOMYCOTA) EN EL CONTROL DE <i>Rhipicephalus microplus</i> (ARACHNIDA: IXODIDA, IXODIDAE) RESISTENTE A IXODICIDAS	Galindo AM Pulido MO García DJ	2018	63	*
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI OF THE WINTER TICK IN MOOSE WALLOWS: A POSSIBLE BIO-CONTROL FOR ADULT MOOSE?	Yoder JA Dobrotka CJ Fisher KA LeBarge AP Pekins PJ McLellan S	2018	65	*
Secretomic analysis of <i>Beauveria bassiana</i> related to cattle tick, <i>Rhipicephalus microplus</i> , infection	Santi L, et al.	2019	66	*
EVALUACIÓN IN VITRO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE LA GARRAPATA DEL GANADO BOVINO	Ruela P Barrios R Silva R Romero G	2019	67	*
Effect of entomopathogenic native fungi from paddock soils against <i>Rhipicephalus microplus</i> larvae with different toxicological behaviors to Acaricides	Fernández A Alonso MA Alonso RA	2019	70	*
Eficacia de <i>Metarhizium anisopliae</i> sensu lato	García I	2019	75	*

(Metsch.) Sorokin sobre <i>Rhipicephalus microplus</i> Canestrini	Del Pozo EM Arteaga G			
Efficacy of <i>Metarhizium anisopliae</i> conidia in oil-in-water emulsion against the tick <i>Rhipicephalus microplus</i> under heat and dry conditions	Muniz ER Paixao FR Barreto LP Luz C Arruda W Angelo IC Fernandes EK	2020	76	*
In vitro efficacy of two commercial products of <i>Metarhizium anisopliae</i> s.l. for controlling the cattle tick <i>Rhipicephalus microplus</i>	dos Santos M Pinheiro VR	2020	78	*
Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Fungi in Agricultural Soil of Durg District of Chhattisgarh, India	Pratibha J Pal S Sanyal PK	2020	82	*

\* Artículos seleccionados (38).

Fuente: Autoras, 2021.

● Anexo 23. Artículos de revisión.

TÍTULO	AUTORES	AÑO	REFERENCIA
Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos	Téllez A Cruz MG Mercado Y Torres AA Arana A	2009	13
<i>Boophilus microplus</i> : ASPECTOS BIOLÓGICOS Y MOLECULARES DE LA RESISTENCIA A LOS ACARICIDAS Y SU IMPACTO EN LA SALUD ANIMAL	Domínguez DI Rosario R Almazán C Saltijeral JA	2010	18

	De la Fuente J		
Perspectives on the potential of entomopathogenic fungi in biological control of ticks	Fernandes EK Bittencourt V Robertsa DW	2012	27
CONTROL DE INSECTOS-PLAGA EN LA AGRICULTURA UTILIZANDO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS: RETOS Y PERSPECTIVAS	González M Aguilar CN Rodriguez R	2012	31
Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina	Rodríguez RI, et al.	2014	42
Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras	Polanco DN Ríos LA	2016	46
Experiences in Tick Control by Acaricide in the Traditional Cattle Sector in Zambia and Burkina Faso: Possible Environmental and Public Health Implications	De Meneghi D Stachurski F Adakal H	2016	47
Garrapatas duras (Acari: Ixodidae) de Colombia, una revisión a su conocimiento en el país	Acevedo Y Paternina LE Pérez JC Londoño AF López G Rodas JD.	2020	74

*Fuente: Autoras, 2021.*