



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN  
NICOLÁS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFICACIA DE *Metarhizium anisopliae* EN EL CONTROL DE LA GARRAPATA  
*Rhipicephalus (Boophilus) microplus* EN BOVINOS DEL MUNICIPIO DE  
COAHUAYANA, MICHOACÁN**

TESIS QUE PRESENTA:

**BALDEMAR VARGAS SALGUERO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

ASESOR:

**DRA. ERNESTINA GUTIÉRREZ VÁZQUEZ**

CO-ASESOR:

**DRA. MARGARITA VARGAS SANDOVAL**

Morelia, Michoacán, diciembre de 2015



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN  
NICOLÁS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFICACIA DE *Metarhizium anisopliae* EN EL CONTROL DE LA GARRAPATA  
*Rhipicephalus (Boophilus) microplus* EN BOVINOS DEL MUNICIPIO DE  
COAHUAYANA, MICHOACÁN**

TESIS QUE PRESENTA:

**BALDEMAR VARGAS SALGUERO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Morelia, Michoacán, diciembre de 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios: por darme la vida, salud y fuerza para salir adelante, por permitirme llegar hasta este instante y cumplir una de las metas trazadas en mi vida.

A mis padres con gran amor y respeto: José Vargas Hernández y Ma. Elena Salguero Vera, por darme una vida llena de felicidad a su lado, por ser mí ejemplo a seguir, por las enseñanzas que me transmitieron gracias a su gran experiencia, por enseñarme a respetar y a vivir con humildad. Gracias por su apoyo moral y económico ya que sin ello esta meta no se hubiera cumplido.

A mi abuelita: Norberta Hernández Hernández por su fortaleza y su sabiduría, porque de ella aprendí a ser fuerte y a enfrentar la vida y porque siempre sonrío. También a mi abuelita Paula Vera, por estar siempre pendiente de la familia.

A mis hermanos: Ma. del Carmen, Ana Cristina y J. Manuel por apoyarme en las buenas y en las malas, porque de ellos he aprendido cosas importantes en la vida que serán de utilidad. También a mis hermanos Miguel y Joel, a pesar de su estancia lejos de la familia siempre han sido un gran apoyo y porque seguimos siendo una familia unida.

A la Doctora Ernestina. Por su gran apoyo y tiempo dedicado como asesora del presente trabajo. Por compartir un poco de su experiencia y por sus consejos que me motivan a seguir adelante.

A la Dra. Margarita, a la MC. Elisa y a MC. Ana Celestina por su apoyo en el laboratorio y las asesorías.

A mis amigas y amigos: al principio eran muchos y terminaron siendo pocos pero con una amistad sincera y con cariño a Cecilia, Saraí, José Ignacio, David, Natalio Alfredo y José Luis, por compartir una etapa de su vida, por el apoyo en los buenos momentos y en los malos. Porque la convivencia entre chistes, bromas y las experiencias vividas son recuerdos que perduraran por siempre. A Cecilia por ser gran amiga e incomparable y que me sabe escuchar en los momentos difíciles.

A Brallan Tello por su valiosa amistad y ser más que un amigo, es un primo-hermano que surgió en la prepa y a lo largo de la carrera, que siempre estará para seguir apoyándonos.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular a la Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia, por abrirme las puertas y la oportunidad de formarme como profesionalista en sus cálidas aulas e instalaciones en el transcurso de cinco años de carrera.

A mis primos: Daniel, Oscar y Eduardo por la convivencia que llevamos y seguiremos llevando y convivir como hermanos.

A los compañeros y amigos de trabajo: Cecilia, Agustín, Ricardo, José Javier por echarle todas las ganas y el apoyo, a pesar de las dificultades se logró el trabajo. Por la buena convivencia que se formó y por ser nuevos amigos.

Al MVZ. Marco de Coahuayana por su apoyo y echarme la mano para conseguir a los productores y por sus consejos que me dio durante el tiempo que anduve en el experimento.

A los productores: a don Clemente Orozco por permitirme trabajar con su ganado, por sus consejos que me brindo para ser una persona de respeto y por compartir conmigo sus experiencias de su vida y transmitirme el mensaje de salir siempre adelante. A don Adolfo López por su gran apoyo con su ganado y permitirme realizar el trabajo, y por compartir sus experiencias. Gracias a los dos por el tiempo que dedicaron para realizar el presente trabajo.

## Contenido

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Antecedentes .....	2
1.2.- Taxonomía .....	3
1.3.- Distribución .....	5
1.4.- Morfología.....	6
1.5.- Importancia económica .....	8
1.6.- Ecología y hábitos.....	11
1.7.- Ciclo de vida de las garrapatas .....	12
1.7.1.- Ciclo de vida de <i>R. (Boophilus) microplus</i> .....	12
1.7.1.1.- Fase no parásita .....	13
1.7.1.2.- Fase parasítica.....	15
1.8.- Métodos de control.....	17
1.8.1.- Control químico .....	17
1.8.2.- Selección de hospederos resistentes .....	18
1.8.3.- Rotación, descanso y quema de praderas.....	18
1.8.4.- Control biológico.....	19
1.8.4.1.- Depredadores naturales .....	20
1.8.4.2.- Plantas con actividad ixodicida.....	20
1.8.4.3.- Vacunas .....	21
1.8.4.4.- Hongos entomopatógenos .....	21
1.9.- Mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos .....	22
1.10.- <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	25
1.11.- OBJETIVO .....	27
1.12.- HIPÓTESIS.....	27
2.- MATERIAL Y MÉTODOS .....	28
2.1.- Cultivo del hongo entomopatógeno .....	28
2.2.- Estudio en campo .....	29
2.2.1.- Localización .....	29
2.2.2.- Estructura del hato.....	29

2.2.3.- Vegetación .....	30
2.2.4.- Proceso de trabajo.....	30
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
3.1.- Rancho “Santa María” .....	31
3.2.- Rancho “La Mohonera” .....	34
4.- CONCLUSIONES .....	36
5.- BIBLIOGRAFÍA.....	37

## Índice de Figuras

Figura 1.- Distribución de la garrapata <i>R. (Boophilus) microplus</i> en México .....	6
Figura 2.- Estructura de la garrapata <i>R. (Boophilus) microplus</i> .....	8
Figura 3.- Ciclo biológico de <i>R. (Boophilus) microplus</i> .....	13
Figura 4.- Esquema del desarrollo del hongo entomopatígeno. ....	24
Figura 5.- Ubicación geográfica del rancho “Santa María” y “La Mohonera” en las localidades de Santa María y Ashotan, municipio de Coahuayana, Michoacán.....	29
Figura 6.- Infestación de potreros vecinos a donde pastoreaba el ganado del rancho “Santa María” . ....	33
Figura 7.- Comportamiento de <i>M. anisopliae</i> y el testigo durante el tratamiento en el rancho “Santa María” . ....	34
Figura 8.- Comportamiento de <i>M. anisopliae</i> y el testigo durante el tratamiento en el rancho “La Mohonera” . ....	36

## Índice de Cuadros

Cuadro 1.- Taxonomía de la garrapata <i>R. (Boophilus) microplus</i> .....	4
Cuadro 2.- Clasificación taxonómica de <i>M. anisopliae</i> .....	25
Cuadro 3.- Promedio de garrapatas registradas cada semana respecto a las aplicaciones de <i>M. anisopliae</i> y el grupo testigo en el rancho “Santa María” .....	31
Cuadro 4.- Promedio de garrapatas registradas cada semana respecto a las aplicaciones de <i>M. anisopliae</i> y el grupo testigo en el rancho “La Mohonera” .....	35

## Resumen

Vargas-Salguero, B.; Gutiérrez-Vázquez, E.; Vargas-Sandoval, M.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Las garrapatas son ectoparásitos que causan grandes pérdidas económicas y que transmiten enfermedades a los bovinos, afectando la competitividad de las ganaderías y la economía de varios países. Para el control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (*R. (Boophilus) microplus*), se utilizan productos químicos o ixodicidas, el uso inadecuado de éstos y el proceso evolutivo de las garrapatas ha traído como consecuencia la resistencia. Los hongos entomopatógenos son una alternativa eficiente para controlar las garrapatas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de la cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* (*M. anisopliae*) en el control de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* del ganado bovino en Coahuayana Michoacán, en condiciones de campo. El estudio se realizó en 2 hatos de 12 y 18 bovinos productores de carne de diferentes edades, de las razas Simbrah, Simental, Brahman, Suizo, Angus y Charolais, en las localidades de Santa María y de Achatan, municipio de Coahuayana. En cada hato se dividieron los animales en dos grupos y se realizaron 3 aplicaciones, en uno grupo se utilizó la cepa Ma198 y el otro sirvió como testigo. Los resultados muestran que *M. anisopliae* no tuvo eficacia en el rancho "Santa María" posiblemente por factores ambientales que no permitieron la penetración de las esporas sobre la cutícula, la población refugio de garrapatas y la infestación de los potreros donde pastoreaban los bovinos; pero si fue eficaz con un 82% en los animales del rancho "La Mohonera".

**Palabras clave:** *R. (Boophilus) microplus*, *Metarhizium anisopliae*, garrapatas, bovinos.

## Abstract

Vargas-Salguero, B.; Gutiérrez-Vázquez, E.; Vargas-Sandoval, M.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Ticks are ectoparasites which cause great economic losses and transmit disease to cattle, affecting the competitiveness of farms and economies of several countries. For the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (*R. (Boophilus) microplus*), chemical or acaricides are used, the use of these inadecuando and the evolutionary process of ticks has resulted in resistance. Entomopathogenic fungi are an efficient alternative to control ticks. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of Ma198 *Metarhizium anisopliae* (*M. anisopliae*) strain in controlling the tick *R. (Boophilus) microplus* cattle in Coahuayana Michoacan, in field conditions. The study was conducted in two herds of 12 and 18 beef cattle of different ages, of Simbrah, Simmental, Brahman, Suizo, Angus and Charolais breeds, in the towns of Santa Maria and Ashotán, municipality of Coahuayana. In each herd the animals were divided into two groups and 3 applications in one group the Ma198 strain was used and the other served as a control were done. The results show that *M. anisopliae* was not effective in the "Santa Maria" ranch possibly environmental factors that prevented the penetration of spores on the cuticle, the shelter population infestation of ticks and pastures where cattle grazed; but if it was effective with 82% in the ranch animals "La Mohonera".

Keywords: *R. (Boophilus) microplus*, *Metarhizium anisopliae*, ticks, cattle.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es una de las principales fuentes de alimento básico para la seguridad alimentaria de la población. Los sistemas de producción pecuaria, son considerados como la estrategia social, económica y cultural más apropiada para mantener el bienestar de las comunidades. Los principales problemas que enfrentan estos sistemas son la creciente degradación de las pasturas y su consecuente pérdida de productividad, la deforestación, dependencia a insumos externos, tecnología y material genético, deficiencias de organización y comercialización, además de alta incidencia de enfermedades (FAO, 2014).

Las garrapatas son ectoparásitos que causan grandes pérdidas y que transmiten enfermedades a los bovinos, lo cual representa uno de los problemas más importantes en la ganadería de las regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo. El impacto económico negativo se debe a las pérdidas de millones de dólares que causan anualmente a los ganaderos, debido a los daños causados a las pieles por la acción de las picaduras, pérdida de sangre, efectos tóxicos, reducción en la producción de leche, en la producción de becerros y el incremento en los costos de control; además de las enfermedades que transmiten como babesiosis y anaplasmosis (Cabrera-Jiménez *et al.*, 2008; Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011b).

En los bovinos, las infestaciones más frecuentes son por *R. (Boophilus) microplus*; sin embargo, en algunas regiones del país la dinámica poblacional de las garrapatas y las variaciones climáticas han permitido el establecimiento de *Amblyomma* spp. y de otros géneros de ixodidos (Grapain, 2010).

Para el control de *R. (Boophilus) microplus* generalmente, se utilizan productos químicos o ixodicidas; sin embargo, el uso inadecuado de éstos y el proceso evolutivo en la selección genética de las garrapatas ha traído como consecuencia la resistencia de poblaciones de garrapatas, lo que hace más complicado el control de éstos ectoparásitos. La resistencia es un problema actual y creciente

que debe ser atendido debido a que limita la competitividad de la ganadería y la economía de varios países (Domínguez-García *et al.*, 2010)

En México se han reportado cepas de garrapatas resistentes a los compuestos químicos; además se han encontrado residuos en los productos cárnicos y lácteos, la contaminación del ambiente y los costos que representan este tipo de control. La problemática va aumentando constantemente a tal grado que muchos productores dejan de ser competitivos en el mercado y se van reduciendo las poblaciones de ganado, debido a las enfermedades transmitidas por garrapatas. Por lo que en la actualidad utilizar un producto químico no representa una alternativa eficaz para combatir las infestaciones por *R. (Boophilus) microplus*, lo que obliga a buscar nuevas alternativas (Arguedas *et al.*, 2008; Palacios-Bautista *et al.*, 2014).

En los últimos años se han descubierto agentes para controlar las garrapatas, que funcionan como sistemas alternativos de control entre los que se pueden encontrar el empleo de nemátodos de la familia *Heterorhabditidae* y *Steinernematidae* (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014), bacterias (*Bacillus thuringiensis*, *Cedecea lapagei*, *Escherichia coli* y *Enterobacter agglomerans*) (Ojeda-Chi *et al.*, 2011), así como *Staphylococcus* (Miranda-Miranda *et al.*, 2013), vacunas y aceites esenciales (López *et al.*, 2009) y hongos entomopatógenos como *M. anisopliae*, *Isaria fumosorosea* (= *Paecilomyces fumosoroseus*) y *Beauveria bassiana*, los cuales han demostrado ser patogénicos para varias especies de garrapatas (Fernández *et al.*, 2010; Valdez-Martínez *et al.*, 2013a y 2013b).

## **1.1.- ANTECEDENTES**

Diferentes especies de artrópodos tienen importancia veterinaria por causar enfermedades, transmitir organismos patógenos a los animales y generar pérdidas económicas significativas. Entre éstos, se encuentran las garrapatas y las enfermedades que transmiten, las cuales constituyen una de las principales limitantes en la industria bovina del mundo (Cortés-Vecino, 2011). Los artrópodos son parásitos altamente especializados que atacan a una gran diversidad de

especies animales y al humano, de quienes se alimentan con su sangre para sobrevivir y reproducirse (Bazán, 2002).

Bazán (2002), señala que las garrapatas de la familia *Ixodidae* se consideran como parásitos obligados de reptiles desde hace aproximadamente 200 millones de años, en la era Paleozoica tardía o en el Mesozoico temprano, donde el género *Ixodes* representa a los miembros más primitivos de esta especie. Por su lado, los géneros *Aponomma*, *Amblyomma* y el *Hyalomma*, pueden ser miembros del período Cretácico, ya que su aparición durante el Mesozoico tardío, correspondió a cambios del medio ambiente, con la consecuente reducción de reptiles pertenecientes a la línea *Rhynchosauria*, antecesores de los actuales mamíferos y pájaros. Por otra parte menciona que los géneros *Dermacentor*, *Rhipicephalus* y *Boophilus*, probablemente no aparecieron antes de que los pájaros y los mamíferos reemplazaran a los reptiles, durante el período terciario, hace aproximadamente 65 a 70 millones de años.

## **1.2.- Taxonomía**

Se conoce la existencia de un total de 899 nombres científicos que integran la lista de los géneros y especies de garrapatas identificadas a nivel mundial, las cuales se dividen por sus características morfológicas en tres familias: *Ixodidae* o garrapatas duras, *Argasidae* o garrapatas blandas y *Nuttalliellidae*, representada por la única especie *Nuttalliella namaqua*, distribuida únicamente en el sur de África y que posee características de las primeras dos familias (Barandika, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Las familias de garrapatas de mayor interés son la *Ixodidae*, que se caracteriza por presentar escudo, pequeño en las hembras y grande en los machos y el capítulo se encuentra en posición anterior en todos los estadios evolutivos; y la *Argasidae* que no tiene escudo, el capítulo se encuentra debajo del cuerpo en las ninfas y en los adultos, es anterior en larvas (Barajas, 2004).

En la familia Ixodidae se incluyen 713 especies; en el género *Ixodes* se conocen 249, *Amblyomma* 142, *Anomalohimalaya* 3, *Bothriocroton* 5, *Cosmiomma* 1, *Dermacentor* 36, *Haemaphysalis* 166, *Hyalomma* 25, *Margaropus* 3, *Nosomma* 1, *Rhipicentor* 2 y *Rhipicephalus* 79 incluidas la 5 especies pertenecientes al subgénero *Boophilus*. La familia Argasidae se conforma por 185 especies en los géneros: *Argas* 57, *Carios* 88, *Ornithodoros* 37 y *Otobius* 3 (Domínguez-García *et al.*, 2010; Rosario *et al.*, 2010).

Las garrapatas *R. (Boophilus) microplus* pertenecen a:

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Clase	Aracnida
Orden	Ixodoidea
Familia	Ixodidae
Género	<i>Rhipicephalus</i>
Subgénero	<i>Boophilus</i>
Especie	<i>Microplus</i>

Cuadro 1.- Taxonomía de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* (Murrell *et al.*, 2000; Schleske, 2011).

En México se han identificado 77 especies de garrapatas que afectan al ganado bovino, animales silvestres y al hombre. Las más importantes en la ganadería nacional comprenden las siguientes especies: *R. (Boophilus) microplus*, *R. anulatus*, *Amblyomma cajennense* (*A. cajennense*), *A. imitador*, *A. maculatum*, *A. triste*, *A. americanum* y *Anocentor nitens*. El resto de las especies corresponden a garrapatas que parasitan a animales silvestres y ocasionalmente parasitan a los animales domésticos o al hombre (Barajas, 2004; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011b).

En Michoacán prevalece la especie *R. (Boophilus) microplus* que infesta el ganado bovino en la mayoría de los municipios; sin embargo, en seis municipios se encuentra la especie *A. cajennense* que son: Buenavista, Coahuayana, Aquila, Lázaro Cárdenas, Arteaga y Churumuco; y un solo caso en Maravatío se identificó

la presencia de *Otobius megnini*, perteneciente a la familia Argasidae (Cárdenas, 2013).

### 1.3.- Distribución

Las garrapatas se han adaptado a la mayoría de los hábitats terrestres del planeta además poseen una distribución cosmopolita, pueden vivir desde el nivel del mar hasta los 2600 msnm y fluctuaciones de lluvia de 400 a 2800 mm anuales (Rosario *et al.*, 2010; Martínez-Tinajero *et al.*, 2014). Se encuentran distribuidas sobre todo en las regiones tropicales y subtropicales, la distribución geográfica de las garrapatas en México obedece a factores ambientales como humedad relativa y temperatura, vegetación, presencia y abundancia de hospedadores que son determinantes en los estadios de vida de las especies. *R. (Boophilus) microplus* presenta un área de distribución que abarca zonas tropicales, templadas y áridas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

*R. (Boophilus) microplus*, fue introducida desde la India a muchas regiones de Asia tropical y subtropical, Nororiente de Australia, Madagascar, Nororiente de África y muchas regiones del Sur y Centro América y el Caribe. Sin embargo, las especies *R. (Boophilus) microplus* fue erradicada en Estados Unidos de América (García, 2011; Ojeda-Chi *et al.*, 2011). En la ganadería bovina mexicana las especies de garrapatas que tienen mayor importancia son: *R. (Boophilus) microplus*, *R. anulatus*, *A. cajennense*, *A. imitador*, *A. maculatum*, *A. triste*, *A. americanum* y *Anocentor nitens* (Cortés *et al.*, 2010; Rosario *et al.*, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Sin embargo, *R. (Boophilus) microplus* y *A. cajennense* son las de mayor interés en el ganado bovino, debido a las pérdidas económicas que ocasionan. *A. cajennense* tiene una distribución que cubre un área de aproximadamente 609,857 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 31% del territorio nacional y *R. (Boophilus) microplus* presenta un área de distribución de 1, 043,772 Km<sup>2</sup> que abarca zonas tropicales, templadas y áridas, ocupando el 53% del territorio nacional (Rosario *et al.*, 2010; Iriarte *et al.*, 2012).



Figura 1.- Distribución de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* en México (Tomado de SENASICA-SAGARPA, 2014).

#### 1.4.- Morfología

Las garrapatas tienen morfología diferenciada entre familias, géneros y especies, pero también entre las fases de su ciclo de vida; es decir, durante la fase larvaria presenta tres pares de patas como los insectos, en cambio en las fases de ninfa y adulto poseen cuatro pares de patas que la distinguen de los insectos (Bazán, 2002).

Las especies de la familia Ixodidae se caracterizan por poseer capitulo siempre en posición terminal (visible dorsalmente) y escudo dorsal en todos los estados biológicos. El dimorfismo sexual es acentuado (escudo pequeño y corto en hembras, larvas y ninfas, no sobrepasando la región media del cuerpo; mientras que en machos el escudo es largo y se extiende hasta el margen posterior). En las hembras se observan áreas porosas, hipostoma denticulado en la mayoría de los géneros, en muy pocos casos con crenulaciones. El último segmento del pedipalpo está en posición ventral, situado en una cavidad en la extremidad distal

del artejo III. Las placas estigmas están situadas posteriores a la pata IV (García, 2011).

Estos ácaros presentan dos partes diferenciales visibles: el gnathosoma y el idiosoma, donde se encuentran las extremidades o patas articuladas. La parte anterior, no es una cabeza específicamente, ya que el cuerpo de la garrapata es una sola masa, tienen dos pares de apéndices articulados que forman el gnathosoma, los quelíceros y los pedipalpos, la fusión de sus coxas forma la base del gnathosoma que mide 4 mm de largo por 0.9 mm de ancho; por encima de éste, se observan dos depresiones llamadas áreas porosas, de las cuales sobresalen (Bazán, 2002; Krantz y Walter, 2009).

A diferencia de otros ácaros, el gnathosoma de las garrapatas está modificado en un hipostoma (en donde se guardan los quelíceros), que tiene forma de hoz para perforar la piel, a manera de estuche con dientes, con una fórmula dentaria de 3/3, 4/4 que facilita la acción de permanecer fijas del hospedero, participa como órgano de fijación; además consta de un par de pedipalpos conformado por cuatro segmentos. Cada pedipalpo desempeña dos funciones: una ayuda a proteger las partes suaves del hipostoma y la otra como órgano sensorial (Bazán, 2002; Krantz y Walter, 2009).

En seguida aparecen las extremidades con seis artejos: coxa, trocánter, fémur, tibia, pretarso y tarso. Es importante señalar que los adultos y las ninfas poseen estigmas y se sitúan por atrás del último par de coxas en la parte lateral o dorsal del cuerpo, mientras que las larvas carecen de ellas; además, por el dimorfismo sexual que presentan el macho es más pequeño que la hembra y la placa dorsal cubre por completo su cuerpo. Cada extremidad mide en promedio de 10 a 12 mm en las hembras y de 3 a 4 mm en los machos. La parte posterior, libre de extremidades del ácaro se denomina opistosoma (Bazán, 2002; Krantz y Walter, 2009).

El exoesqueleto, sistema de protección o cutícula posee tres capas: epicutícula, mesocutícula y endocutícula; en ella se aprecian poros, canales o espiráculos. La

primera capa contiene: lípidos, sustancias cementantes, cuticulina y polyfenol que cumplen la alta función de protección a la desecación. Este sistema de protección, tiene la particularidad de sufrir elongaciones de hasta 20 veces su tamaño original cuando ésta se llene de sangre (Bazán, 2002).

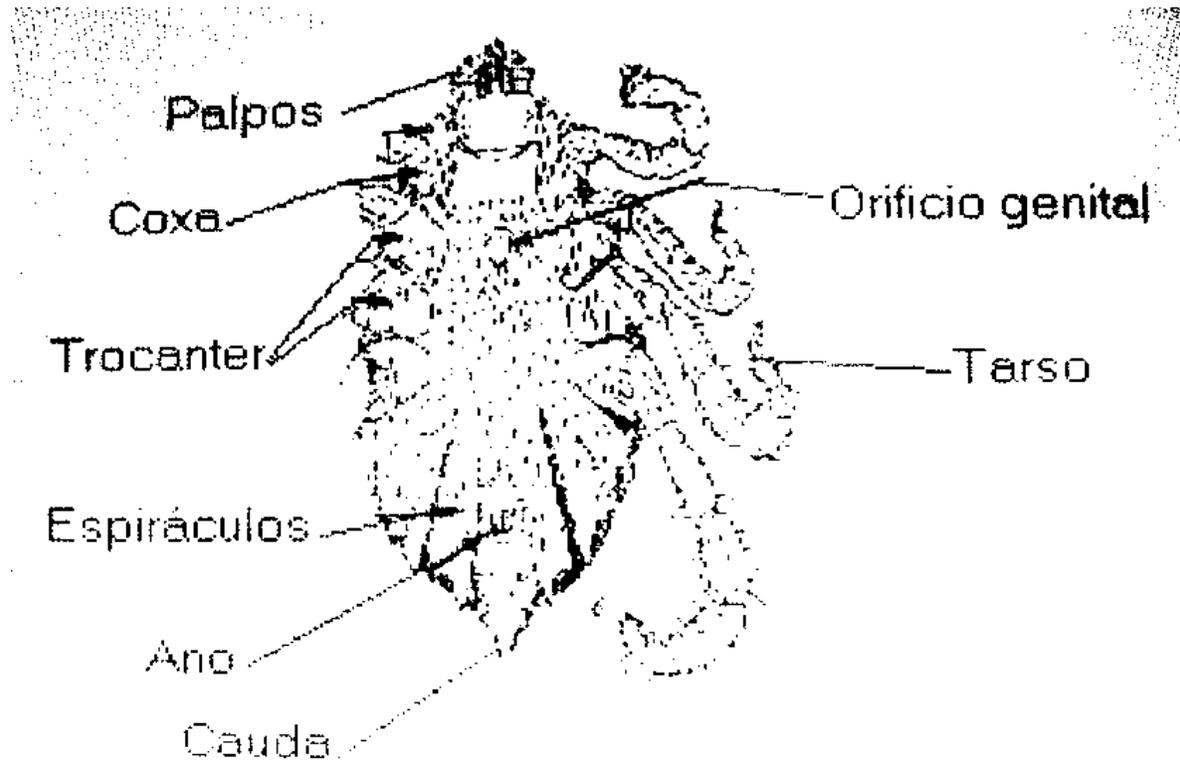


Figura 2.- Estructura de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* (Tomado de Bazán, 2002).

### 1.5.- Importancia económica

Las garrapatas son ectoparásitos hematófagos obligados, que atacan a un gran número de vertebrados incluidos los reptiles, las aves y los mamíferos. A través de su acción directa o del efecto indirecto sobre la producción animal, las garrapatas causan grandes pérdidas a la industria bovina (Rosario *et al.*, 2010). Entre los efectos más importantes que producen al ganado bovino se encuentra la disminución en el consumo de alimento, pérdida de peso, anemias producidas por pérdida de sangre, irritación por picaduras. En el caso de vacas lecheras, reducción en la producción láctea y daños a uno o más cuartos de la glándula mamaria (Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a). Al lesionar la piel,

pueden transmitir diversos agentes patógenos como virus, bacterias, rickettsias y protozoos, lo cual ocasiona enfermedades agudas, crónicas o incluso la muerte de los animales (Baruch, 2012; Díaz, 2012).

Las garrapatas al subir al hospedador y localizar un lugar adecuado para fijarse, perforan la piel con el extremo distal dentado, de sus quelíceros a la vez que introduce el hipostoma en la misma, siendo su primer anclaje. Asimismo, segregan un cono de cemento alrededor de piezas bucales obteniendo así el anclaje definitivo. Este cemento es un fluido rico en proteínas, lipoproteínas, lípidos y carbohidratos que causan dermatosis. Durante la perforación de la piel, los quelíceros y el hipostoma desgarran los vasos capilares provocando hemorragia alimentándose de sangre y exudados tisulares o lo que se llama sangre trasvasada (Manzano-Román *et al.*, 2012).

Los ixódidos realizan la toma de sangre en dos fases, una de alimentación lenta, donde incrementa su peso en ayunas unas diez veces alrededor de 7 días y una rápida, en las últimas 12-24 horas de permanencia sobre el hospedador en la cual se multiplica el peso 50 veces. Entre las moléculas salivares que las garrapatas inoculan al hospedador, existen algunas con propiedades analgésicas, otras que previenen la coagulación, la inflamación y la activación de los mecanismos defensivos del huésped, así como algunas toxinas que pueden provocar parálisis y toxicosis en los animales (Manzano-Román *et al.*, 2012).

Las parasitosis de las garrapatas sobre los hospederos que ataca, provocan disminución de la albúmina sérica, bajo índice de hematocrito, los linfocitos y eosinófilos aumentan, los neutrófilos disminuyen y, se inhibe la síntesis proteica; todo ello repercute en un bajo desarrollo muscular, afecta el sistema enzimático y altera la producción de progesterona. Los animales atacados por la garrapata aunque no sean infectados por patógenos, pueden morir de una anemia severa ya que la garrapata que se adhiere a la piel, succiona de 0.5 a 2.0 ml de sangre durante el período de infestación en su ciclo de vida (Bazán, 2002; Valdez, 2014).

Las enfermedades transmitidas por la garrapata *R. (Boophilus) microplus* es una importante causa que limita la producción bovina. La babesiosis es una de las principales enfermedades que transmite la garrapata, producida por *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*. Los animales con babesiosis presentan anorexia, hipertermia, anemia y deshidratación severa. La anaplasmosis es otra enfermedad transmitida por el ectoparásito, causada por *Anaplasma marginale*, *A. centrale* y *A. ovis* que afectan las células rojas del ganado. Estas enfermedades son endémicas en las zonas tropicales y subtropicales, se ha estimado que más de 20 millones de cabezas de ganado está expuesto a la babesiosis y anaplasmosis en México (García, 2010; Schleske, 2011).

Se considera que cada garrapata adulta ingurgitada es capaz de reducir la ganancia de peso en 0.6 g en un bovino, de la cual el 65% es atribuidos a la infestación de las garrapatas debido al estrés y anorexia por las irritación que causan y 35% por la pérdida de sangre (Rodríguez- Vivas *et al.*, 2012). La pérdida de peso de un bovino parasitado por garrapatas del género *R. (Boophilus) microplus* se calcula en 0.26 kg/garrapata/año, lo que representa la pérdida de varios millones de dólares en la ganadería (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

La infestación por *R. (Boophilus) microplus* causan las mayores pérdidas en la ganadería bovina por disminución en la ganancia de peso, costos para su control y depreciación de pieles. Se estima que los costos de control de garrapatas van de 20 a 40% de la producción total, cerca de \$7, 000 millones de dólares anuales a nivel mundial. En México, se ha calculado que estas garrapatas ocasionan pérdidas de hasta 48 millones de dólares al año, de las cuales 48% han sido en producción de carne, 8.5% en producción de leche, 6.3% por mortalidad y 1.6% debido al daño de pieles (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011b; Schleske, 2011).

Las garrapatas son un problema de gran interés en la economía debido al impactado en la movilización y comercialización de animales en el territorio nacional; la exportación de ganado bovino con otros países se ve afectada, principalmente con los Estados Unidos de América que genera divisas en un rango de 500 a 700 millones de dólares anuales. Debido a que no pueden ser

erradicadas por su capacidad de resistencia, los productores y exportadores se enfrentan a dificultades en la movilización y al rechazo de lotes de ganado mexicano (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a; Rosario *et al.*, 2010).

## **1.6.- Ecología y hábitos**

Las garrapatas pueden vivir en las zonas tropicales con lluvias regulares, alta humedad (mínima de 60%) y clima cálido (15 y 35°C), se dan las condiciones óptimas para el desarrollo de varias generaciones por año, de modo que la plaga tiene presencia constantemente (Valdez, 2014).

La subsistencia de las garrapatas en sus diversos estados de evolución (huevo, larva, ninfa, adulto) está determinada por factores climatológicos como lluvias, sequías, altitud, heladas, temperaturas medias nocturnas y diurnas, tipo de vegetación, así como por la cantidad de animales a disposición. Especialmente los huevecillos y las fases no parasitas de la garrapata son los más susceptibles a los factores climatológicos, las hembras repletas de sangre buscan lugares protegidos en el suelo donde ponen cantidades determinadas de huevecillos según la especie, con ello aseguran una eclosión alta (Bazán, 2002).

La temperatura disminuye el umbral de postura de huevos en un rango que va de 15 a 17°C. La supervivencia de las hembras sin comer depende de la temperatura y edad fisiológica. Las garrapatas adultas son más susceptibles a las altas temperaturas que las jóvenes, ya que la cutícula de las adultas es más permeable. La temperatura modula el índice del estado de letargo y los efectos de muda (Bazán, 2002; García, 2011).

Una vez que las larvas emergen, durante el día se protegen de la desecación del sol, cuyo refugio es la sombra de los pastizales o de otros vegetales, incluso debajo del suelo. Durante las horas más frescas del día, suelen trepar a las plantas, piedras u otros sitios con el fin de facilitar el acceso a los hospederos, moviéndose horizontalmente hasta 8 m de su sitio original. Este movimiento se debe a que su órgano sensorial perciben bióxido de carbono y feromonas de los animales, hacia los cuales se desplazan y atacan (Bazán, 2002).

Normalmente las garrapatas que tienen acceso a un huésped buscan sitios específicos para iniciar el proceso de succionar sangre. La localización sobre el huésped depende del género, *R. (Boophilus) microplus* se distribuye por todo el animal haciéndose más notoria la infestación en las orejas, tabla del cuello, región pectoral, axilas, base de la cola, genitales, abdomen, ingle y glándula mamaria (González, 2007; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

## **1.7.- Ciclo de vida de las garrapatas**

Las garrapatas desarrollan la primera parte de su vida prácticamente en la tierra o en la hierba; sin embargo, debido a que son ectoparásitos hematófagos deben buscar la manera de trepar o subir a un huésped y alimentarse de sangre para completar su ciclo de vida (Rosario *et al.*, 2010).

El ciclo biológico de las garrapatas ocurre de uno o tres huéspedes. Las garrapatas de un solo huésped dependen solo de él para desarrollar los estadios de larva, ninfa y adulto, como es el caso de *R. (Boophilus) microplus*. Las garrapatas de dos huéspedes atacan al huésped en estado de larva, se alimentan, mudan y se transforman en ninfa; ésta se alimenta hasta estar repleta, se deja caer, muda en el suelo y el adulto sube a un segundo huésped en donde se alimenta nuevamente, como es el caso de *Rhipicephalus evertsi* (Barajas, 2004).

En el caso de las garrapatas de tres huéspedes, la larva se alimenta en un primer huésped, cae al suelo y muda a estado de ninfa, ataca a un segundo hospedero se alimenta hasta estar repleta, se deja caer al suelo y muda finalmente en adulto, éste sube a un tercer huésped en donde se alimenta hasta ser adulto repleto en este caso se encuentra la garrapata *A. cajennense* (Barajas, 2004).

### **1.7.1.- Ciclo de vida de *R. (Boophilus) microplus***

Generalmente las garrapatas *R. (Boophilus) microplus* infestan al ganado bovino, ocasionalmente a caballos, mulas, ovejas, cabras y venados (Rosario *et al.*, 2010). Durante el ciclo biológico se presentan cuatro estadios que corresponden a huevo, larva, ninfa y adulto. En la garrapata *R. (Boophilus) microplus* el ciclo consta de

dos etapas bien definidas: la no parásita y la parásita (Cortés-Vecino, 2011; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

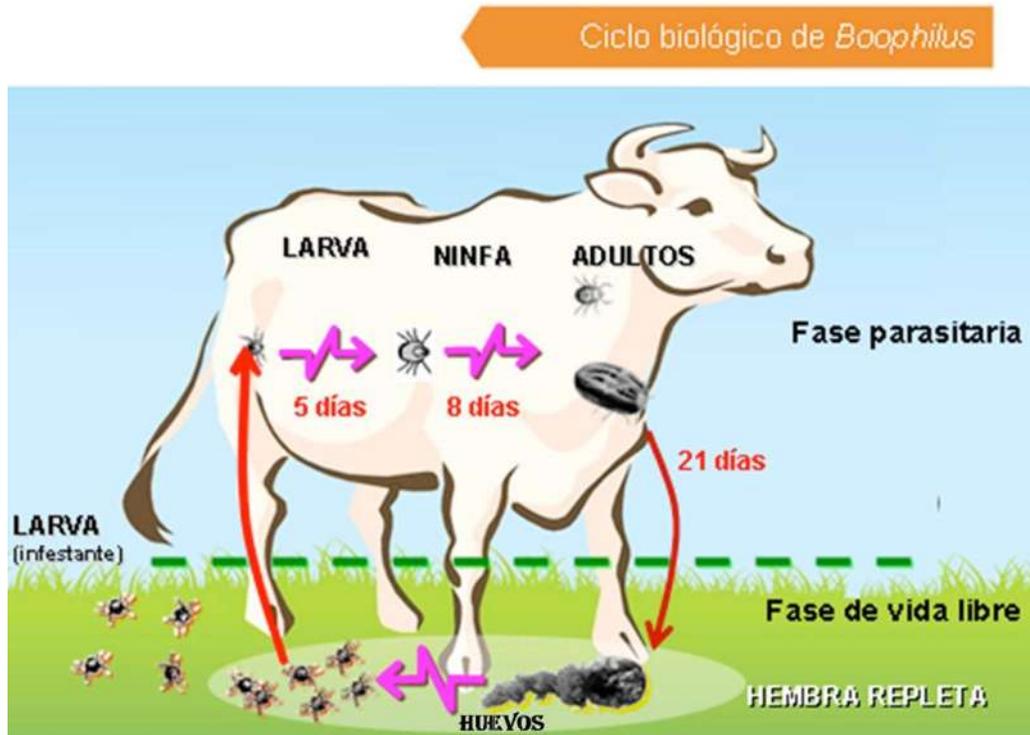


Figura 3.- Ciclo biológico de *R. (Boophilus) microplus* (Tomado de Rosario *et al.*, 2010).

### 1.7.1.1.- Fase no parásita

Según Rodríguez-Vivas *et al.*, (2011a), la fase libre de la garrapata comienza cuando la hembra repleta de sangre se desprende del hospedero y cae al suelo, durante esta etapa suceden seis eventos distintos: preoviposición, oviposición, postoviposición, incubación, eclosión y larva.

Preoviposición. Es la etapa en que la hembra repleta se desprende y cae al suelo, se mueve en busca de un lugar protegido y con sombra para poner huevos (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Oviposición. Es el período que comienza desde la puesta del primer huevo hasta el último por la hembra repleta, los factores ambientales tienen influencia definitiva sobre la duración de este período (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Postoviposición. Es el período desde la puesta del último huevo hasta la muerte de la hembra adulta después de haber realizado la función de dejar descendencia (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Incubación. Es el período que abarca desde que los huevecillos han sido depositados en el ambiente hasta su eclosión. La evolución del embrión está influenciada por el ambiente principalmente por la temperatura y la humedad (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Eclosión. Es el periodo donde las larvas salen del huevo. La eclosión puede ser alterada por la radiación solar en condiciones de campo, la cual puede destruir todos los huevos (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Larva. La larva de *R. (Boophilus) microplus* es de aproximadamente 0.50 mm de largo y 0.40 mm de ancho; tiene forma ligeramente oval y cuenta con tres pares de patas, es de color ámbar. Después de eclosionado la larva se sube por la hierba hasta alcanzar las ramas superiores con el objetivo de subir a un hospedero cuando este pase o se encuentre cerca (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

El período de preoviposición puede durar entre 3 a 10 días; el período de oviposición de 8 a 22 días; la incubación puede durar entre 23 y 42 días y la supervivencia de las larvas sin alimentarse puede durar hasta 186 días dependiendo de los diferentes climas y altitudes (López, 2013). Las garrapatas han desarrollado estrategias que facilitan la supervivencia en el medio ambiente mientras permanecen a la espera de un hospedador. Son capaces de conservar el agua corporal, producen una sustancia higroscópica capaz de absorber humedad y han desarrollado la capacidad de ahorrar energía tras una característica denominada diapausa, que se define como un estado de baja actividad metabólica (Barandika, 2010).

### 1.7.1.2.- Fase parasítica

El tiempo que dura el ciclo parasítico de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* es relativamente constante y dura de 18 a 22 días, durante su estancia, se alimenta de la sangre del huésped, llevando a cabo sus diferentes procesos de muda o cambio de fases siendo las tres principales: larva, ninfa y adulto. La etapa parásita comienza cuando las larvas suben a un hospedero susceptible, estas son estimuladas fuertemente por el bióxido de carbono. Una vez sobre el hospedero, las larvas se fijan en zonas protegidas estratégicas donde se puedan proteger de la radiación solar, incluso de su hospedador (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011b).

Larva. Sus características morfológicas más importantes son: tres pares de patas y una dentadura en doble fila en el hipostoma. Una vez que la larva se sube al hospedero, se desplaza libremente por el cuerpo del animal hasta alcanzar su sitio adecuado para adherirse perforando la piel con los quelíceros, fija el hipostoma y comienza a alimentarse. Una vez repleta mide aproximadamente 1.0 mm de largo, conforme pasa el tiempo la muda se aproxima, el tamaño se incrementa hasta alcanzar 2.0 mm de largo (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Ninfa. Durante esta etapa ocurren cambios morfológicos más significativos: aparece un par de patas, completando cuatro pares en total; una doble fila de dientes (3/3) en el hipostoma. Se pueden apreciar espiráculos en ambos lados del cuerpo detrás del cuarto par de patas. La ninfa es el producto de la primera muda de la larva repleta, tiene forma oval y de color gris oscuro, mide aproximadamente 2.5 mm de largo y cerca de 4 mm al final de la base. Al final de la etapa se puede notar el dimorfismo sexual, ya que las hembras son más grandes y de color claro en relación con los machos. Generalmente la primera ninfa aparece después del sexto día post-infestación y ya para el noveno día, la mayoría pueden ser observadas (Aguilar, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

Adulto. Los cambios morfológicos más sobresalientes de esta etapa son los cuatro pares de patas y una doble fila de dientes (4/4) en el hipostoma.

Macho: cuando el tegumento de las ninfas repletas más pequeñas y oscuras se abre longitudinalmente, emergen los machos, los cuales miden un largo total de 2.0 a 2.5 mm. Sus ocho patas son fuertes y de gran movilidad; ventralmente, se observa el orificio genital a nivel del segundo par de patas; en el tercio posterior del cuerpo se puede apreciar el ano y el nefrostoma. El macho se alimenta en varios sitios deambulando por la piel hasta alcanzar a una hembra para posesionarse vientre con vientre, uniendo su orificio genital y dar lugar a una hembra fertilizada (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a). Los machos permanecen sexualmente activos sobre el hospedero hasta por 70 días (García, 2011).

Hembra: Las ninfas repletas de mayor tamaño generalmente el 50% se transforman en hembras, tienen forma oval aplanada, de color café claro, con ocho patas largas y fuertes; ventralmente el orificio genital aparece a nivel del segundo par de patas. Las hembras inician a alimentarse hasta que se fertilizan, su crecimiento es lento, incrementa su tamaño de 4.0 a 6.0 mm y espera la cópula para posteriormente alcanzar el estadio final de hembra repleta. Su forma es ovoide, grisácea y puede llegar a medir entre 7.0-13.0 mm de longitud y 4.0-8.0 mm de ancho (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

La gran mayoría de hembras repletas se desprenden alrededor del día 23 post-infección. Por lo general se ha observado que el desprendimiento ocurre en las mañanas y también que algunas sufren ciertas modificaciones morfológicas, sin afectar el porcentaje normal de oviposición. La hembra repleta deposita de 2000 a 5000 huevos que darán lugar a una nueva generación de larvas que infestarán nuevamente (García, 2011; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

La fase de parasitismo es poco influenciada por las condiciones climáticas, contrario a lo que ocurre en la fase no parásita, ya que ésta si se ve perjudicada por los factores del medio ambiente. En condiciones de alta humedad relativa y temperatura entre 24 a 28°C, una hembra repleta de sangre puede transformar entre el 50 al 60% de su peso corporal en huevos, con una tasa de eclosión de 85 a 95% (García, 2011).

## **1.8.- Métodos de control**

El control de *R. (Boophilus) microplus* consta de dos estrategias principales: la primera estrategia es el método de control químico que está basado en el uso de sustancias químicas o ixodicidas y ha sido la estrategia más utilizada a lo largo de los años. Sin embargo, el uso frecuente e indiscriminado de estos productos ha favorecido el desarrollo de cepas de garrapatas resistentes a éstos, tienen efectos secundarios hacia el medio ambiente e influyen en la presencia de residuos en los alimentos de los animales tratados (Aguilar, 2010; Fernández *et al.*, 2010). La segunda estrategia ha surgido en años más recientes, se refiere al uso de medidas de control no químico entre las cuales se encuentra: uso de razas resistentes, quema de praderas, vacunas, depredadores naturales, extractos de plantas y control biológico (López *et al.*, 2009; Iriarte *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2014; Rodríguez-Alcocer *et al.*, 2014).

### **1.8.1.- Control químico**

Los métodos de control químico tienen como función romper los ciclos de vida de las garrapatas a través de la aplicación de ixodicidas a intervalos determinados por la región ecológica, especies a las que se va a combatir, eficacia residual o persistencia del antiparasitario. En México, existen más de 50 productos para el control de las garrapatas que incluyen seis grupos distintos con diferencias en sus mecanismos de acción. Principalmente son utilizados organofosforados, piretroides sintéticos, amidinas, fenilpirazolonas, reguladores del crecimiento y lactonas macrocíclicas, que se pueden aplicar por aspersion, inmersión, de forma epicutánea y por vía parenteral (Díaz, 2012; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

La resistencia química que las garrapatas manifiestan a los ixodicidas, es un proceso evolutivo que aparece por selección genética. Diversas especies han logrado sobrevivir mediante un proceso de adaptación natural. La velocidad con que se desarrolla la resistencia en una población depende principalmente de la frecuencia inicial de los genes que confieren resistencia, la intensidad de la selección, el grado de dominancia del gen y la relativa capacidad del genotipo. La

resistencia es el desarrollo de una condición en una población de insectos y otros artrópodos, que permite tolerar dosis de tóxicos que serían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2012).

En los ranchos bovinos de México, la resistencia de *R. (Boophilus) microplus* se ha convertido en uno de los problemas más importantes. La prevalencia de *R. (Boophilus) microplus* resistente a piretroides en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas es de 66.3, 95.3, 94.1 y 90.8% respectivamente (Cabrera-Jiménez *et al.*, 2008). El primer caso de garrapatas resistentes a organofosforados se detectó en ranchos de Tuxpan, Veracruz en 1983 (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2012). Ojeda-Chi *et al.* (2011), mencionan que la mayoría de los ranchos del sureste de México presentan garrapatas con resistencia múltiple a ixodicidas principalmente a organofosforados, piretroides sintéticos y amidinas.

### **1.8.2.- Selección de hospederos resistentes**

Los bovinos de la especie *Bos indicus* son más resistentes a las garrapatas que los de *Bos taurus*. El ganado Cebú presenta del 10 al 20% menos garrapatas que el ganado europeo. La resistencia a las garrapatas varía en relación al sexo, edad, estado de gestación, lactación y temporada del año. La resistencia del ganado a las garrapatas se puede lograr seleccionando animales de razas resistentes y realizando cruza con animales de razas poco resistentes, aunque esto implica que los resultantes de las cruza tengan algunas limitantes productivas (Rosario *et al.*, 2010).

### **1.8.3.- Rotación, descanso y quema de praderas**

El sistema de rotación se basa en descansos obligados de las praderas con la finalidad de presionar a las garrapatas en su etapa de vida libre al impedir o retardar que como larvas activas encuentren a su hospedero para que mueran por hambre y deshidratación. Es importante señalar que el empleo de la rotación y descanso de potreros es efectivo en garrapatas de un solo hospedero en el caso

de *R. (Boophilus) microplus*, que por ser de ciclo directo no busca otros hospederos alternos a su hospedero natural. Sin embargo, puede afectar a especies del género *Amblyomma spp.* aunque no presente un ciclo directo (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011b).

El fuego afecta directamente a las garrapatas por la exposición que sufren a las altas temperaturas los estadios de larvas, las hembras adultas y los huevos. Indirectamente tiene un efecto por la destrucción de la vegetación que le sirve de protección a las garrapatas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). La composición de la vegetación tiene un efecto directo en la sobrevivencia de las hembras adultas repletas, huevos y larvas. Cuando las hembras adultas repletas caen al suelo buscan un lugar oscuro y se protegen de las radiaciones solares de tal forma que praderas con alta vegetación y arbustos proporcionan a las garrapatas un hábitat ideal para su desarrollo (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011a).

#### **1.8.4.- Control biológico**

El control biológico se define como el uso consciente de organismos vivos para reducir poblaciones de organismos plaga o patógenos. Se consideran agentes de biocontrol o depredadores, parásitos, patógenos, competidores de las plagas, feromonas naturales y plantas resistentes. El uso de control biológico se va implementando debido a que ha aumentado la conciencia sobre la seguridad medioambiental y salud humana, pero además, por el gran incremento del costo en el control químico y a la resistencia que las garrapatas han generado a los ixodicidas (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

En los últimos años se ha descubierto que agentes como los hongos entomopatógenos (*Metarhizium*, *Beauveria*, *Isaria fumosarosea*), las bacterias (*Cedevea lapagei*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus*), nemátodos entomopatógenos (*Heterorhabditidae* y *Steinernematidae*) y hormigas reguladoras (*Solenopsis germinata* y *Ectatomma quadridenns*) pueden ser utilizados para el control de las garrapatas. Estos agentes afectan principalmente la fase libre, y

algunos de ellos causan la muerte de garrapatas en diferentes etapas de vida (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

#### **1.8.4.1.- Depredadores naturales**

En México y en América Latina existen algunas garzas y pájaros que se alimentan de garrapatas. El empleo de aves domésticas como gallinas, que ingieren garrapatas a nivel de ganadería de traspatio. Algunas especies de hormigas, *Pheidole megacephala* tienen efecto depredador en la población de garrapatas en Australia (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

#### **1.8.4.2.- Plantas con actividad ixodicida**

Se ha estudiado la eficacia de extractos de plantas como la *Calea serrata* para el control de *R. (Boophilus) microplus* y *R. sanguineus*, donde se ha obtenido una reducción del 11 al 14% en la inhibición de la ovoposición y 100% de mortalidad en larvas. Se han evaluados más plantas como *Petiveria alliacea* y el árbol nim (*Azadirachta indica*) las cuales han tenido buena eficacia para el control de larvas y hembras adultas de *R. (Boophilus) microplus* (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2011b).

Algunas plantas forrajeras tienen propiedades contra las garrapatas, muchas especies dependen no solamente de la presencia de vegetación de tamaño pequeño como pastos, matorrales y maleza, para mantener su balance de agua, sino que también usan a las plantas como plataforma para aumentar sus posibilidades de alcanzar algún animal susceptible de ser parasitado. Esta relación puede ser aprovechada por el uso de plantas que interfieren con la etapa del encuentro garrapata y hospedero (principalmente ganado), cuando se emplean plantas que tengan propiedades antigarrapaticidas (Iriarte *et al.*, 2012).

Algunas gramíneas forrajeras tropicales y subtropicales, tienen la característica de repeler o atrapar a las larvas de garrapatas que afectan al ganado bovino en pastoreo. Estas gramíneas son los pastos: gordura, insurgentes, llanero y jaragua (Iriarte *et al.*, 2012).

### **1.8.4.3.- Vacunas**

El desarrollo de vacunas que ha tenido más éxito, son las vacunas derivadas de los intestinos de la garrapata. La identificación del antígeno Bm86 y posteriormente el Bm95 en células intestinales de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* son el primer ejemplo de antígenos utilizados en vacunas para el control de garrapatas, la respuesta a la vacunación con estos antígenos produce anticuerpos que al estar en contacto con la garrapata provocan lisis de las células intestinales. Se ha reportado que la inmunización produce reducción del peso y la capacidad de postura de huevos de las garrapatas ingurgitadas (Almazán, 2011; Palacios-Bautista *et al.*, 2014). La aplicación de la inmunización permite reducir la transmisión de babesiosis y el número de tratamientos garrapaticidas, lo cual genera un ahorro para la industria ganadera (Botello *et al.*, 2011).

### **1.8.4.4.- Hongos entomopatógenos**

El término entomopatógeno se usa para definir aquellos microorganismos (bacterias, hongos, nematodos y virus) capaces de atacar insectos, y que reduce las poblaciones de plagas a niveles que no causan daño económico a los cultivos. También se han definido como parásitos obligados o facultativos de insectos con una alta capacidad de esporulación y sobrevivencia y sus mayores ventajas están en la manipulación, adaptación a diferentes ambientes, especificidad y capacidad de penetración directa a través del tegumento (Franco, 2014; García, 2012).

Los hongos entomopatógenos se conocen desde hace dos milenios, cuando los chinos identificaron la especie *Cordyceps* sobre especímenes del gusano de seda. Agostino Bassi en 1836 presentó un tratado sobre la enfermedad del gusano de seda, cuya causa era *Beauveria bassiana*, este hecho marca el inicio de la patología de insectos, pero el desarrollo y aplicabilidad de las patologías de insectos, se inicia en 1879 con Hagen, quien estudio el posible uso de los hongos para el control de insectos (García, 2012).

Los hongos entomopatógenos poseen extrema importancia en control de ectoparásitos, virtualmente todos los ectoparásitos son susceptibles a las

enfermedades fúngicas. Se conocen aproximadamente 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos, de los cuales sólo el 10% se utilizan para el control de insectos en cultivos agrícolas. Sin embargo, varios estudios han demostrado que también causan mortalidad en garrapatas (Aguilar, 2010; Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Franco, 2014). Entre los géneros más importantes están: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophtora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces*, *Verticillium* y *Rhizopus* (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

Los hongos que principalmente han sido evaluados para el control de *R. (Boophilus) microplus* son *L. lecaunii*, *B. Bassiana*, *C. bassiana*, *M. anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* los cuales han demostrado tener potencialidad para controlar las garrapatas en sus diferentes estadios (huevo, larva, ninfa y adulto) y en condiciones de laboratorio y de campo (Beltrán *et al.*, 2008; Fernández *et al.*, 2010; Ojeda-Chi *et al.*, 2010; Rivera-Oliver *et al.*, 2013; Valdez-Martínez *et al.*, 2013a y 2013b).

### **1.9.- Mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos**

Los hongos entomopatógenos no necesitan ser ingeridos por el hospedero para el desarrollo de la enfermedad, ésta se da por medio de las siguientes fases: adhesión de esporas, penetración, invasión colonización, muerte y emergencia de estructuras del hongo sobre la cutícula (Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Franco, 2014).

Adhesión de las esporas. El primer contacto se da cuando la espora se adhiere a la cutícula del hospedero, ocurre en tres etapas: adsorción de la espora a la superficie mediante receptores específicos, la adhesión o consolidación de la interfase entre la espora pregerminada y finalmente la germinación (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

Penetración. La principal vía de penetración se lleva a cabo a través del tegumento. Una vez que la espora se adhiere y germina forma tubos germinativos que invaden la cutícula, forman estructuras denominadas apresorios, penetran la superficie de la cutícula y en casos especiales, por el aparato bucal, orificio anal y

genitales (Ojeda-Chi *et al.*, 2011). La penetración se da mediante una combinación de dos mecanismos uno físico y otro químico, el primero consiste en la presión ejercida por una estructura fúngica, la cual rompe las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, principalmente actividades hidrolíticas como proteasas, lipasas y quinasas, que desgarran el tejido en la zona de penetración (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

Invasión. A las 96 horas pos-infección las hifas colonizan al huésped y emergen de la cutícula. Una vez dentro del huésped el hongo se disemina vía hemolinfa y produce blastosporas y cuerpos filamentosos de hifas, que invaden el sistema inmune del hospedero y se multiplican rápidamente en los tejidos. Además de producir dos familias de toxinas que son las destruxina y citocalacinas (Téllez-Jurado *et al.*, 2009; Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

Colonización. La colonización del hongo en los órganos del artrópodo se produce por: cuerpos grasosos, sistema digestivo, tubos de malpigio, hipodermis, sistema nervioso, músculos y tráquea. También se ha observado que al quinto día pos-infección invade los órganos reproductivos y digestivo (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

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

Emergencia. Al agotarse los nutrientes dentro del insecto y cuando las condiciones de humedad relativa son adecuadas. La emergencia del micelio se realiza a través de la cutícula, crece en la superficie y esporula después de 48 a 60 horas de la muerte del hospedero (Ojeda-Chi *et al.*, 2011; García, 2012).

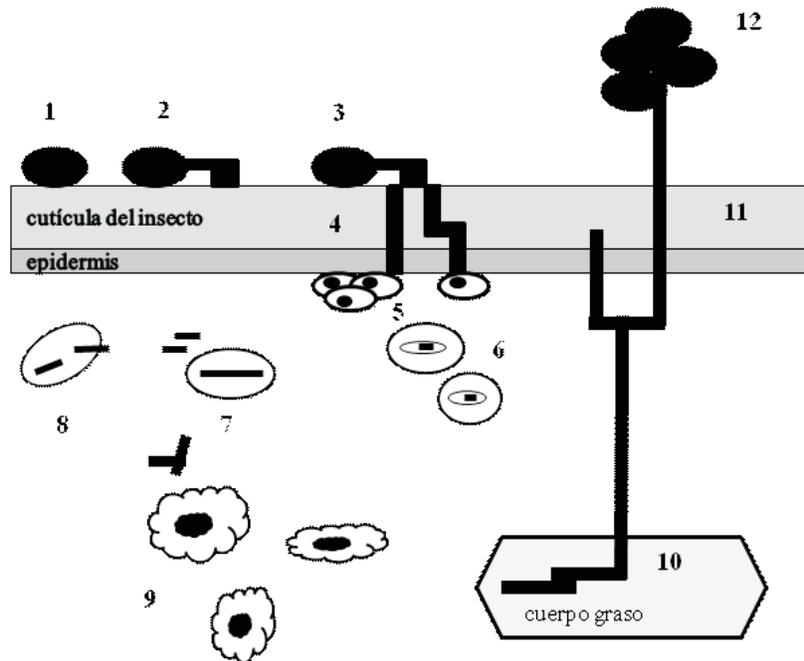


Figura 4.- Esquema del desarrollo del hongo entomopatógeno. 1. Adhesión de la espora. 2. Germinación y formación del apresorio. 3. Penetración de la cutícula. 4. Crecimiento y penetración de la epidermis. 5. Agregación de los hemocitos. 6. Respuesta inmune del huésped. 7. Transformación a cuerpos levaduriformes, 8. Evasión del sistema inmune. 9. Propagación del hemocele. 10. Transformación a cuerpo hifal. 11. Esporulación y germinación atravesando la cutícula. 12. Diseminación de esporas. (Tomado de Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

La relación patógeno-hospedero está realmente influenciada por los factores ambientales (bióticos y abióticos), que intervienen en la manifestación epizoótica. Entre los factores abióticos se encuentran los rayos ultravioleta, la temperatura, la humedad relativa. La susceptibilidad y la relación con los hospederos tienen que ver con los nutrientes presentes en ellos, que son el medio para la propagación, dispersión y persistencia de los hongos. Las esporas tienen requerimientos específicos de agua y temperatura, de igual manera que otros factores ambientales que en conjunto funcionan como inductores de la activación de receptores presentes en el patógeno, para que permitan el proceso infectivo del hospedero (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

### 1.10.- *Metarhizium anisopliae*

*M. anisopliae* es un hongo entomopatógeno que fue aislado por primera vez en 1879 del escarabajo *Anisoplia austriaca* Herbst, por Metchnikoff quien sugirió su uso como agente microbiano contra el parásito del insecto. Es un hongo cosmopolita, que no infecta animales de sangre caliente y tampoco existen reportes de sensibilidad humana al mismo, inicialmente es de color blanco pero se torna verde cuando esporula. Se emplea en países como Colombia, Australia, Estados Unidos, Brasil y México para el control de plagas agrícolas, pero es patógeno para el control de algunos parásitos de los animales (Aguilar, 2010; García, 2012).

Reino	Fungi
División	Mycota
Subdivisión	Eunycota
Clase	Deuteromycetes
Subclase	Hyphomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Clavicipitaceae
Género	<i>Metarhizium</i>
Especie	<i>Anisopliae</i>

Cuadro 2.- Clasificación taxonómica de *M. anisopliae* (Franco, 2014).

La clasificación taxonómica del género *Metarhizium* ha sufrido cambios de acuerdo a varios autores, recientemente a través estudios moleculares se conoce la existencia de nueve especies: *M. anisopliae*, *M. guizhouense*, *M. pingshaense*, *M. acridum stat.nov.*, *M. lepidotae stat. nov.*, *M. majus stat nov.*, *M. globosum*, *M. robertsii* y *M. brunneum*. Estos estudios también han permitido la reubicación de las especies de *Metarhizium* al grupo de los Ascomycetes (Hypocreales: Clavicipitaceae) parásitos de insectos, al considerar además el origen e implicaciones evolutivas como reproducción, hábitat, el uso de hospedero vivo y otros invertebrados como fuente de alimento (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

*M. anisopliae* ataca más de 200 especies de insectos y ácaros de diversos géneros, en los órdenes Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Dermaptera, Hymenoptera y Coleoptera, etc., además se sabe que tiene efecto patógeno en las especies de garrapatas como *A. americanum*, *A. maculatum*, *A. cajennense*, *A. variegatum*, *R. annulatus*, *R. (Boophilus) microplus*, *Hyalomma excavatum*, *Ixodes scapularis*, *R. appendiculatus* y *R. sanguineus* (Aguilar, 2010; Ojeda-Chi *et al.*, 2011; García, 2012).

*M. anisopliae* presenta la habilidad de crecer en forma saprófita, facilidad de diseminación de los conidios, capacidad de sobrevivencia en el suelo y reproducción asexual. Requiere una temperatura óptima de 25 a 30°C y humedad relativa del 100%. Los límites térmicos para la germinación y crecimiento de los conidios y de las hifas se encuentran alrededor de 37 a 40°C. Estudios recientes han demostrado que algunas cepas de *M. anisopliae* pueden tolerar temperaturas de hasta 48°C sin afectar su actividad patógena. A una humedad por debajo del 53% se reduce la viabilidad de los conidios (Aguilar, 2010; Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

*M. anisopliae* es uno de los hongos biocontroladores con mayor potencial patógeno en el control de insectos plaga en diferentes cultivos agrícolas, se caracteriza por la formación de micelio septado con producción de conidias de aproximadamente 0.5 a 0.8 micras de diámetro en conidióforos que nacen a partir de hifas ramificadas. Comprende dos fases: una patogénica y otra saprofítica. La primera ocurre cuando el hongo entra en contacto con el tejido del huésped y la segunda cuando el hongo completa su ciclo aprovechando los nutrientes del cadáver del insecto (Sterling *et al.*, 2011; Franco, 2014).

*M. anisopliae* es una de las especies de hongos entomopatógenos con la que más se ha trabajado en todo el mundo en relación con su producción masiva y por su comercialización. La producción de conidios en gran escala se puede realizar sobre diferentes sustratos de origen vegetal como papa, trigo, soya, arroz y el salvado (Barajas *et al.*, 2010).

### **1.11.- OBJETIVO**

-Evaluar la eficacia de la cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* en el control de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* del ganado bovino en Coahuayana, Michoacán, en condiciones de campo.

### **1.12.- HIPÓTESIS**

La cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* es eficaz para el control de la garrapata *R. (Boophilus) microplus* del ganado bovino en Coahuayana, Michoacán.

## **2.- MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1.- Cultivo del hongo entomopatógeno**

El cultivo del hongo se realizó en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, situado en el kilómetro 9.5 de la carretera Morelia-Zinápecuaro del municipio de Tarímbaro, Michoacán.

La cepa Ma198 de *M. anisopliae* se encuentra depositada en la Colección de Hongos Entomopatógenos de la Universidad de Colima. Los hongos fueron cultivados en agar dextrosa Sabouraud (SDA), con 1% de extracto de levadura y con 500 ppm de cloranfenicol, incubados en 25°C y 70% de humedad relativa durante tres semanas (Rivera-Oliver *et al.*, 2013; Valdez-Martínez *et al.*, 2013a y 2013b).

Posteriormente para la separación de conidios se realizó una solución estéril de 0.1% de Tween 80 con agua destilada y se agitó durante 3 segundos. En la multiplicación masiva de los hongos se utilizaron bolsas de polipapel con 250g de arroz entero previamente lavado y tratado con 500 ppm de cloranfenicol, posteriormente se esterilizó en un autoclave durante 15 minutos. Se inoculó cada bolsa con 10ml de suspensión con conidios, y se incubaron a una temperatura de 25°C y 70% de humedad relativa durante 21 días. (Fernández *et al.*, 2010; Valdez-Martínez *et al.*, 2013a).

Para la recolección de los conidios se utilizó tierra de diatomeas, la cual se agregó a cada bolsa para separar las esporas del arroz, la separación se hizo mediante dos recipientes grandes y en medio se colocó un cedazo el cual permitió el paso de las esporas únicamente, una vez colectadas las esporas se almacenaron en refrigeración hasta su uso. Se utilizó una cámara de Neubauer para determinar la concentración.

## 2.2.- Estudio en campo

### 2.2.1.- Localización

El estudio se realizó en las localidades de Santa María y Achotan situadas en el municipio de Coahuayana, al suroeste de Michoacán, entre las coordenadas 18°37' y 18°54' de latitud norte, 103°30' y 103°45' de longitud oeste; altitud entre 0 y 1200 m a nivel del mar. Rango de temperatura 20-32.5°C, rango de precipitación 800-1300 mm, con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (82.60%) (INEGI, 2009).

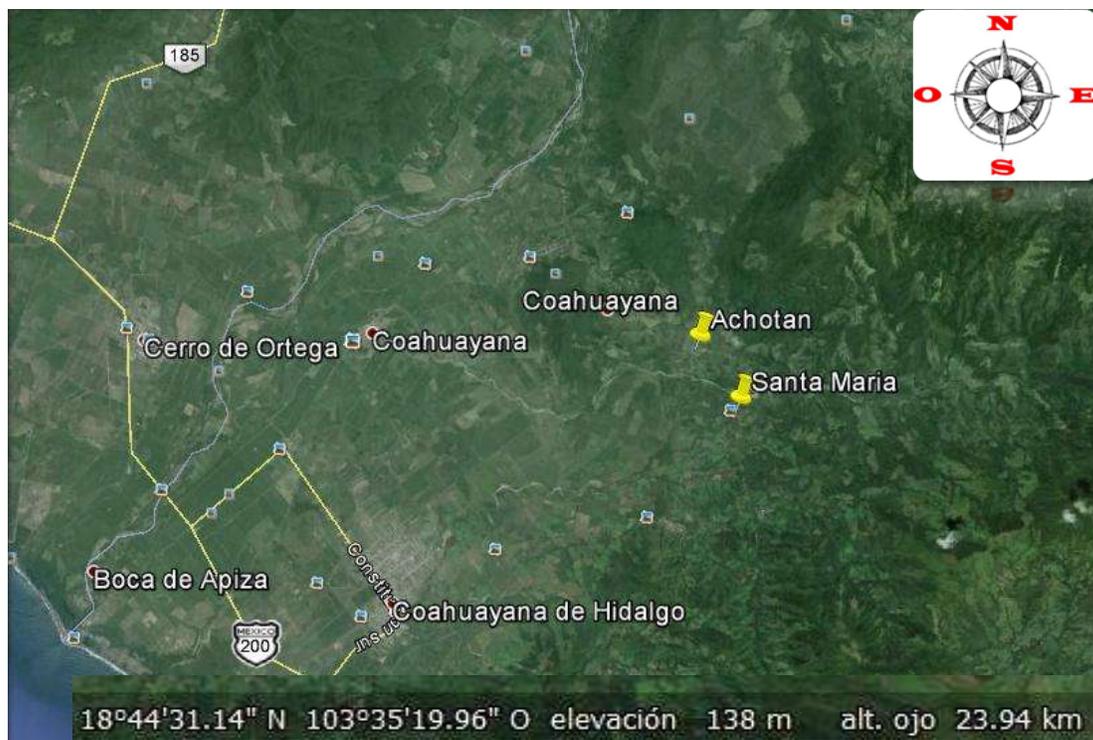


Figura 5.- Ubicación geográfica del rancho “Santa María” y “La Mohonera” en las localidades de Santa María y Achotan, municipio de Coahuayana, Michoacán (Tomado de Google maps, 2015).

### 2.2.2.- Estructura del hato

Se trabajó en 2 hatos con bovinos productores de carne de diferentes edades; infestados de garrapatas naturalmente. El primero “Santa María” perteneciente a la localidad de Santa María y el otro “La Mohonera” a la localidad de Achotan. El primer hato contaba con 12 bovinos y el segundo con 18 bovinos de las razas Simbrah, Simental, Brahman, Suizo, Angus y Charolais. Los animales de cada

hato se dividieron en dos grupos homogéneos; en un grupo se utilizó la cepa Ma198 y el otro sirvió como testigo.

### **2.2.3.- Vegetación**

El ganado del rancho “Santa María” pastoreaba en un potrero de 14 has con una parte de pasto llanero (aproximadamente 6 has) y el resto del potrero tiene una vegetación natural (selva tropical). El ganado del rancho “La Mohonera” pastoreaba en 12 has las cuales cuentan con 5 has de pasto chontalpo y llanero; y 7 has de vegetación natural (selva tropical).

### **2.2.4.- Proceso de trabajo**

La cepa Ma198 fue trasladada hasta el lugar de trabajo en una hielera con bolsas de gel congelado; la preparación del tratamiento consistió en mezclar la cepa a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidos/ml con Inex-A (producto agroquímico) como adherente y agua a la cual se le midió el pH con tiras reactivas (Valdez-Martínez *et al.*, 2013a; Rodríguez-Alcocer *et al.*, 2014). El grupo testigo solo fue asperjado con una solución de agua con Inex-A (1ml de Inex-A/1 litro de agua).

Se utilizaron lazos y una manga de manejo para inmovilizar a los animales, también se utilizó una bomba tipo mochila para rociar a los animales, siempre a favor del viento y a contra pelo después de la cinco de la tarde.

Se realizaron cuatro conteos de garrapatas (ninfas y adultas) y tres aplicaciones de los dos tratamientos, cada siete días durante tres semanas. El conteo se realizó por un lado del animal en un plano medial multiplicado por dos (Valdez-Martínez *et al.*, 2013a). Posteriormente se realizaron las aplicaciones.

Con los datos obtenidos del conteo de garrapatas se elaboró una base de datos los cuales se sometieron en el programa SAS para su análisis estadístico con la prueba de medias de mínimos cuadrados (LSMEANS).

### 3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1.- Rancho “Santa María”

En el cuadro 3 se observa el número promedio de garrapatas que se registraron cada 7 días en el rancho “Santa María”, respecto a los tratamientos con *M. anisopliae* y el testigo. Los animales que se asperjaron con *M. anisopliae* tenían en promedio de 54.23 garrapatas *R. (Boophilus) microplus* al inicio del experimento. Después de la primera aplicación se observó una disminución al realizar un segundo conteo de garrapatas. En el tercer y cuarto conteo posterior a la aplicación de *M. anisopliae* se registró un aumento en el número promedio de garrapatas y se observó la presencia de garrapatas del género *Amblyomma*.

Los animales del grupo testigo iniciaron con un promedio de 50.56 garrapatas *R. (Boophilus) microplus* en el primer conteo; disminuye en el segundo y aumenta en el tercer y cuarto conteo tras la segunda y tercera aplicación con Inex-A. En los animales de este grupo también se observó la presencia de garrapatas *Amblyomma*. Aunque solo se contabilizaron ninfas y adultas, también se observó la presencia de larvas en ambos grupos tratados. La disminución de garrapatas del grupo testigo se atribuye al efecto del Inex-A, que probablemente tapa los poros por dónde entra el aire al cuerpo de las garrapatas.

Tratamiento		<i>M. anisopliae</i>		Testigo	
Baño	Conteo	Promedio	D. Estándar	Promedio	D. Estándar
1	1	54.23	± 26.61	50.46	± 20.41
2	2	18.23	± 9.68	25.79	± 6.86
3	3	28.23	± 13.89	29.46	± 17.73
	4	54.57	± 57.88	43.46	± 19.12

Cuadro 3.- Promedio de garrapatas registradas cada semana respecto a las aplicaciones de *M. anisopliae* y el grupo testigo en el rancho “Santa María”.

La cepa Ma198 de *M. anisopliae* no mostró eficacia en las garrapatas del ganado del rancho “Santa María”. Los resultados posiblemente se deben a que en condiciones de campo la viabilidad de las esporas se ve afectada por factores macroclimáticos como la temperatura, humedad, radiación solar y; microclimáticos como la composición química de las secreciones de la piel del animal, microflora y la temperatura de la piel, que en ocasiones no germinan o no logran penetrar la cutícula de las garrapatas (Samish *et al.*, 2004; Fernandes y Bittencourt, 2008; Leemon y Jonsson, 2008; Fernandes *et al.*, 2012). La variación en virulencia de *M. anisopliae* es atribuido a las diferencias en la susceptibilidad de las poblaciones de garrapatas (Perinotto *et al.*, 2012), y a la capacidad de modificar el exoesqueleto lo cual inhibe o retarda la penetración (Alonso-Díaz *et al.*, 2006). Otra causa posible puede ser, que existe una proporción de la población de garrapatas que no fueron expuestas a los tratamientos llamada población refugio (FAO, 2003), que durante los tratamientos no estaban presentes y posteriormente infestaron a los bovinos. Al respecto Bazán (2002), menciona que después de la aplicación de *M. anisopliae* es posible que al día siguiente el ganado vuelva a infestarse ya que el hongo no deja ningún efecto residual posterior a su aplicación a diferencia de los productos químicos. Durante el experimento el promedio de garrapatas registrado fué similar en ambos grupos tratados; los dos tratamientos disminuyen el número de garrapatas después de la primera aplicación y aumenta después de la segunda y tercera aplicación. Este hallazgo posiblemente se debe a que todos los animales del rancho se encontraban en el mismo predio y pastoreaban constantemente en potreros con pasto llanero y vegetación natural, donde existe una mayor infestación de garrapatas. Para determinar la infestación de los potreros se realizó un arrastre con la técnica de bandera, que consiste en arrastrar una bandera de material a base de tela de algodón sobre la vegetación del potrero (Fernández, 1996; Barandika, 2010; Ojeda-Chi *et al.*, 2010), tras realizar los arrastres de la bandera en varios puntos del potrero, se encontró que se adherieron un total de 10 larvas, lo cual indica la presencia de garrapata en el potrero. En el tercer y cuarto conteo se identificaron garrapatas del género *Amblyomma*, las cuales no se observaron durante los primeros conteos, posiblemente se debe a que estas

garrapatas por el ciclo que presentan no estuvieron presentes en algunos de los bovinos muestreados, probablemente infestaron a otros animales y coincidió con los últimos conteos. Sin embargo, Valdez-Martínez *et al.*, (2013a) realizaron pruebas en laboratorio con *M. anisopliae* y determinaron una eficacia del 80% en garrapatas de *A. cajennense*; en Brasil, Lopes *et al.*, 2007, registraron una eficacia de 60-68% en condiciones *in vitro* para *A. cajennense*; pero en condiciones de campo no se ha reportado estudios que demuestren su eficacia. Por lo que en el presente estudio se pudo constatar que la cepa Ma198 de *M. anisopliae* no fue eficaz contra garrapatas del género *A. cajennense*, por lo que se requiere seguir investigando el uso de esta cepa para el control de garrapatas del género *Amblyomma*.



Figura 6.- Infestación de potreros vecinos a donde pastoreaba el ganado del rancho “Santa María”.

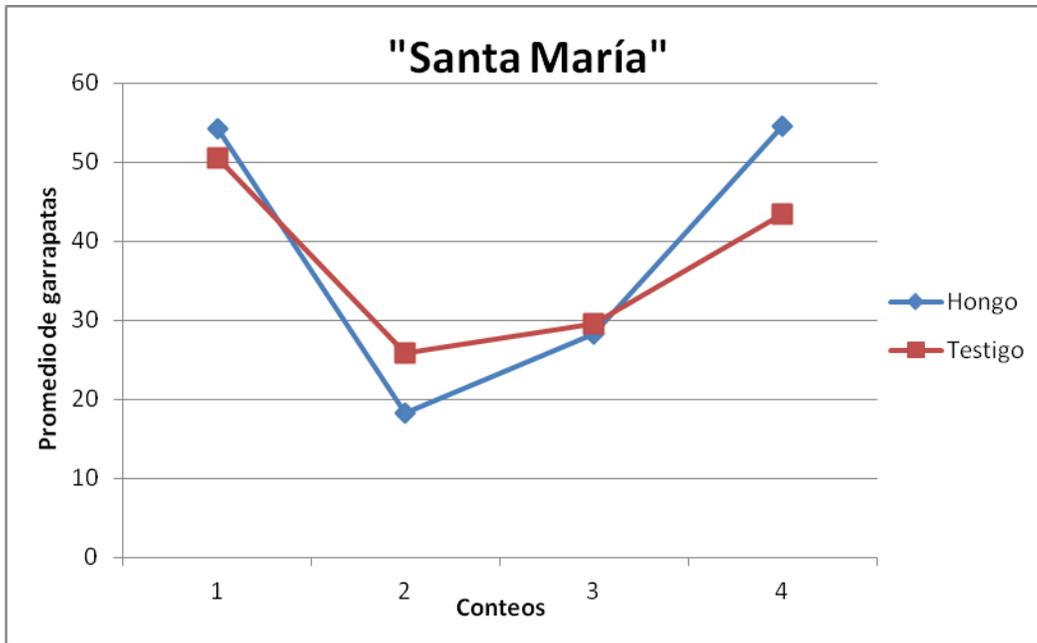


Figura 7.- Comportamiento de *M. anisopliae* y el testigo durante el tratamiento en el rancho "Santa María".

### 3.2.- Rancho "La Mohonera"

En el cuadro 4 se observa el número promedio de garrapatas que se registraron cada 7 días en el rancho "La Mohonera" respecto a los tratamientos con *M. anisopliae* y el testigo. En los animales del grupo tratado con *M. anisopliae* se encontró un promedio de garrapatas *R. (Boophilus) microplus* de 48.61 por animal y en los animales del grupo testigo se registró un promedio de 23.73 garrapatas por animal. A partir de la primera aplicación hasta el final del experimento se encontró una disminución en el número de garrapatas en los animales tratados con *M. anisopliae*, el promedio final fue de 8.83 el cual es inferior a la carga de 20 garrapatas que no causan ningún efecto negativo a los bovinos (González, 2007). Se observa que los promedios de garrapatas en el grupo testigo son similares y disminuyen después de la tercera aplicación, probablemente se debe al efecto del Inex-A al tapar los poros por donde entra el aire al cuerpo de las garrapatas.

Tratamiento		<i>M. anisopliae</i>		Testigo	
Baño	Conteo	Promedio	D. Estándar	Promedio	D. Estándar
1	1	48.61	± 27.49	23.73	± 14.73
2	2	12.61	± 7.14	20.84	± 14.03
3	3	11.72	± 7.87	24.40	± 18.21
	4	8.83	± 7.49	15.73	± 10.44

Cuadro 4.- Promedio de garrapatas registradas cada semana respecto a las aplicaciones de *M. anisopliae* y el grupo testigo en el rancho “La Mohonera”.

*M. anisopliae* fue eficaz en un 82%, similar a los resultados reportados por López *et al.*, (2009), quienes obtuvieron un 75% de eficacia en Colombia; Alonso-Díaz *et al.*, (2007), reportaron eficacias de 40 a 91% empleando la cepa Ma34 sobre bovinos infestados con *R. (Boophilus) microplus* en Veracruz y Rodríguez-Alcocer *et al.* (2014), en Yucatán, demostraron que las cepas Ma34 y Ma14 tienen una eficacia de 30.9 a 87% en garrapatas en infestaciones naturales, utilizando *M. anisopliae* aunque diferentes cepas. Las condiciones en las que se realizó el experimento fueron similares al trabajo de Valdez (2014), donde demostró que la cepa Ma198 reduce en un 92.5% las poblaciones de garrapatas en Michoacán, en los municipios de Querendaro, Indaparapeo y Tzitzio.

Los promedios de garrapatas encontrados en el rancho “La Mohonera” son menores en comparación del rancho “Santa María”, posiblemente se debe a que una porción del potrero donde pastoreaba el ganado anteriormente era destinado a la agricultura, por lo que se presume que no existe una gran infestación de garrapatas. Se utilizó Inex-A como adherente, el cual rompe la tensión de las esporas favoreciendo una mezcla homogénea del hongo con el agua, también se utilizó como testigo para observar y confirmar el efecto de *M. anisopliae*. Después de las aplicaciones al realizar los conteos se observó la reducción del número de garrapatas; posiblemente, esto se debe al componente activo, lo que provocó la caída de algunas garrapatas. No se han realizado

estudios sobre el efecto de Inex-A en las garrapatas; sin embargo, O´Farrill-Nieves (2013), menciona que los aceites congestionan los orificios (espiráculos) por donde entra el aire al cuerpo del artrópodo y causan la muerte. Se descarta que el efecto del Inex-A sea el causante de la muerte del total de las garrapatas durante el experimento, debido a que se encontraron cadáveres de garrapatas en algunos de los bovinos tratados con *M. anisopliae*.

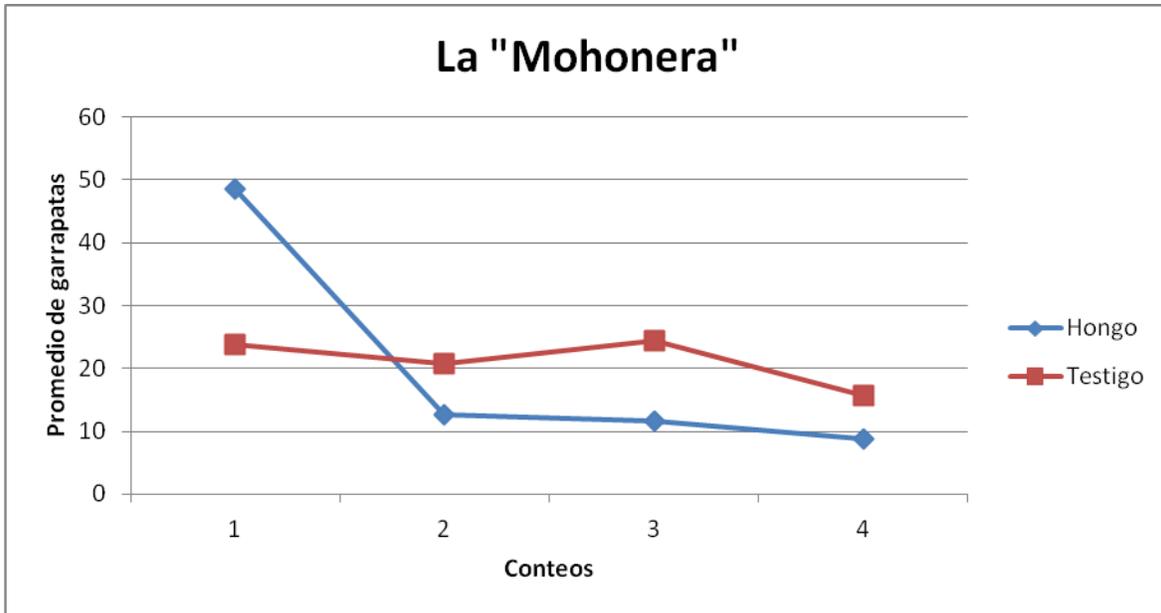


Figura 8.- Comportamiento de *M. anisopliae* y el testigo durante el tratamiento en el rancho "La Mohonera".

#### 4.- CONCLUSIONES

La cepa Ma198 de *M. anisopliae* puede ser una alternativa para el control de garrapatas del género *R. (Boophilus) microplus* en condiciones de campo.

Se debe seguir investigando la cepa Ma198 de *M. anisopliae* para determinar su efecto en condiciones de campo sobre garrapatas de otros géneros que infesten a los bovinos.

Existe una gran infestación de garrapatas en los potreros donde pastorean los bovinos, por lo que se debe buscar alternativas eficaces para controlar dichas garrapatas en sus diferentes estadios de vida.

## 5.- BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, B. J. A. 2010. Termo-tolerancia y eficacia *in vitro* del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Ma14) sobre el control de larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, México.

Almazán, G. C. 2011. Control inmunológico de garrapatas en bovinos. Capítulo 34. En: Epidemiología en enfermedades parasitarias en animales domésticos. Editores: Quiroz, R. H.; Figueroa, C. J. A.; Ibarra, V. F. y López A. M. E. México. pp. 505-517.

Alonso-Díaz, M. A.; García, L.; Galindo-Velasco, E.; Lezama-Gutiérrez, R.; Angel-Sahagún, C. A.; Rodríguez-Vivas, R. I. y Fragoso-Sánchez, H. 2007. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*. 147: 336-340.

Alonso-Díaz, M. A.; Rodríguez-Vivas, R. I.; Fragoso-Sánchez, H. y Rosario-Cruz, R. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 38(2): 105-113.

Arguedas, M.; Álvarez, V. y Bonilla, R. 2008. Eficacia del hongo entomopatógeno *Metharizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* (Acari: ixodidae). *Agronomía Costarricense*. 32(2): 137-147.

Barajas, C. G.; Del Pozo, E. M.; García, I. y Méndez, A. 2010. Obtención de conidios del aislamiento de MA-002 de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin mediante una alternativa de cultivo bifásico. *Revista Protección Vegetal*. 25(3): 175-180.

Barajas, S. E. 2004. Principales garrapatas de los bovinos en la costa de Michoacán (*Boophilus spp.* y *Amblyomma spp.*). (Tesina de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.

Barandika, I. J. F. 2010. Las garrapatas exófilas como vectores de agentes zoonóticos: estudio sobre abundancia y actividad de las garrapatas en la vegetación, e investigación de la presencia de agentes patógenos en garrapatas y micromamíferos. (Tesis doctoral). Universidad de León. Facultad de Veterinaria. España.

Baruch, Z. M. J. 2012. Prevalencia de ranchos y factores asociados con poblaciones de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a cipermetrina en municipios de la zona centro del estado de Veracruz. (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Veracruz, México.

Bazán, T. M. 2002. Efecto de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) en el control biológico de *Boophilus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae) en ganado estabulado. (Tesis de maestría). Universidad de Colima. Facultad de ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tecomán, Colima, México.

Beltrán, A. C.; Gutiérrez, G. A. I. y Saldarriaga, O. Y. 2008. Patogenicidad de *Lecanicillium lecanii* (Fungi) sobre la garrapata *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) en laboratorio. Revista Colombiana de Entomología. 34(1): 90-97.

Botello, A. R.; Botello, A. L.; Borroto, C. N.; Suárez, M.; Pérez, D. A.; Rodríguez, Y. V.; Fajardo, H.; Pérez, K. C.; González, A. O.; Rodríguez, A. N.; Linares, B. R.; Colicchia, M. R.; Gómez, I. A.; Peraza, P. S. y Gort, A. M. 2011. Control de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos con el inmunógeno Herber biogar. Revista Electrónica de Veterinaria. 12(1): 1-10.

Cabrera-Jiménez, D.; Rodríguez-Vivas, R. I. y Rosado-Aguilar, J. A. 2008. Evaluación de la resistencia a la cipermetrina en cepas de campo de *Boophilus microplus* obtenidas de ranchos bovinos del estado de Yucatán, México. Técnica Pecuaria México. 46(4): 439-448.

Cárdenas, L. N. 2013. Campaña zoonitaria contra la garrapata *Boophilus spp.* en Michoacán 2009-2011. (Tesina de Licenciatura). Universidad Michoacana de

San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.

Cortés-Vecino, J. A. 2011. Garrapatas: estado actual y perspectivas. *Biomédica*. 31(3): 3-315.

Cortés, V. J. A.; Betancourt, E. J. A.; Arguelles, C. J. y Pulido, H. L. A. 2010. Distribución de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos y fincas del Altiplano cundiboyacense (Colombia). *Corpoica Ciencia, Tecnología Agropecuaria*. 11(1): 73-84.

Díaz, R. E. 2012. Mecanismos moleculares y bioquímicos de resistencia a acaricidas en la garrapata común de los bovinos *Rhipicephalus microplus*. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 5(1): 72-81.

Díaz, V. M.; Izaguirre, F. F.; Martínez, T. J. J.; Aguirre, M. J. F.; Posada, C. S.; García, C. C. G.; Ramón, C. M. A. y Garza, H. J. M. 2014. Efecto de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor sobre la mortalidad de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Canestrini en condiciones de laboratorio. *Livestock Research for Rural Development*. 26(9): 1.

Domínguez-García, D. I.; Rosario-Cruz, R.; Almazán-García, C.; Saltijeral-Oaxaca, J. A. y De la Fuente, J. 2010. *Boophilus microplus*: Aspectos biológicos y moleculares de la resistencia a los acaricidas y su impacto en la salud animal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12. p. 181-192.

FAO. 2014. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. [En línea]. <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia/es/> [Consulta: 23 de junio de 2015].

FAO. 2003. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Resistencia a los antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. [En línea]. <http://www.fao.org/docrep/006/y4813s/y4813s03.htm> [Consulta: 28 de octubre de 2015].

Fernandes, K. K. E.; Bittencourt, R. E. P. V y Roberts, W. D. 2012. Perspectives on the potential of entomopathogenic fungi in biological control of ticks. *Experimental Parasitology*. 130: 300-305.

Fernandes, K. K. E. y Bittencourt, R. E. P. V. 2008. Entomopathogenic fungi against South American ticks species. *Experimental of Applied Acarology*. 46: 71-93.

Fernández, R. M.; Berlanga, P. A. M.; Cruz, V. C. y Hernández, V. V. M. 2010. Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la inhibición de ovoposición, eclosión y potencial reproductivo en una cepa triple resistente de garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae). *Entomotropica*. 25(3): 109-115.

Fernández, R. M. 1996. Comparación de cuatro técnicas de colecta de larvas de *Boophilus microplus* bajo condiciones de capo en infestación controlada. *Técnica Pecuaria México*. 34 (3): 175-182.

Franco, M. G. 2014. Estudio del parasitismo de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin en el quiste del nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* (Behrens, 1975), bajo condiciones de laboratorio. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología. Saltillo, Coahuila, México.

García, O. H. 2012. Producción de conidios de *Metarhizium anisopliae* var *lepidiotum* en atmosferas oxidantes. (Tesis maestría). Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F.

García, P. J. L. 2011. Evaluación de las propiedades acaricidas de *Piper crassinervium* Kunth. *Piper aequale* (Piperaceae) sobre larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae). (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. Colombia.

García, V. Z. 2010. Garrapatas que afectan al ganado bovino y enfermedades que transmiten en México. En: 1er. *Simposium* de Salud y Producción de Bovinos de Carne en la Zona Norte-Centro de México. Aguascalientes, Aguascalientes. p. 1-9.

González, R. U. A. 2007. Dinámica de la garrapata (*Boophilus microplus*) en el municipio de Siuna, Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN). (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria. Facultad de Ciencia Animal. Departamento de Medicina Veterinaria. Nicaragua, Nicaragua. pp. 4-30.

Grapain, C. J. I. 2010. Resistencia de *Rhipicephalus (Boophilus) Microplus* a ixodicidas en México: estudio recapitulativo. Monografía. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.

Google maps 2015. [En línea] <https://www.google.com.mx/maps/@18.6886306,-103.5734985,21927m/data=!3m1!1e3> [Consulta: 01 de septiembre de 2015].

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coahuayana, Michoacán de Ocampo.

Iriarte, D. H. P.; Martínez, G. S.; Aguirre, O. J.; Barajas, C. R.; Romo, R. J. Loya, O. L. y Molina, T. J. 2012. Repelencia de algunas plantas forrajeras a las garrapatas. *Abanico Veterinario*. 2(3): 47-57.

Krantz, G. W. y Walter, D. E. 2009. *A Manual of Acarology*. Texas Tech University Press, 3a Ed. USA.

Leemon, D. M. y Jonsson, N. N. 2008. Laboratory studies on Australian isolates of *Metarhizium anisopliae* as a biopesticide for the cattle tick *Boophilus microplus*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 97: 40-49.

Lopes, R. B.; Alves, S. B.; Padulla, L. F. y Pérez, C. A. 2007. Efficiency of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* formulations on *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) nymphaea. *Revista Brasileña de Parasitología Veterinaria*. 16(1):27-31.

López, E.; López, G. y Orduz, Sergio. 2009. Control de la garrapata *Boophilus microplus* con *Metarhizium anisopliae*, estudios de laboratorio y campo. Revista Colombiana de Entomología. 35(1): 42-46.

López, V. G. 2013. Aspectos generales sobre las garrapatas distribución, morfología, biología y control. En: Echeverri, F. y Rossini, C. Productos naturales contra parásitos externos del ganado bovino y ovino, tales como mosca de los cuernos y garrapatas. Universidad de Magallanes. Santiago, Chile.

Manzano-Román, R.; Díaz-Martín, V. y Pérez-Sánchez, R. 2012. Garrapatas: características anatómicas, epidemiológicas y ciclo vital. Detalles de la influencia de las garrapatas sobre la producción y sanidad animal. Parasitología Animal. 40(52): 1-8.

Martínez-Tinajero, J. J.; Izaguirre-Flores, F.; Aguirre-Medina, J. F.; Ley de Coss, A.; Osorio-López, M. M. y Jáuregui-Jiménez, R. 2014. Control biológico de garrapata (*Boophilus spp.*) con diferentes cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin en bovinos. Agroproductividad. 7(3): 21-28.

Miranda-Miranda, E.; Cossio-Bayugar, R. y Peláez-Flores, A. 2013. Variaciones estacionales en la incidencia de patógenos naturales de la garrapata del ganado *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). En. Equihua, M. A.; Estrada, V. E.; Acuña, S. J. A. y Chaires, G. M. P. Entomología Mexicana. (Vol. 12). Tomo 1: 398-402.

Motta-Delgado, P. A. y Murcia-Ordoñez. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. Revista Ambiente y Agua. 6(2): 77-90.

Murrell, A., Campbell, N.J.H. y Barker, S.C., 2000. Phylogenetic analyses of the Rhipicephaline ticks indicate that the genus *Rhipicephalus* is paraphyletic. Mol Phylogenet Evol. 16(1):1-7.

O´Farrill-Nieves, H. Insecticidas biorracionales. [En línea]. <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf>. [Consulta: 30 de agosto, 2015].

Ojeda-Chi, M. M.; Rodríguez-Vivas, R. I.; Galindo-Velasco, E. y Lezama-Gutiérrez, R. 2010. Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology* 170: 348-354.

Ojeda-Chi, M. M.; Rodríguez-Vivas, R. I.; Galindo-Velasco, E.; Lezama-Gutiérrez, R. y Cruz-Vázquez. 2011. Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*. 2(2):177-192.

Palacios-Bautista, G.; Domínguez-García, D. I.; Ortiz-Estrada, M.; López-Velázquez, J. C. y Rosario-Cruz, R. 2014. Evaluación Post-vacunal de la población de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en un rancho de Iguala Guerrero, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 2(2): 150-156.

Perinotto, W. M. S.; Angelo, I. C.; Golo, P. S.; Quinelato, S.; Camargo, M. G.; Sá, F. A. y Bittencourt, V. R. E. P. 2012. Susceptibility of different populations of ticks to entomopathogenic fungi. *Experimental Parasitology*. 130: 257-260.

Rivera-Oliver, R.; Angel-Sahagún, C. A.; Cruz-Avalos, A. M.; Lezama-Gutiérrez, R.; Canchola-Ramírez, M. y Molina-Ochoa, J. 2013. Patogenicidad de hongos entomopatógenos sobre huevos de diferente edad de la garrapata *Rhipicephalus microplus*. En. Equihua, M. A.; Estrada, V. E.; Acuña, S. J. A. y Chaires, G. M. P. *Entomología Mexicana*. (Vol. 12). Tomo 1: 346-350.

Rodríguez-Alcocer, U. J.; Rodríguez, V. R. I.; Ojeda, C. M. M.; Galindo-Velasco, E. y Lezama-Gutiérrez, R. L. 2014. Eficacia de la mezcla de dos cepas de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) para el control de

*Rhipicephalus microplus* en infestaciones naturales en bovinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17: 223-229.

Rodríguez-Vivas, R. I.; Hosgkinson, J. E. y Trees, A. J. 2012. Resistencia a los acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: situación y mecanismos de resistencia. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*. 3 (1): 9-24.

Rodríguez-Vivas, R. I.; Rosado-Aguilar, J. A.; Ojeda-Chi, M. M.; Pérez-Cogollo, L. C.; Trinidad-Martínez, I. y Bolio-González M. E. 2014. Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(3): 295-308.

Rodríguez-Vivas, R. I.; Ojeda, C. M. M.; Pérez, C. L. C. y Rosado, A. J. A. 2011a. Epidemiología y control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México. Capítulo 33. En: *Epidemiología en enfermedades parasitarias en animales domésticos*. Editores: Quiroz, R. H.; Figueroa, C. J. A.; Ibarra, V. F. y López A. M. E. México. pp. 477-504.

Rodríguez- Vivas, R. I.; Torres, A. J. F.; Rosado, A. G.; Aguilar C. A. J.; Ojeda, C. M. M. y Bolio G. M.E. 2011b. Manual técnico, control de parásitos internos y externos que afectan al ganado en Yucatán, México. Mérida, Yucatán, México. p. 18-24.

Rosario, C. R.; Domínguez, G. D. I.; Rojas, R. E.; Ortiz, E. M. y Martínez, I. F. 2010. Estrategias para el control de la garrapata *Boophilus microplus* y la mitigación de la resistencia a los pesticidas. En: 1er. *Simposium de Salud y Producción de Bovinos de Carne en la Zona Norte-Centro de México*. Aguascalientes, Aguascalientes. p. 1-22.

Samish, M.; Ginsberg, H. y Glazer, I. 2004. Biological control of ticks. *Parasitology*. 129: S389-403.

SENASICA-SAGARPA. (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

Alimentación). 2014. Campaña Nacional Contra la Garrapata *Boophilus spp.* [En línea]. <http://www.senasica.gob.mx/?id=4393>. [Consulta 16 de octubre de 2015].

Schleske, M. I. C. 2011. Prevalencia de unidades de producción con garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a amidinas y factores de riesgo asociados a su presentación en la región centro del estado de Veracruz. (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Veracruz, México.

Sterling, C. A.; Gómez, M. C. A. y Campo, J. A. 2011. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota: Hyphomycetes) sobre *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) en *Hevea brasiliensis*. Revista Colombiana de Entomología 37(1): 36-42.

Téllez-Jurado, A.; Cruz-Ramírez, M. G.; Mercado-Flores, Y.; Asaff-Torres, A. y Arana-Cuenca, A. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Revista Mexicana de Micología. 30: 73-80.

Valdez-Martínez, E.; Gutiérrez-Vázquez, E.; Vargas-Sandoval, M.; Lezama-Gutiérrez, R.; Juárez-Caratachea, A. y Salas-Razo, G. 2013a. Evaluación de la eficacia de *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* en huevos y adultos de la garrapata (*R. microplus* y *A. cajennense*). En. Equihua, M. A.; Estrada, V. E.; Acuña, S. J. A. y Chaires, G. M. P. Entomología Mexicana. (Vol. 12). Tomo 1: 54-59.

Valdez-Martínez, E.; Gutiérrez-Vázquez, E.; Vargas-Sandoval, M.; Lara-Chávez, M. B. N.; Juárez-Caratachea, A. y Salas-Razo, G. 2013b. Evaluación *in vitro* de la eficacia de *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* en garrapatas (*R. microplus*) en Michoacán. XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Oaxaca de Juárez. Oaxaca, México. Septiembre 2013. p. 351-355.

Valdez, M. E. 2014. Evaluación de la eficacia de hongos entomopatógenos en garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino en Michoacán.

Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Morelia. Michoacán.