



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE *Metarhizium anisopliae*
EN GARRAPATAS *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* EN
GANADO BOVINO DEL MUNICIPIO DE AGUILILLA,
MICHOACÁN

TESIS QUE PRESENTA

AGUSTÍN ESPINO GUZMÁN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ASESOR:

DRA. ERNESTINA GUTIÉRREZ VÁZQUEZ

CO-ASESOR:

MC. ANA CELESTINA JUÁREZ GUTIÉRREZ

Morelia, Michoacán. Mayo de 2016



AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por permitirme llegar a este momento, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia de la medicina veterinaria y compartir anhelos y proyectos al lado de mi familia, amigos, maestros y compañeros, por ponerme en el camino con personas que siempre me han dejado alguna enseñanza.

A mis padres, con la gratitud y respeto que se merecen: Eva Guzmán y Rafael Espino, por forjarme en esta vida, por los principios y valores que me han inculcado, por hacer de la familia personas de bien y enseñarnos que todo se puede y aferrarnos a nuestros sueños, por el apoyo incondicional que nos han dado y sus consejos llenos de sabiduría, porque no hay manera de poder pagar todo lo que han hecho por nosotros. Con orgullo y respeto, Gracias.

A mis hermanos, Beatriz, Rafael, María Elena, José Guadalupe, María de los Ángeles, Eva María, Juan Pablo y Emmanuel, por el apoyo que me han brindado, por sus consejos y tantas cosas vividas a su lado, por los momentos de felicidad y gozo, por los tragos amargos y superados, porque juntos siempre damos esos pequeños grandes pasos.

A mis sobrinas; Mariela, Danna, Fernanda y Camila porque con sus pequeñas palabras y sonrisas me hacen recordar mis sueños de niño y me ayudan a luchar para lograrlos.

A mis abuelos, por los consejos y bendiciones, por su ejemplo de lucha y lealtad.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por acogerme entre su regazo y a la Facultad de Medicina de Veterinaria Y Zootecnia por brindarme un espacio y hacerlo como parte de mi hogar durante los 5 años de carrera, a mis profesores que me comparten sus conocimientos y experiencias.

A la Doctora Ernestina Gutiérrez, por compartirme sus experiencias, por sus consejos, por su apoyo y por darme la oportunidad de adentrarme a la experiencia de la medicina veterinaria, por su ejemplo de lucha, constancia y esfuerzo, por su ejemplo de vida humilde, de fe y servicio al prójimo.

A la Doctora Margarita, a la MC. Elisa y MC. Ana Celestina por su apoyo, por compartir con nosotros conocimientos y experiencias, por los consejos y palabras que nos hicieron más ameno el trabajo.

A mis compañeros y amigos de tesis, Cecy, Baldemar, Ricardo y José Javier por el trabajo en equipo, por la entrega y entusiasmo que poníamos en este proyecto.

A los productores del municipio de Aguililla, que permitieron la realización de este trabajo, al señor Juvenal Ávila y su familia, Daniel Guerrero y su esposa, y Rogelio Grajeda, que me apoyaron directamente durante mi estancia, gracias. Al señor Irineo Mendoza por su apoyo por parte de la Asociación Ganadera Local del Sur, de Aguililla Michoacán y a todas aquellas personas que de alguna forma me apoyaron para llevar a cabo mi trabajo.

A mis amigos de la facultad, a Martin, Alonso, Fredy, Pablo, Jaime, Mane, Mitzi, Blanca, Gaby, Marco, Mario, Rafa, Maike, Aris, Nora, Alondra, Ivania, Bogdana, Erandi, Ivett, Pily, Yadira, Anita, Ariana, Gaby y Elisa, por compartir tantas experiencias dentro de la facultad, y por tantas cosas vividas a lo largo de la carrera y aquellas personas que a pesar de la corta amistad llegue a estimar, por sus consejos y apoyo, por su cariño y momentos compartidos.

A mis amigos de primaria, secundaria y bachillerato: Cristóbal, Agustín, Cesar, Leonel, Jesús, José de Jesús, Miguel Ángel, Lupillo, José Luis, Eliecer, Sara, Valeria, Monce, Brenda, Tania, Jenny, Karen, Arely, Claudia, Migue, Andrés, que con su amistad apoyo y consejos también son parte de mis logros. Y a Marce en especial por su amistad que me ha brindado, por compartir su amistad sincera conmigo, por preocuparse por mi familia, por mis estudios y por mí, por sus palabras de aliento para seguir adelante.

Y a todos ustedes, por permitirse leer estas líneas, y compartir mis emociones, GRACIAS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.- Generalidades de la garrapata.....	3
1.3.- Clasificación taxonómica de <i>Rhipicephalus (B.) microplus</i>	4
1.4.- Distribución.....	6
1.5.- Morfología.....	6
1.6.- Ciclo biológico de <i>R. (B.) microplus</i>	8
1.6.1.- Ciclo de vida libre o fase no parasita.....	9
1.6.2.- Fase parásita o vida parasitaria.....	10
1.7.- Importancia zoonótica.....	12
1.8.- Importancia económica.....	12
1.9.- Epidemiología.....	14
1.9.1.- Anaplasmosis.....	15
1.9.2.- Babesiosis.....	16
1.10.- Métodos de control.....	16
1.10.1.- Control químico.....	17
1.10.1.1- Resistencia de las garrapatas a los acaricidas.....	18
1.10.2.- Control no químico.....	20
1.10.2.1.- Vacunas.....	20
1.10.2.2.- Resistencia del hospedero.....	21
1.10.2.3.- Manejo de praderas.....	22
1.10.2.4.- Control biológico.....	22
1.11.- Hongos entomopatógenos.....	23
1.11.1.- Propiedades de los hongos entomopatógenos.....	24
1.11.2.- El hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>	24
1.11.3.- Taxonomía.....	25
1.11.4.- Mecanismos de acción.....	27
1.11.4.1.- Adhesión y germinación.....	27
1.11.4.2.- Penetración en el hemocele.....	28
1.11.4.3.- Desarrollo del hongo.....	29

2.- OBJETIVO	31
3.- MATERIAL Y MÉTODOS	32
3.1.- Estudio en campo.....	32
3.2.- Localización geográfica	33
3.3.- Estructura del hato.....	33
3.4.- Vegetación	34
3.5.- Trabajo en campo	34
4.- RESULTADOS	36
4.1.- Identificación taxonómica.....	36
4.2.- Diagnóstico de resistencia a productos químicos.....	36
4.3.- Rancho Agua Zarca.....	37
4.4.- Rancho Ejido Casahuatera	38
4.5.- Rancho El Saucito.....	40
4.6.- Eficiencia de Ma198 de <i>Metarhizium anisopliae</i> en Aguililla, Michoacán.....	41
5.- DISCUSIÓN.....	43
6.- CONCLUSIONES	45
7.- BIBLIOGRAFÍA.....	46
8.- ANEXOS	55
Anexo 1.- Resultados del diagnóstico de resistencia a productos químicos.....	55

FIGURAS

Figura 1.- <i>R. (B.) microplus</i> . Hembra repleta (Gonzales, 2007).....	7
Figura 2.- Morfología de la garrapata <i>R. (B.) microplus</i> (Bazán, 2002).....	8
Figura 3.- Ciclo biológico de <i>R. (B.) microplus</i> (Rosario et al., 2010).....	9
Figura 4.- Esquema del desarrollo de un hongo entomopatógeno.	29
Figura 5.- <i>R. (B.) microplus</i> del municipio de Aguililla, Michoacán.	36

CUADROS

Cuadro 1.- Niveles taxonómicos de la garrapata (Bazán, 2002)	5
Cuadro 2.- Clasificación taxonómica de <i>Metarhizium anisopliae</i> (Franco, 2014)	26
Cuadro 3.- Promedio de garrapatas <i>R. (B.) microplus</i> registradas en el rancho Agua Zarca.	37
Cuadro 4.- Promedio de garrapatas <i>R. (B.) microplus</i> registradas en el rancho Ejido Casahuatera.....	39
Cuadro 5.- Promedio de garrapatas <i>R. (B.) microplus</i> registradas en el rancho El Saucito.....	40

GRÁFICAS

Gráfica 1.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 vs Grupo Testigo, del Rancho Agua Zarca.	38
Gráfica 2.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 vs Grupo Testigo, del Rancho "Ejido Casahuatera".....	39
Gráfica 3.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 vs Grupo Testigo, del Rancho El Saucito.....	41
Gráfica 4.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 de los Ranchos: Casahuatera, Saucito y Agua Zarca.....	42

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE *Metarhizium anisopliae* EN GARRAPATAS *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* EN GANADO BOVINO DEL MUNICIPIO DE AGUILILLA, MICHOACÁN

Espino, G. Agustín; Gutiérrez, V. Ernestina; Juárez, G. Ana Celestina.

Tesista. FMVZ. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

Por su importancia económica y sanitaria, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* es la principal especie de garrapata que ocasiona problemas en la ganadería bovina, que van desde las pérdidas relacionadas con mortalidad de los animales, debido a los agentes etiológicos que transmiten (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale*) y los altos costos de control. El control de las garrapatas se realiza comúnmente mediante acaricidas, pero por el desarrollo de resistencia, la demanda de alimentos libres de residuos químicos y el cuidado del ambiente, se sugiere utilizar sistemas alternativos de control entre los que se encuentra el empleo de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*. Se ha reportado que estos hongos causan mortalidad en garrapatas adultas y disminuyen su fecundidad. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de la cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino en el municipio de Aguililla, Michoacán. El trabajo se realizó en 3 hatos de bovinos doble propósito, con infestación evidente de garrapatas. Para el estudio se dividió cada hato en dos grupos, uno como testigo y el otro con el tratamiento. Se realizaron tres baños con un intervalo de 14 días cada uno y seis conteos de garrapatas presentes en los animales cada 7 días. Los resultados muestran que *M. anisopliae* tiene una eficiencia del 85.94% en el rancho Agua Zarca; 83.18% en el Ejido Casahuatera y de 54.78% en El Saucito. Como promedio se obtuvo una eficacia del 74.63%.

Palabras clave: Control biológico, hongos entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae*.

EVALUATION OF EFFICIENCY *Metarhizium anisopliae* IN TICKS *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* CATTLE IN THE MUNICIPALITY OF AGUILILLA, MICHOACÁN

Espino, G. Agustín; Gutiérrez, V. Ernestina; Juárez, G. Ana Celestina.

FMVZ. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ABSTRACT

For its economic and health importance, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* is the main species of tick that causes problems in cattle, ranging from losses related to animal mortality due to the etiologic agents that transmit (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina* and *Anaplasma marginale*) and high control costs. The tick control is commonly performed by miticides, but by the development of resistance, demand for food free of chemical residues and environmental care, it is suggested to use alternative control systems including the use of entomopathogenic fungi is as *Metarhizium anisopliae*. It has been reported that these fungi cause mortality in adult ticks and decrease their fertility. The aim of this study was to evaluate the efficiency of the Ma198 strain of *Metarhizium anisopliae* for control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in cattle in the town of Aguililla, Michoacan. The work was performed in 3 herds of cattle dual purpose, with obvious infestation of ticks. For the study each herd was divided into two groups, one witness and the other with the treatment. Three bathrooms were performed with an interval of 14 days each one and six counts of ticks present in animals every 7 days. The results show that *M. anisopliae* has an efficiency of 85.94% in the Agua Zarca ranch; 83.18% in the Ejido Casahuatera and 54.78% in El Saucito. The average efficiency obtained was of 74.63%.

Keywords: Biological control, entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*.

1.- INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario de América Latina y el Caribe, posee un potencial enorme para contribuir a la producción de alimentos y la seguridad alimentaria mundial. Se estima que la ganadería es la principal fuente de ingresos de alrededor de 200 millones de familias de pequeños productores en Asia, África y América Latina, y la única fuente de subsistencia para al menos 20 millones de familias. Si a esto se suman los medianos productores las cifras bien podrían duplicarse (FAO, 2015).

México cuenta con un subsector pecuario rentable y sustentable que garantiza la producción y el abasto de alimentos accesibles, sanos y de calidad a sus habitantes, así como las condiciones de vida que estimulan el desarrollo humano de las familias que se dedican a estas actividades (Palacio, 2010).

En la entidad Michoacana las principales actividades económicas son las agrícolas y las turísticas. El 43% de la superficie es de uso ganadero, el 27% de uso forestal y 24% agrícola (INEGI, 2015). No obstante, Michoacán de Ocampo no es el mayor criador de ganado bovino en el país, de acuerdo con los resultados del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, ocupa el octavo lugar a nivel nacional con 1 004 565 existencias de un total de 23 316 942, lo que representa el 4.3%; antecediéndole entidades como Veracruz, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Sonora, Durango y Tamaulipas (INEGI, 2007).

En Michoacán de Ocampo, los municipios que cuentan con mayor inventario de ganado bovino se localizan en las regiones Costa, Tepalcatepec y Tierra Caliente, las cuales están conformadas por los municipios más extensos de la entidad. Así, se tiene que en 12 de los 113 municipios michoacanos (Tanhuato, Huetamo, Arteaga, Coalcomán de Vázquez Pallares, Aguililla, Turicato, Lázaro Cárdenas, La Huacana, Tepalcatepec, Apatzingán, Chinicuila y Tiquicheo de Nicolás Romero) se concentra el 39.2% del total de ganado bovino de la entidad (INEGI, 2007).

Según el Inventario Bovino Estatal del Padrón Ganadero Nacional al 19 de enero del 2015 Michoacán cuenta con un registro en total de, 42 298 UPP (Unidades de

Producción Pecuaria), 806 715 vientres, 324 902 vaquillas, 45 779 sementales, 271 684 crías hembras, 188 810 crías machos, 23 597 becerros y 77 865 novillos. De las cuales el municipio de Aguililla cuenta con 1 042 UPP, 48276 vientres, 17 845 vaquillas, 1 661 sementales, 12 458 crías hembras, 8 200 crías machos, 1 146 becerros y 927 novillos (SINIIGA, 2015).

En las regiones tropicales, subtropicales y templadas a nivel mundial las garrapatas, moscas hematófagas y nemátodos gastrointestinales (NGI) son los principales parásitos que causan problemas económicos en los bovinos. Por su importancia económica y sanitaria, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (*R. (B.) microplus*) es la principal especie de garrapata que ocasiona problemas en la ganadería bovina, que van desde las pérdidas relacionadas con mortalidad de los animales, reducción en los niveles de producción animal, alteraciones reproductivas, el deterioro de la piel, disminución del crecimiento y por los agentes etiológicos que transmiten (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale*) y altos costos de control (Rodríguez *et al.*, 2011).

La pérdida de peso de un bovino parasitado por garrapatas del género *Rhipicephalus* se calcula en 0.26 kg/garrapata/año, lo que representa pérdidas de varios miles de millones de dólares en la economía pecuaria mundial. Además, se ha encontrado que en animales infestados con garrapatas, reducen el consumo de alimento (4.37 kg) en comparación con animales no expuestos a garrapatas (5.66 kg); además de alteraciones en varios metabolitos (Ojeda *et al.*, 2011).

Los ixodicidas (garrapaticidas) que se han utilizado principalmente para el control de las garrapatas incluyen las familias de las amidinas, organofosforados y piretroides y menor escala también se utilizan los inhibidores de desarrollo (Arguedas, 2008). Estos antiparasitarios han sido utilizados con éxito en el control de los parásitos. Sin embargo, su uso continuo e irracional ha ocasionado la generación de cepas de garrapatas, moscas hematófagas y NGI (nematodos gastrointestinales) resistentes a la acción de productos químicos (Rodríguez *et al.*, 2011). Esto ha propiciado la necesidad de buscar alternativas no químicas en el control de garrapatas que no afecten al ambiente y la salud de los humanos (Rodríguez *et al.*, 2014).

El control de las garrapatas se realiza comúnmente mediante acaricidas, pero por el desarrollo de resistencia, la demanda de alimentos libres de residuos químicos y el cuidado del ambiente, se sugiere la utilización de sistemas alternativos de control entre los que se pueden encontrar el empleo de nemátodos, vacunas, bacterias, aceites esenciales y hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, los cuales se ha reportado que estos hongos causan mortalidad en garrapatas adultas, a la vez que disminuyen su fecundidad (López *et al.*, 2009).

Los métodos de control no químico se basan en el uso de prácticas zootécnicas como el de razas de bovinos resistentes, el manejo de pastizales, uso de vacunas y control biológico, entre otras. El control biológico se define como el uso consciente de organismos vivos para reducir las poblaciones de organismos plaga o patógenos. Se consideran agentes de biocontrol a depredadores, parásitos, patógenos, competidores de las plagas, feromonas naturales y plantas resistentes (Ojeda *et al.*, 2011); o bien, parásitos obligados o facultativos de insectos, con alta capacidad de esporulación, sobrevivencia y, sus mayores ventajas están en la manipulación, adaptación a diferentes ambientes, especificidad y capacidad de la penetración directa a través del tegumento (García *et al.*, 2015).

1.2.- Generalidades de la garrapata

Las garrapatas son artrópodos de la clase arácnida, organismos muy adaptados a la vida parasitaria ya que son chupadores de sangre que pueden llegar a pasar varios meses sin alimentarse si las condiciones climáticas no lo permiten. Poseen un exoesqueleto duro que recubre su cuerpo segmentado y todas en estado adulto poseen patas en número par (Rodríguez, 2009).

En México se han identificado 77 especies de garrapatas en animales domésticos y silvestres, cinco pertenecen a la familia *Argasidae* o garrapatas blandas y 72 a la familia *Ixodidae* o garrapatas duras. De las cinco especies que integran a nivel mundial el género *Rhipicephalus* (*Boophilus*), dos de ellas, *R. (B.) microplus* y *R. (B.) annulatus* se encuentran en México. A la primera se le atribuye mayor importancia

por su amplia distribución (incluyendo a gran parte de América, África, Asia y Australia, excepto Estados Unidos de América (EUA) donde se encuentra erradicado, principalmente en zonas del trópico bajo. A su vez *R. (B.) microplus* es la garrapata de mayor frecuencia e importancia en la industria ganadera mexicana; sin embargo, ambas especies son consideradas como el principal objetivo del programa de control de las garrapatas en México (Rodríguez *et al.*, 2014).

En México, esta especie de ectoparásito (*R. (B.) microplus*) está considerada como la principal limitante para el mejoramiento genético y aumento de la productividad bovina y representa, además, una limitante sanitaria para la movilización del ganado de México hacia Estados Unidos (Acosta, 2007).

Bazán (2002), menciona que existen géneros de la familia *Ixodidae* que atacan varios hospederos, ya que el ácaro al no encontrar el hospedero específico, puede atacar a otras especies diferentes a las acostumbradas: es decir, las especies del género *Amblyomma* atacan a bovinos, perros, venados, pájaros y humanos; las del género *Rhipicephalus*, normalmente atacan ganado bovino y venado.

Las garrapatas pueden vivir desde el nivel del mar hasta los 2,600 msnm y con fluctuaciones de lluvia de 400 a 2,800 mm anuales. Pueden sobrevivir en condiciones adversas, pero la falta de humedad atmosférica puede disminuir o romper el ciclo de vida de las *Ixodidae*. Prefieren humedad y temperaturas arriba de los 20°C., ya que se reporta que, las larvas de *Rhipicephalus ssp.* sobreviven hasta 43 días con 20°C., y 84% de humedad relativa; pero los daños inician cuando la humedad es menor del 63% (Bazán, 2002).

1.3.- Clasificación taxonómica de *Rhipicephalus (B.) microplus*

Las garrapatas se dividen por sus características morfológicas en tres familias: *Ixodidae* o garrapatas duras, *Argasidae* o garrapatas blandas y *Nuttalliellidae*, representada por el género monoespecífico. Se reporta la existencia de un total de 899 nombres científicos que integran la lista de los géneros y especies de garrapatas identificadas a nivel mundial. En la familia *Ixodidae* se incluyen 713 especies; en el género *Ixodes* se enlistan (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 las cinco especies pertenecientes al género (Rodríguez *et al.*, 2011). Aproximadamente el 80% de la población mundial de garrapatas son ixodidos (Cota, 2015).

El género y especie de la familia Ixodidae de mayor importancia en la ganadería bovina es *Boophilus microplus*, que ha sido reclasificado recientemente como *Rhipicephalus (B.) microplus*, mediante estudios moleculares a nivel de ADN ribosomal, encontrándose relaciones filogenéticas entre ambos géneros, lo que permitió pasar el antiguo género *Boophilus* como un subgénero de *Rhipicephalus* (López, 2013).

Cuadro 1.- Niveles taxonómicos de la garrapata (Bazán, 2002).

NIVEL	UBICACIÓN	
Reino	Animal	
Phylum	Arthropoda	
Subphylum	Chelicerata	
Clase	Arachnida	
Orden	Acarina	
Grupo	Parasitiformes	
Suborden	Ixodoidea	
Familia	Ixodidae	(1)*
	Argasidae	(2)*
	Nuttalliellidae	(3)*
Géneros	<i>Boophilus</i>	(1)*(spp) <i>microplus</i> , <i>annulatus</i> .
	<i>Artricola</i>	(2)*
	<i>Nuttalliella</i>	(3)*

*Los Géneros (1), (2) y (3) corresponden a las Familias del mismo número

1.4.- Distribución

Las garrapatas del ganado bovino *R. (B.) microplus* y *B. annulatus* llegaron al Continente Americano junto con ganado bovino desde la época de la colonia, con ganado traído por los españoles. Su distribución actual en América comprende desde la frontera de los Estados Unidos y México, hasta la parte norte de Argentina, siendo abundante en las regiones tropicales bajas y en el ganado de raza europea (Gonzales, 2007).

La distribución geográfica de las garrapatas en México obedece a factores ambientales como humedad relativa y temperatura, vegetación, presencia y abundancia de hospederos que son determinantes en la distribución de las especies. *R. (B.) microplus* presenta en el país un área de distribución, que abarca zonas tropicales, templadas y áridas; en conjunto se considera que cubre 1 043 772 Km² (53% del territorio nacional). En la actualidad muchos municipios que estaban erradicados de garrapatas *R. (B.) microplus*, están siendo reinfestados (Rodríguez *et al.*, 2011).

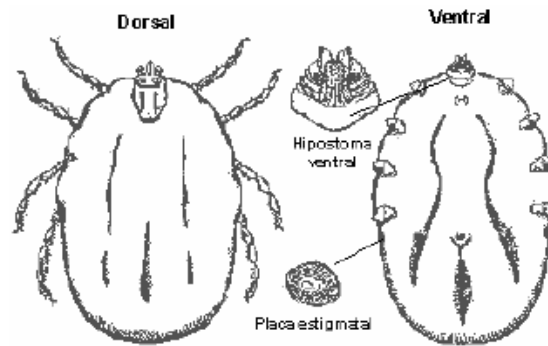
1.5.- Morfología

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 adulta poseen cuatro pares de patas que las distinguen de los insectos. El orden *Acarina* está dividido a su vez en tres familias, siendo dos las más importantes; las *Argasidae* que son las garrapatas blandas por carecer de una lámina o escudo dorsal y son tolerantes a la desecación; la *Ixodidae*, también denominadas garrapatas duras y se caracterizan por tener un escudo dorsal y no pueden sobrevivir por largo tiempo sin un ambiente adecuado (Bazán, 2002).

Además, las garrapatas pertenecientes a la familia *Ixodidae* son de forma oval, aplanadas dorsoventralmente en estado de ayuno y globosas cuando están repletas; con dimensiones que van de 1 mm hasta 12 mm de longitud, y con una variación en su color amarillento al café oscuro. Las garrapatas duras presentan límite en el

tamaño, cuando están repletas, para el caso de los machos, pero no es el caso de las hembras (Bazán, 2002).

Figura 1.- *R. (B.) microplus*. Hembra repleta (Gonzales, 2007).



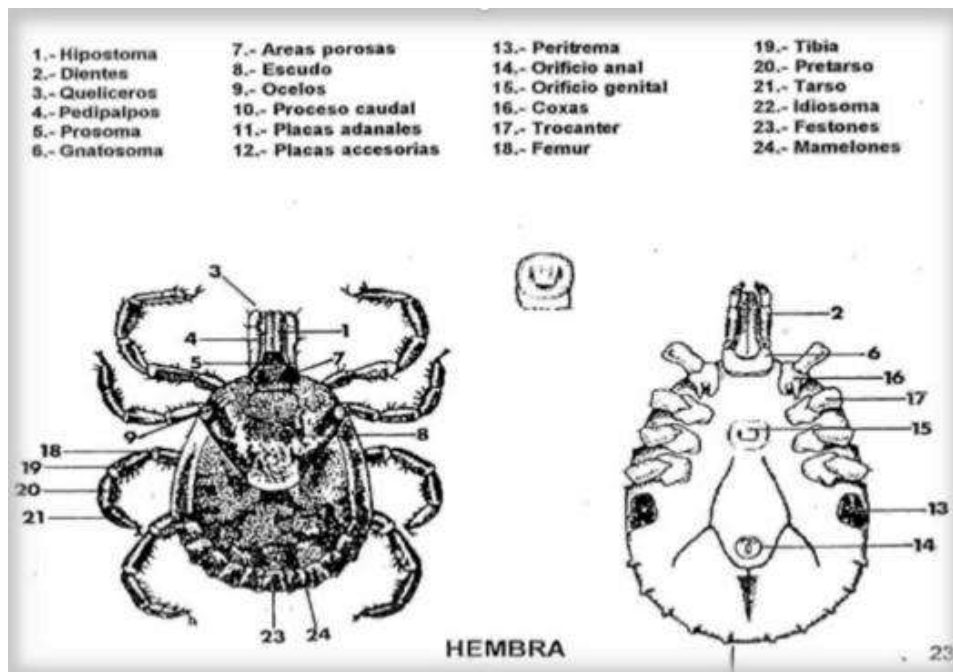
Estos ácaros presentan dos partes diferenciales visibles: el tronco globoso y extremidades articuladas. La parte anterior, no es una cabeza propiamente dicha, ya que el cuerpo de la garrapata es una sola masa; tiene un conjunto de pies móviles que forman el gnatósoma y una base que mide de 4 mm de largo por 0.9 mm de ancho; por encima de este, se observan dos depresiones, llamadas áreas porosas, de las cuales sobresalen dos ganchos denominados quelíceros que ayudan a romper la piel del hospedero (Bazán, 2002).

Por debajo de los quelíceros, que aparecen en número par, en forma de hoz y los ocelos a los lados, se observa una prolongación de la base de gnatósoma llamado hipostoma; presenta una fórmula dentaria de 3/3, 4/4 que facilita la acción de perforar la piel del hospedero y, además, participa como órgano de fijación; consta de un par de pedipalpos conformado de cuatro segmentos. Cada pedipalpo desempeña dos funciones: una, ayuda a proteger las partes suaves de la boca; la otra, funciona como órgano sensorial (Bazán, 2002).

En seguida aparecen las extremidades con seis artejos: coxa, trocánter, fémur, tibia, pretarso y tarso. Es necesario señalar que los adultos y las ninfas poseen estigmas y se sitúan en el último par de coxas, mientras que las larvas carecen de ellas;

además, presentan dimorfismo sexual, siendo el macho de menor tamaño que la hembra. 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 del ácaro se denomina propodosoma. El sistema de protección o cutícula posee tres capas: epicutícula, mesocutícula, y endocutícula; en ella se aprecian poros, canales o espiráculos. La garrapata *R. (B.) microplus* presenta espina caudal por el dorso, que puede observarse desde el vientre (Bazán, 2002).

Figura 2.- Morfología de la garrapata *R. (B.) microplus* (Bazán, 2002).



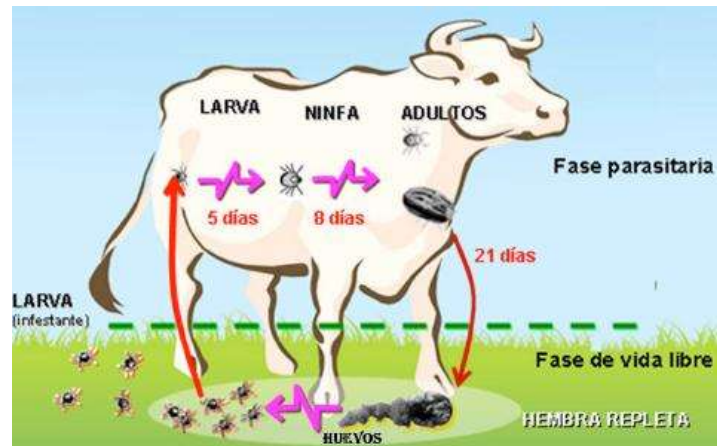
Se reproducen sexualmente. El aparato genital del macho está formado por testículos, vesículas seminales y vasos deferentes. El aparato genital de la hembra conformado por un solo ovario, oviducto y orificio genital (Gonzales, 2007).

1.6.- Ciclo biológico de *R. (B.) microplus*

El ciclo biológico de la garrapata *R. (B.) microplus* ocurre entre el hospedero, la vegetación y el suelo de un sitio específico; comprende cuatro estados biológicos: el de huevo (incubación de 17 a 21 días), larva (7 a 10 días), ninfa (5 a 6 días) y adulto

(1 a 3 días) (Bazán, 2002). O bien, en dos fases: 1) fase no parásita o de vida libre, que inicia desde el desprendimiento de la teleogina (garrapata adulta engurgitada) hasta la aparición de las larvas en la vegetación; y 2) fase parásita o vida parasitaria, que comienza una vez que las larvas infestan al hospedero y termina con el desprendimiento de la teleoginas (Aguilar, 2010).

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



1.6.1.- Ciclo de vida libre o fase no parasita

Según Núñez *et al.*, (1982) y Aguilar (2010) el ciclo de vida se clasifica en:

- i) Protoquia o preoviposición: Es el periodo que comprende desde el desprendimiento de la teleogina hasta la oviposición, el cual tiene una duración en verano de 2-4 días mientras que en invierno se amplía hasta 90 y 97 días (Núñez *et al.*, 1982).
- ii) Ootoquia u oviposición: Es el tiempo que transcurre desde el desove del primer huevo hasta el último. Esta fase se desarrolla durante un periodo de 11-70 días (Núñez *et al.*, 1982).
- iii) Metatoquia: Es la fase que curre entre el cese de la oviposición y la muerte de la teleogina, este periodo varia de 2-5 días siendo muy raros los especímenes que rebasan los ocho días (Núñez *et al.*, 1982).
- iv) Incubación: Es el periodo desde que inicia la oviposición hasta la emergencia de las larvas, este es el estado del ciclo biológico más susceptible a los factores ambientales, debido a que condiciones de

temperatura y humedad pueden acortarlo o alargarlo. se menciona un promedio de incubación de 15 días en verano y un máximo de 51 días en invierno y bajo condiciones de laboratorio, se hace mención de un promedio de 24 días (Aguilar, 2010).

- v) Eclosión: Es la etapa en donde la larva emerge del huevo. Bajo condiciones controladas de laboratorio, el porcentaje de eclosión es superior al 80% (Núñez *et al.*, 1982).
- vi) La vida larvaria libre: Es el tiempo que ocurre desde la eclosión larval hasta el encuentro del hospedero; poco después de eclosionar las larvas suben al pasto ascendiendo hasta el extremo de las hojas, donde se ubican preferentemente en la cara sombreada, para evitar la luz solar. Se ha observado que en los meses húmedos ocurre una mayor viabilidad larvaria comparado a los meses secos, varía desde 22 días hasta 240 días (Solís, 1993) en estudios realizados *in vitro* el tiempo fluctúa entre 10 y 70 días en verano y hasta 250 días en invierno y otoño (Núñez *et al.*, 1982).

1.6.2.- Fase parásita o vida parasitaria

El proceso que completa el ciclo de desarrollo de la garrapata lo constituye la fase parásita que corresponde a una serie de eventos que ocurren en el hospedero, y dura en promedio 21 días. Es la fase donde las garrapatas se alimentan de sangre del hospedero, realizándose también los procesos de muda o cambio de estadio de larva a ninfa y de ninfa a adulta. Se ha determinado que la transición de ninfas a adultas se presenta a partir del día 5 al 14 y del 13 al 25 respectivamente, después del establecimiento larvario al hospedero (Aguilar, 2010).

Esta fase finaliza con el desprendimiento de la teleogina para iniciar la oviposición. Núñez *et al.*, (1982), mencionan que la fase parasita es poco variable y se divide en tres etapas:

- i) Etapa larval: La principal característica morfológica son tres pares de patas y el hipostoma con doble hilera dentaria. Una vez sobre el hospedero, las

larvas se mueven rápidamente a través de la piel del hospedero, buscando los lugares más apropiados para fijarse, que generalmente son: la zona de piel laxa y con rica vascularización, tales como la entropierna, papada, cuello y borde anterior de las orejas, donde en conjunto se localiza normalmente el 95% de la población parasitaria de *R. (B.) microplus*. La mayoría de larvas se fijan en minutos y más del 90% comienzan a alimentarse en las primeras 24 h.

- ii) Etapa ninfal: Con visibles diferencias morfológicas, cuatro pares de patas y triple hilera dentaria en el hipostoma. Al final de esta etapa el dimorfismo sexual es evidente. Las ninfas después de alimentarse permanecen en el hospedero y emergen como adultos.
- iii) Etapa adulta: Presentan cuatro pares de patas y cuatro hileras dentarias en el hipostoma. Al abrirse longitudinalmente, de las metaninfas de menor tamaño y color más oscuro, emergen los machos. Cada macho puede fertilizar 18 hembras y permanecer en el hospedero hasta 48 días posterior a la muda.

El género *Boophilus* oviposita de 2,000 a 5,000 huevos, aunque otros géneros pueden ovipositar hasta 20,000. La incubación de los huevos ocurre de 17 a 21 días si son favorables las condiciones ambientales, con una temperatura de 20.6°C y un 80% de humedad relativa. Si las condiciones le favorecen la garrapata puede completar su ciclo de vida en 37 días, pero en la adversidad puede hacerlo hasta los 281 días, según el medio en que se encuentre (Bazán, 2002).

La duración relativamente constante de la fase parasita de *R. (B.) microplus* le confiere capacidad para realizar más de un ciclo anual. El número y la duración de ciclos anuales van a estar determinados por la duración de la fase no parasita, la cual es influenciada por factores abióticos como la temperatura y la humedad del ambiente (Nava *et al.*, 2011).

1.7.- Importancia zoonótica

Las garrapatas son consideradas como el segundo grupo de vectores de enfermedades que afectan a los humanos solo después de los mosquitos y el más importante grupo vector de enfermedades que afectan a los animales salvajes y domésticos (Rosario *et al.*, 2010)

Aun cuando la infestación por garrapatas tiene para la ganadería importancia económica global, hay también un creciente impacto en la salud pública, principalmente en el hemisferio norte debido a la enfermedad de Lyme (*Lyme borreliosis*) y otras enfermedades emergentes o re-emergentes. La enfermedad de Lyme causada por *Borrelia burgdorferi sensu lato*, es transmitida por garrapatas del género *Ixodes* al humano y a los animales y se considera actualmente como la enfermedad transmitida por artrópodos más común en Norte América y Europa (Cota, 2015).

Entre las enfermedades más comunes transmitidas al hombre, una que ha cobrado especial importancia por su alta incidencia, extensa distribución y gravedad de sus manifestaciones clínicas es la enfermedad de Lyme (Fernández, 2003) y se encuentran además ehrlichiosis, babesiosis, fiebre de las montañas rocosas, fiebre de la garrapata de Colorado, tularemia, fiebre Q, parálisis por garrapata, fiebre botonosa y encefalitis por garrapata. Además, pueden propiciar infecciones secundarias y reacciones alérgicas a la proteína de la saliva que producen (Tinoco, 2011).

1.8.- Importancia económica

Las garrapatas son el principal problema veterinario de la ganadería tropical, pueden causar pérdidas de producción importantes y llegar a causar hasta la muerte de los animales (Fernández, 2006).

Por su importancia económica y sanitaria, *R. (B.) microplus* es la principal especie de garrapata que ocasiona problemas en la ganadería bovina, que van desde las pérdidas relacionadas con mortalidad de los animales, reducción en los niveles de

producción animal, alteraciones reproductivas, el deterioro de la piel, disminución del crecimiento y por los agentes etiológicos que transmiten (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale*) y altos costos de control (Rodríguez *et al.*, 2011).

La pérdida de peso de un bovino parasitado por garrapatas del género *Rhipicephalus* se calcula en 0.26 kg/garrapata/año, lo que representa pérdidas de varios miles de millones de dólares en la economía pecuaria mundial. Además, se ha encontrado que en animales infestados con garrapatas, reducen el consumo de alimento (4.37 kg) en comparación con animales no expuestos a garrapatas (5.66 kg); y alteraciones en varios metabolitos (Ojeda *et al.*, 2011).

Diferentes países han hecho estimativos de las pérdidas ocasionadas por las garrapatas en la ganadería, pero indudablemente la estimación que todavía se considera más aproximada es la de la FAO en 1984, indicando que la infestación por garrapatas y los costos involucrados en su control, significan una pérdida mundial para la ganadería bovina de U.S \$7.3 dólares por cabeza/año (López, 2013).

Las enfermedades hemoparasitarias y su vector producen en las áreas tropicales del mundo pérdidas cuantiosas en la ganadería las cuales fueron estimadas por la FAO en 1988 en más 7,000 millones de dólares anualmente. La FAO también ha estimado que en países con buenos sistemas de control, las pérdidas ocasionadas por las garrapatas pueden alcanzar del 10 al 20% del total de la producción del año y en países con deficientes sistemas de control pueden alcanzar entre el 30 y 40% de la producción anual (López, 2013).

Dichas pérdidas están relacionadas en forma directamente proporcional con el número de ellas que se encuentran parasitando los animales, las cuales, en casos benignos, disminuyen o anulan las ganancias de peso del ganado y en infestaciones severas pueden causar bajas considerables en un hato. Así, se considera por ejemplo que una teleogina puede llegar a succionar de 0,5 a 3 ml de sangre durante su ciclo parasitario; en zonas medianamente infestadas, la pérdida de sangre puede alcanzar de 40 a 50 litros por animal en uno año, cifra que aumenta si la infestación es intensa (López, 2013).

La acción nociva sobre el ganado es proporcional al número de garrapatas que lo parasita. Se considera que en el sureste de México, las garrapatas comienzan a ocasionar pérdidas a la ganadería bovina cuando existen ≥ 40 hembras repletas por animal. Las garrapatas también producen bajas en la fertilidad del ganado, mayor tiempo de la engorda y dificultad en la importación de razas mejoradas para incrementar la calidad genética en áreas infestadas por garrapatas (Rodríguez *et al.*, 2011).

1.9.- Epidemiología

Las garrapatas adquieren la infección cuando se alimentan de hospederos infectados y, con mayor frecuencia, pueden transmitir la infección a un hospedero susceptible en el siguiente estadio. Las garrapatas pueden desarrollarse de un estadio al siguiente por períodos que varían desde semanas a meses, y hasta años. Por lo anterior, el triángulo epidemiológico de interacciones hospedero-vector-patógeno es afectado, principalmente, por factores ambientales extrínsecos, tanto bióticos (carga animal, razas bovinas) como abióticos (humedad, tipo de suelo). De esta manera, la distribución geográfica de las garrapatas, así como los microorganismos que transmiten, está condicionada por la presencia de hospederos susceptibles, el tipo de hábitat y las condiciones climáticas (Cortés, 2010).

Las parasitosis de la garrapata sobre los hospederos que ataca, provoca entre otras cosas, disminución en 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. Independientemente de que los animales atacados por la garrapata sean o no afectados con los patógenos que transmite la garrapata, pueden morir de una severa anemia, ya que cada una de las garrapatas que se adhieren a la piel del hospedero succiona de 0.5 a 2.0 ml de sangre (Bazán, 2002).

La transmisión de agentes patógenos por garrapatas se menciona en la literatura mundial desde 1893 cuando Smith y Kilborne, lograron identificar por primera vez la

transmisión de Babesia por la garrapata común del ganado *R. (B.) microplus* (López, 2013).

De las diferentes especies existentes, *R. (B.) microplus* está más ampliamente distribuida y constituye el más serio problema en la ganadería bovina por la transmisión de agentes patógenos como los protozoos *Babesia bovis* y *B. bigemina* y la rickettsia *Anaplasma marginale*, la cual afecta el 80% de la población bovina del país (López, 2013).

1.9.1.- Anaplasmosis

La anaplasmosis es una enfermedad infecciosa que se presenta generalmente en forma aguda en animales adultos y en animales que nunca han estado en contacto con el microorganismo infectante, la rickettsia *Anaplasma marginale*. La enfermedad cursa con una signología clínica, donde se presenta un estado febril poco antes o simultáneamente con la presencia del parásito en los glóbulos rojos del animal, los cuales destruye y el animal muere por anemia (López, 2013).

Otros signos diversos como ictericia, inapetencia, supresión de la producción de leche, parálisis del rumen, constipación y aborto, son también muy frecuentes en los casos de anaplasmosis. La transmisión de *A. marginale* se realiza en forma biológica por la picadura de la garrapata *R. (B.) microplus*, aunque también puede transmitirse en forma mecánica por picadura, de dípteros hematófagos (moscas, mosquitos, tábanos) y por más de 20 especies de garrapatas (López, 2013).

A. marginale es una rickettsia patógena intraeritrocítica transmitida por garrapatas, y ocasiona la infección transmitida por garrapatas más frecuente del ganado en el mundo y dentro de los EE.UU, donde se cree que la anaplasmosis es responsable de al menos 50-100,000 muertes de ganado por año, con pérdidas económicas que van desde 30 hasta 60 millones de dólares en 1997. En México, la prevalencia de *A. marginale* alcanza hasta el 50% en las zonas endémicas (INIFAP, 2009).

1.9.2.- Babesiosis

La babesiosis bovina es una enfermedad infecciosa producida por protozoarios del género *Babesia*; se transmite en la naturaleza únicamente por picadura de garrapatas. La babesiosis en el ganado bovino es una enfermedad de climas cálido y templado, producida por los protozoos *Babesia bigemina* y *Babesia bovis*. Las dos especies son transmitidas por la garrapata *R. (B.) microplus*. Esta transmisión se realiza en forma biológica a través del ovario de la garrapata ingurgitada, lo que origina larvas contaminadas. Cuando la larva pica al animal, transmite la *Babesia bovis*; la transmisión de *Babesia bigemina* sólo puede hacerse cuando la garrapata esté en estado de ninfa o de adulto (López, 2013).

La signología de babesiosis es muy parecida a la que presentan los animales con anaplasmosis, pero además, se presenta hemoglobinuria debido a la destrucción de los glóbulos parasitados en la sangre circulante, mientras que en anaplasmosis esa lisis se produce en los órganos hematopoyéticos como el bazo, médula ósea (López, 2013).

1.10.- Métodos de control

Muchos han sido los métodos de control que el hombre ha implementado para erradicar esta problemática con garrapatas, los primeros fueron los aceites y extractos de las plantas, más tarde el petróleo crudo y las soluciones arsenicales hasta llegar a las sustancias químicas. Los métodos de control se clasifican en químicos, biológicos, genéticos y naturales (Pérez, 2007).

La tendencia actual es buscar alternativas que permitan mantener el control de garrapatas, entre las cuales se pueden citar el uso de productos químicos, agentes biológicos, materiales genéticos, depredadores naturales, agentes biológicos atenuados (vacunas), y la rotación de potreros, manejados en forma integral. Aun que se afirma que no existe una sola alternativa viable por sí sola, todas ellas tienen algo que aportar (Bazán, 2002).

1.10.1.- Control químico

Los químicos disponibles, que se utilizan para el tratamiento de ectoparásitos de importancia en medicina veterinaria, son sistémicos, todos los ixodicidas son neurotóxicos, y ejercen su efecto sobre el sistema nervioso de los ectoparásitos. Los métodos tradicionales del tratamiento ixodicida, para el control de garrapatas requieren de formulaciones que se diluyen en agua y se apliquen por aspersion o inmersión en los animales. Además se incluyen los métodos de derrame (pour-on), inyectables, bolos intraruminales, aretes impregnados con ixodicidas y feromonas (Ojeda *et al.*, 2011).

Actualmente existen 6 grupos de productos químicos que se utilizan para el control de garrapatas en México. Estos se dividen en: organofosforados (OFs), piretroides (PSs), amidinas, endectocidas, fenilpirazolonas e Inhibidores del desarrollo. Además se encuentran disponibles en el mercado mezclas de dos productos químicos las cuales se recomiendan un uso cuidadoso por el riesgo de generar de manera más rápida el proceso de resistencia (INIFAP, 2006). También la administración vía subcutánea (SC) de avermectinas: ivermectina, doramectina y moxidectina (Gonzales, 2007) estos productos por lo general tienen efectos adversos en el medio ambiente (Fernández *et al.*, 2005).

El ciclo biológico de *R. (B.) microplus* en el vacuno se completa en un periodo promedio de 22 a 23 días. Teóricamente, utilizando una acaricida eficaz (99%) cada 21 días, se evitaría la presencia del *R. (B.) microplus* con capacidad reproductiva, logrando un control adecuado con tratamientos de rutina. Sin embargo la aplicación de estos baños busca controlar directamente sobre el animal la población de ectoparásitos, teniendo en cuenta que la erradicación del ácaro no es el objetivo primordial de esta actividad, sino el mantenimiento de la estabilidad enzoótica para hemoparásitos. Por esta razón no se debe pretender que los bovinos permanezcan completamente libres de garrapatas sino más bien tratar de mantener en niveles bajos su presentación (Gonzales, 2007).

Sin embargo, los productos que se aplican pueden causar efectos colaterales sobre la salud animal y humana; además pueden provocar diversos niveles de contaminación de la carne, la leche y el medio ambiente, debido a su residualidad y toxicidad, como es el caso de los compuestos con base de cloro, fosforo, carbamatos, piretrinas o amidina; por eso, algunos de ellos ya se encuentran prohibidos en Europa y Estados Unidos. A pesar de ello, en muchos países se siguen utilizando en grandes cantidades para controlar garrapatas (Bazán, 2002).

1.10.1.1- Resistencia de las garrapatas a los acaricidas

En México, el control de *R. (B.) microplus* se realiza por medio del uso de acaricidas químicos, los cuales por lo general tienen efectos adversos en el medio ambiente. El uso continuo de los acaricidas ha propiciado el desarrollo del fenómeno de resistencia, que actualmente tiene una amplia distribución en diferentes partes del mundo, incluyendo a México, por lo que la tendencia actual es reducir su uso por medio de programas de manejo integral de las garrapatas en el ganado bovino (Fernández *et al.*, 2005).

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 selección, el grado de dominancia del gen y la relativa capacidad del genotipo. Cuando un insecticida es usado de manera intensiva, ocasiona una fuerte presión de selección que elimina a los individuos susceptibles (Rodríguez *et al.*, 2011).

La resistencia se define como la capacidad de soportar dosis mayores de un tóxico, que normalmente serían letales para la mayoría de los individuos en una población típica de la misma especie. Los mecanismos de la resistencia en la mayoría de las garrapatas pueden dividirse en dos grupos, insensibilidad del sitio de destino (mutaciones en el canal de sodio, acetilcolinesterasa, ácido gamma--aminobutírico y genes de receptores de octopamina) y metabólicos (alteraciones en el nivel o

actividad de proteínas de desintoxicación). Solos o en combinación, estos mecanismos confieren resistencia a todas las clases disponibles de acaricidas (INIFAP, 2009).

Los principales factores que influyen la resistencia son factores intrínsecos: Se relacionan con el parásito y corresponden a la parte genética, ecológica de comportamiento y fisiológica del parásito. Factores operativos: Hacen referencia a aquellos que el hombre controla, tales como la elección de los productos, frecuencia de baños, métodos de aplicación, rotación del producto, concentración. Además la falta de legislación adecuada que limite el uso de aquellos productos que han ido perdiendo su efectividad (Echeverri *et al.*, 2013)

Los OFs fueron los ixodicidas usados en el Programa de Erradicación Nacional de la Garrapata entre 1974-1984 en México. Entre estos se incluía el uso de coumafos, clorpirifos, clorfenvinfos, diazinon y etion. El primer caso de garrapatas resistentes a OFs se detectó en ranchos del sureste mexicano (Tuxpan, Veracruz) en 1983. La resistencia a OFs se generalizó al centro, este y sudeste de México. Los PSs se introducen a México en 1986 debido a los problemas de resistencia con los OFs. La resistencia a los PSs se detectó por primera vez en 1993 (Rodríguez *et al.*, 2011).

Como resultado, de la intensa presión de selección por el uso de OFs y PSs para el control de *R. (B.) microplus*, se ha desarrollado resistencia para ambos ixodicidas en 15 estados de la república. Por tal motivo 1986 se introduce el amitraz, pero su uso fue limitado debido a su alto costo. El uso de amitraz empieza hacer frecuente después de 1993, cuando los problemas de resistencia a PSs, dificultan en control de garrapata en México (Rodríguez *et al.*, 2011).

El primer caso de resistencia a amitraz se reportó en 2002. Rodríguez *et al.* (2007) estudiaron 217 muestras y determinaron la prevalencia de ranchos resistentes a PSs, OFs y amitraz en el sureste de México, encontrando que la resistencia a los PSs (deltametrina, flumetrina y cipermetrina) son un serio problema en el trópico mexicano (69% de los ranchos presentaron resistencia a PSs). Rodríguez *et al.* (2006) estudiaron 98 muestras de *R. (B.) microplus* en Yucatán, México reportando

63%, 61% y 59% de resistencia a flumetrina, deltametrina y cipermetrina, respectivamente. Y Miller *et al.* (2008) reportaron el primer caso de *R. (B.) microplus* resistente a fipronil en estados del norte de México.

El desarrollo de resistencia a las sustancias químicas es un problema constante en el control de garrapatas, ácaros e insectos, ya que las repetidas aplicaciones de un mismo producto durante mucho tiempo y el uso de dosis sub letales ocasionan la aparición de resistencia. El garrapaticida extermina a las garrapatas susceptibles pero no a las resistentes que siguen reproduciéndose y sus descendientes también son resistentes. Una vez que aparece la resistencia no hay nada que se pueda hacer para que vuelvan a ser garrapatas susceptibles. Por esto es que se debe evitar el desarrollo de resistencia a los productos químicos que actualmente se usan. Esto se logra controlando la concentración y aplicación del producto en tiempo y forma para que no queden garrapatas vivas que puedan producir colonias de garrapatas resistentes (Cetrá, 2001).

1.10.2.- Control no químico

Entre los métodos de control no químicos se encuentran vacunas antigarrapatas, la selección de razas de bovinos resistentes, manejo de praderas y el control biológico (Rodríguez *et al.*, 2014).

1.10.2.1.- Vacunas

La producción de vacunas efectivas contra la garrapata puede ser un método confiable, para reducir los costos de producción de los programas de prevención y tratamiento, además de permitir un manejo efectivo de los animales. Se afirma que el presente y el futuro de las vacunas es prometedor. Una vacuna exitosa deberá incluir antígenos de diferentes cepas (Bazán, 2002; Almazán, 2011).

El desarrollo de la biotecnología ha permitido producir vacunas, las cuales se están evaluando a nivel de campo, contando a la fecha en Australia con una vacuna a nivel comercial. Otra vacuna contra *R. (B.) microplus* similar a la australiana es producida

en Cuba (Gavac®) y comercializada en varios países de América Latina incluyendo a México (Rodríguez *et al.*, 2011).

En Cuba se ha desarrollado una vacuna recombinante (Gavac®, Heber Biotec s.a.), basada en el antígeno oculto1 Bm86 presente en el sistema digestivo de la garrapata. Se inyecta a los animales a dosis bajas para que éstos produzcan anticuerpos, los cuales al ser absorbidos por las garrapatas se unen al antígeno provocando daños intestinales irreversibles, lo que resulta en una menor cantidad de parásitos que completan el ciclo y una menor tasa de fertilidad en éstos. No solo se logra una disminución de la población actual de parásitos, sino también una disminución progresiva de generaciones posteriores debido a la reducción de la capacidad reproductiva (Fernández, 2006).

Cuando un bovino es vacunado con el antígeno Bm86 se produce una reacción inmunológica mediada por anticuerpos. Cuando la garrapata ingiere sangre del animal vacunado, los anticuerpos específicos producen la lisis de las células del intestino de la garrapata. Aunque el antígeno Bm86 está presente en la larva, ninfa y garrapata adulta, esta última etapa es la más afectada. Esto es debido al mayor volumen de sangre que ingiere la garrapata adulta. La vacuna produce una reducción del peso y la capacidad de postura de huevos de las garrapatas hembras repletas en los animales vacunados (Rodríguez *et al.*, 2011).

La vacunación contra la garrapata *R. (B.) microplus* ha demostrado ser eficaz para el control de otros géneros y especies de garrapatas tales como *B. annulatus*, *B. decoloratus*, *H. anatolicum* y *H. dromedarii*. Animales vacunados con la vacuna Gavac® tuvieron baja protección al ser desafiados con una cepa argentina, lo cual se atribuyó a la variación génica, pero no hubo evidencias para relacionar el grado de variación en anticuerpos y la eficacia vacuna (Rodríguez *et al.*, 2011).

1.10.2.2.- Resistencia del hospedero

La resistencia del ganado bovino a las garrapatas varía entre individuos y razas. La resistencia se adquiere como respuesta a la infestación por garrapatas y dura toda la vida. Los becerros que nacen de madres resistentes generalmente están protegidos

hasta el destete. En cruces de ganado *Bos indicus* la heredabilidad del número de garrapatas *R. (B.) microplus* es alta ($h^2= 0.34$), el total de la proporción de la variación genotípica se debe al efecto aditivo de los genes (Rodríguez *et al.*, 2011).

Es posible desarrollar rebaños resistentes del *Bos taurus* a partir de individuos excepcionalmente resistentes, pero se necesitan muchos años para lograrse. La resistencia puede conseguirse más rápidamente a partir de entrecruzamientos con bovinos *Bos indicus*. En general, se considera que se requiere de un 50% de sangre de *Bos indicus* para lograr una resistencia adecuada (Pérez, 2007).

1.10.2.3.- Manejo de praderas

Este tipo de control se lleva a cabo fuera del hospedero y está estrechamente relacionado en las prácticas culturales con el mantenimiento de potreros que implican actividades que nos permiten manipular ó modificar el hábitat con la finalidad de afectar de manera adversa el desarrollo de la garrapata tales como: quema controlada, inundación, remoción de maleza y subsuelo, descanso y rotación de potreros. Estas actividades de forma aislada o en combinación tienen un efecto sobre el micro y el macro clima lo que ocasiona desbalances en el micro hábitat de la garrapata *R. (B.) microplus* y por ende un efecto negativo en su dinámica poblacional. Su mayor efecto es sobre la fase de vida libre y su valor radica en que es un método de control amigable con el ambiente, completamente ecológico y por lo tanto de gran ayuda para el ejercicio de una ganadería sustentable (Rosario *et al.*, 2010).

1.10.2.4.- Control biológico

Dado que cada día es más difícil el control de plagas, se ha recurrido al uso de alternativas que no causen daños en el ambiente, que la degradación de los residuos sea rápida y principalmente que no afecte a especies que son benéficas para el hombre. Una de estas alternativas empleadas es el control biológico, donde el objetivo principal es mantener la población plaga a niveles que no cause un perjuicio económico. Las ventajas que presenta es el poco o nulo efecto colateral a otros organismos y el desarrollo de resistencia en casos del control biológico es rara. Para

combatir la garrapata, dentro del control biológico se han usado diversos organismos como hongos, nemátodos, plantas, algas, virus y bacterias (Acosta *et al.*, 2007).

El control biológico se define como el uso consciente de organismos vivos para reducir las poblaciones de organismos plaga o patógenos. Se consideran agentes de biocontrol a depredadores, parásitos, patógenos, competidores de las plagas, feromonas naturales y plantas resistentes (Ojeda *et al.*, 2011), o bien, parásitos obligados o facultativos de insectos, con alta capacidad de esporulación, sobrevivencia y, sus mayores ventajas están en la manipulación, adaptación a diferentes ambientes, especificidad y capacidad de la penetración directa a través del tegumento (García *et al.*, 2015).

1.11.- Hongos entomopatógenos

El control biológico basado en el uso de hongos entomopatógenos ha demostrado buena eficacia para el control de varios géneros de garrapatas, entre los que se encuentran *Amblyomma sp* y *Rhipicephalus sp* (Rodríguez *et al.*, 2014).

Los hongos entomopatógenos poseen extrema importancia en el control de ectoparásitos; virtualmente todos los ectoparásitos son susceptibles a las enfermedades fungosas y existen aproximadamente 700 especies de hongos entomopatógenos, de las cuales sólo el 10 % se usan para el control de insectos. Dentro de los más importantes se mencionan *Metarhizium spp*, *Cordyceps (=Beauveria) bassiana*, *Aschersonia spp*, *Entomophthora spp*, *Zoophthora spp*, *Erynia spp*, *Eryniopsis spp*, *Akanthomyces spp*, *Fusarium spp*, *Hirsutella spp*, *Hymenostilbe spp*, *Isaria (=Paecilomyces) fumosorosea* y *Verticillium (=Lecanicillium spp)*, pertenecientes a la clase Zygomycetes e Ascomycetes (28). Los hongos que han sido evaluados para el control de *R. (B.) microplus* son *L. lecanii*, *C. bassiana* y *M. anisopliae*, los cuales han demostrado tener potencialidad para el control de distintas fases de desarrollo de la garrapatas (huevo, larva, ninfa y adulto) (Ojeda *et al.*, 2011).

Dentro de los más utilizados a nivel mundial se encuentran *Metarhizium anisopliae* (33.9%), *Beauveria bassiana* (33.9%), *Isaria fumosorosea* (antes *Paecilomyces*

fumosoroseus) (5.8%) y *Beauveria brongniartii* (4.1%) (Téllez *et al.*, 2009) por lo cual estos pueden servir de agentes entomopatógenos, contra organismos patógenos causantes de enfermedades, o de organismos que sirven de vectores de otros microorganismos que causan daño a plantaciones, animales y al propio ser humano (García *et al.*, 2015).

1.11.1.- Propiedades de los hongos entomopatógenos

Las propiedades se derivan de las características de los organismos entomopatógenos en general (Bazán, 2002).

- Poseen un alto poder residual.
- Conservan su virulencia en la preparación y antes de la dispersión del inóculo en el campo.
- La especificidad, es definida como el conjunto de adaptaciones recíprocas entre microorganismos patógenos y sus hospederos en relación con las condiciones del medio en las cuales se encuentre.
- Posibilidades de multiplicación y conservación en condiciones económicas rentables.
- Alto poder patógeno suficientemente estable.

Algunas de las ventajas de los hongos entomopatógenos con respecto a los acaricidas químicos es que no contaminan el ambiente, aves y a mamíferos, no son fitotóxicos; no generan resistencia; y no dejan residuos tóxicos en los alimentos (Acosta *et al.*, 2007).

La principal desventaja de la utilización de hongos entomopatógenos en el control de plagas son su lentitud de actuación, que requieren alta humedad para germinar y su susceptibilidad a la radiación UV, además de que algunas cepas podrían afectar a otros tipos de artrópodos (Ginsberg *et al.*, 2002; Rangel *et al.*, 2004).

1.11.2.- El hongo *Metarhizium anisopliae*

Es un hongo deuteromiceto, patógeno generalista forma conidióforos simples o agregados, posee conidias alargadas, ovoides o cilíndricas dispuestas en cadenas,

originadas de conidióforos en forma de botella; las conidias miden de 6 a 8 micras, son verde olivo, por lo que la enfermedad de los insectos se denomina “muscardina verde” en todo el cadáver del insecto. Este hongo es considerado cosmopolita, pues se reporta en distintos lugares del mundo (Valdez *et al.*, 2013a).

Entre los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* ha sido evaluado ampliamente para el control de *R. microplus*, ya sea, sobre el animal o aplicado en pasturas (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

Se le considera un agente de alto potencial en el control biológico de plagas agrícolas. Es una especie de hongo cosmopolita que no afecta animales de sangre caliente y tampoco existen reportes de sensibilidad humana al mismo (Bazán, 2002).

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 temperatura óptima de 25 a 30 °C y humedad relativa del 100 %. Los límites térmicos para la germinación de los conidios y de las hifas de *M. anisopliae* se encuentran alrededor de 37 a 40 °C respectivamente. A una humedad por debajo de 53 % se reduce la viabilidad de los conidios (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, entre otros. Además, se sabe que *M. anisopliae* tiene efecto sobre las siguientes especies de garrapatas: *Amblyomma americanum*, *A. maculatum*, *A. cajennense*, *A. variegatum*, *Rhipicephalus annulatus*, *R. (B.) microplus*, *Hyalomma excavatum*, *Ixodes scapularis*, *R. appendiculatus* y *R. sanguineus* (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

1.11.3.- Taxonomía

La mayoría de los hongos entomopatógenos se clasifican dentro de una división Eumycota, que se caracteriza por no formar un plasmodio o pseudoplasmodio y por presentar una fase asimilativa típicamente filamentosa. La subdivisión Deuteromycotina, se caracteriza por no presentar un estado sexual, por lo que se

conoce como hongos imperfectos y están integrados en tres clases: Hyphomycetes, Blastomycetes y Celomycetes. La más importante es Hyphomycetes, por que abarca la mayoría de las especies conocidas como patógenas de insectos (Bazán, 2002).

Metarhizium anisopliae (Deuteromycetes: Moniliales) es un hongo imperfecto (Hyphomycete) que presenta reproducción asexual. Fue uno de los primeros microorganismos que se usaron para el control de los insectos plaga (Bazán, 2002).

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

Reino.....	Fungi
División.....	Mycota
Subdivisión.....	Eumycota
Clase.....	Deuteromycetes
Subclase.....	Hyphomycetes
Orden.....	Hypocreales
Familia.....	Clavicipitaceae
Genero.....	<i>Metarhizium</i>
Especie.....	<i>anisopliae</i>

Se clasifica a las especies de este género, con base en sus características morfológicas y reconoce dos especies: *M. anisopliae* y *M. flavovoride*. Mediante estudios moleculares reconocen en ambas especies de hongos, que existen cuatro variedades *M. anisopliae* var. *acridum*, *M. anisopliae* var. *lepidiotum*, *M. anisopliae* var. *anisopliae* y *M. anisopliae* var. *majus*. Recientemente, se propone la existencia de nueve especies: *M. anisopliae*, *M. guizhouense*, *M. pingshaense*, *M. acridum* stat. nov., *M. lepidiotae* stat. nov., *M. majus* stat. nov., *M. globosum*, *M. robertsii* y *M. brunneum*. También los estudios filogenéticos han permitido reubicar a 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 vivos y otros invertebrados como fuente de alimento (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

1.11.4.- Mecanismos de acción

Los hongos entomopatógenos, a diferencia de otros agentes entomopatógenos, tienen mecanismos de invasión únicos, que no necesitan ser ingeridos por el insecto para controlarlo sino que lo infectan por contacto y adhesión de las esporas a partes de su cuerpo, inician su proceso infectivo y asociación patógeno-hospedero formando los túbulos germinales y a veces el apresorio (que sirve para el anclaje de la espora) con los cuales ejerce una presión hacia el interior del insecto facilitando la invasión del hongo. El mecanismo de acción se divide en tres fases: (1) adhesión y germinación de la espora a la cutícula del insecto, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo. Lo cual generalmente resulta en la muerte del insecto (Motta y Murcia, 2011; Téllez *et al.*, 2009)

1.11.4.1.- Adhesión y germinación.

Los conidios se adhieren a la superficie del insecto 24 h después de la infección, iniciando el hongo el proceso patogénico (Ojeda-Chi *et al.*, 2011). El inoculo o unidad infectiva está constituido por las estructuras de reproducción sexual y asexual, es decir las esporas o conidias (García *et al.*, 2015).

Los hongos entomopatógenos inician su proceso infectivo en los insectos hospederos cuando las esporas viables son retenidas por contacto en la superficie del integumento, mientras encuentran un espacio propicio para establecer la asociación patógeno- hospedero y formar los túbulos germinales y a veces el apresorio, que facilitarán la invasión del hongo. La germinación de la espora se inicia con el hinchamiento de la misma, que es favorecido por una humedad alta (70% durante 14h); la germinación es disparada por mensajeros que generalmente son carbohidratos presentes en las proteínas cuticulares del insecto. La hidratación de la espora es favorecida por la acción antidesecante de su cubierta mucilaginosa, que además funciona como protector ante la presencia de polifenoles tóxicos y enzimas, secretadas por sistema inmune del insecto (Pucheta *et al.*, 2006).

Metarhizium anisopliae presenta un alto contenido de aminopeptidasas e hidrofobina, las cuales favorecen la acción de enzimas extracelulares sobre la cutícula del insecto. Sin embargo, se han encontrado esterases y proteasas en conidias no germinadas, lo que sugiere una modificación de la superficie cuticular previa a la germinación, ya que durante la hidratación la espora no solo absorbe agua, sino también nutrientes (Pucheta *et al.*, 2006).

1.11.4.2.- Penetración en el hemocele

Después del hinchamiento de la espora tiene lugar la formación del tubo germinativo mediante el proceso de polarización típico del crecimiento apical de los hongos, que estimula la síntesis de la pared celular (Pucheta *et al.*, 2006).

Los iones H⁺ y Ca²⁺ entran en la punta de la hifa a través de un mecanismo de transporte pasivo y son expulsados por mecanismos dependientes de energía. Este flujo transcelular permanece constante y mantiene el desarrollo del tubo germinativo y la formación del apresorio (de 12 a 18 horas post-inoculación), una estructura especializada formada en el tubo germinativo (Pucheta *et al.*, 2006; Sánchez, 2014).

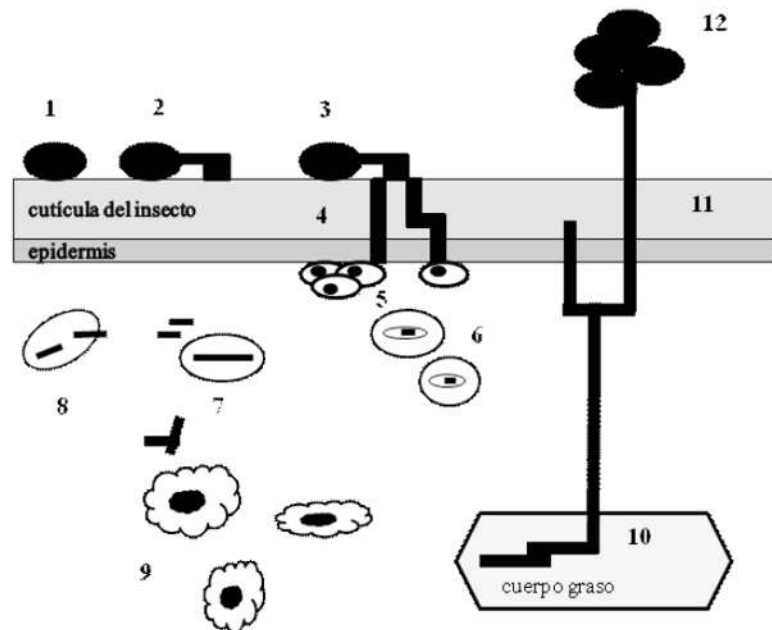
El proceso de adhesión ocurre en tres etapas sucesivas: adsorción de la espora a la superficie mediante el reconocimiento de receptores específicos de naturaleza glicoproteica en el insecto, la adhesión o consolidación de la interfase entre la espora pregerminada y la epicutícula y finalmente, la germinación y desarrollo hasta la formación del apresorio para comenzar la fase de penetración (Téllez *et al.*, 2009).

El tubo germinativo rastrea y reconoce la superficie del insecto para la localización de sitios receptores, habilitando a la hifa para la penetración de la cutícula, y en casos especiales por el aparato bucal, orificio anal y genitales. El apresorio sirve para el anclaje de la espora y ejerce una presión hacia el interior del insecto. Paralelamente, el hongo excreta una gran cantidad de enzimas entre las que se incluyen proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas, lipooxigenasas y otras enzimas hidrolíticas, que van degradando la cutícula y proporcionan a su vez nutrientes al hongo (Pucheta *et al.*, 2006).

1.11.4.3.- Desarrollo del hongo

Una vez dentro del insecto, el hongo prolifera formando cuerpos hifales secundarios, que se ramifican en la procutícula conformada principalmente de fibrillas lameladas de quitina embebidas en una matriz proteínica que actúa como cubierta física protectora ante las secreciones extracelulares del patógeno. Posteriormente, los cuerpos hifales se encuentran con la capa epidérmica y con su respectiva membrana basal y se diseminan a través del hemocele. Así, invaden diversas estructuras como tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias, hemocitos, retículo endoplásmico y membrana nuclear (Pucheta *et al.*, 2006).

Figura 4.- Esquema del desarrollo de un hongo entomopatógeno.



1. Adhesión de la espora a la cutícula del insecto, 2. Germinación y formación del apresorio, 3. Penetración de la cutícula, 4. Crecimiento lateral y penetración en la epidermis, 5. Agregación de los hemocitos en el lugar de penetración fúngica, 6. Fagocitosis de cuerpos hifales por células fagocíticas del insecto, 7. Transformación a cuerpos levaduriformes, 8. Evasión del sistema inmune, 9. Propagación en el hemocele, 10. Transformación a cuerpo hifal, 11. Esporulación y germinación atravesando la cutícula del insecto, 12. Diseminación de las esporas (Téllez *et al.*, 2009).

Al agotarse los nutrientes, el hongo inicia un crecimiento micelial invadiendo todos los órganos del hospedero. Esto sucede en 3 o 4 días después de la inoculación (Sánchez, 2014).

A partir de la colonización se forman pequeñas colonias y estructuras del hongo, lo que corresponde a la fase final de la enfermedad del insecto, ocurre 4 o 5 días después de la inoculación (Sánchez, 2014). Este evento es acompañado por la liberación de metabolitos secundarios con actividad insecticida (toxinas peptídicas) que aceleran la muerte del insecto. Al final, la muerte del insecto se debe a una combinación de factores como: la acción de toxinas del hongo, obstrucción física de la circulación de la hemolinfa, la privación de nutrientes y la invasión de órganos (García, 2012).

Finalmente, las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie iniciando la formación de esporas cuando la humedad relativa es adecuada. Cabe destacar que durante la penetración del hongo desde la cutícula del insecto hasta el hemocele, la hifa queda inmersa en proteínas, quitina, lípidos, melanina, difenoles y carbohidratos; algunos de ellos son nutrimentos pero otros pueden inhibir su crecimiento, ya que el insecto activa su sistema inmune a través de procesos como la melanización, fagocitosis, nodulación y encapsulamiento. Sin embargo, los hongos desarrollan una serie de actividades que les permiten evitar este tipo de defensas, tales como cambios en la pared celular y producción de sustancias inmunomodulatorias o toxinas fúngicas (Pucheta *et al.*, 2006).

La esporulación ocurre generalmente en cadáveres pero puede también ocurrir en insectos vivos, finalmente la dispersión de la spora puede ser un proceso activo o pasivo y depende de las características de la spora y el esporangio. El micelio emerge a través de los espiráculos, boca y membranas intersegmentales. Los factores abióticos como la lluvia y el viento pueden ayudar a dispersar las conidias las cuales pueden adherirse a otros insectos (Téllez *et al.*, 2009; Avalos, 2011).

2.- OBJETIVO

Evaluar la eficiencia de la cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino en el municipio de Aguililla, Michoacán.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio y cultivo del hongo se realizó en el Laboratorio de Desarrollo Rural Agropecuario del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán. La cepa Ma198 pertenece a la Colección de Hongos Entomopatógenos de la DES (Dependencia de Educación Superior Ciencias Agropecuarias), 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 *et al.*, 2013; Valdez *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 *et al.*, 2013a).

La recolección de los conidios de 21 días de edad se realizó por medio de arrastre con tierra de diatomeas, con la finalidad de separar las esporas del arroz mediante la ayuda de recipientes y un cedazo que permitió únicamente el paso de la tierra con las esporas, se determinó la concentración con ayuda de la cámara de Neubauer y se comenzó con el manejo de la línea fría de las esporas para garantizar su viabilidad hasta el momento de la aspersion en el ganado.

3.1.- Estudio en campo

Se llevó un primer acercamiento con los productores de la Asociación Ganadera Local del Sur, perteneciente al municipio de Aguililla, Michoacán, durante el Programa de Servicio Social Gratificado en el Componente de Extensión e

Innovación Productiva 2014 observando las principales problemáticas, de la cual, el ectoparasitismo por garrapata es una de las principales, seguida por la alimentación del ganado, por la cual se contempló la realización de dicha investigación en el municipio.

3.2.- Localización geográfica

El estudio en campo se llevó a cabo en el municipio de Aguililla, Michoacán localizado al suroeste del estado aproximadamente a 290 km al suroeste de la ciudad de Morelia, se encuentra entre los paralelos 18°29' y 19°04' de latitud norte; los meridianos 102°33' y 102°57' de longitud oeste; altitud entre 300 y 2 300 msnm. Su clima es muy variado en cada subregión, desde tropical en su mayor parte, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (40.91%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (26.84%), en la periferia de la cabecera municipal y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (20.99%) en la región noreste del municipio desde semiseco hasta cálido y cálido (5.94%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (4.56%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.76%). Con un rango de temperatura que oscila entre los 16°C y 30°C, y una precipitación pluvial de 600 a 1300 mm (INEGI. 2010).

3.3.- Estructura del hato

El trabajo se realizó en 3 hatos de los ranchos Agua Zarca, Ejido Casahuatera y El Saucito con evidente infestación de garrapatas, con bovinos doble propósito, entre cruza de raza Brahmán, Suizo, Charoláis y Holandés. Cada hato se mantuvo bajo las mismas condiciones habituales pertenecientes a cada uno de ellos, sin modificar su manejo, alimentación u otra actividad. Para el estudio se dividió la lista de cada hato en dos grupos lo más homogéneo posible en cuanto a raza y edad, de la cual, uno de los grupos fungió como testigo y el otro con el tratamiento.

Al comienzo del estudio se tomaron muestras de garrapatas repletas, tanto para la identificación taxonómica en el laboratorio del IIAF y para el diagnóstico de resistencia a productos químicos los especímenes de los tres hatos fueron enviados

al Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de Michoacán por medio de la Campaña Contra la Garrapata.

3.4.- Vegetación

El hato ubicado en el rancho denominado Agua Zarca, contaba con pastos nativos en una extensión de 5 hectáreas; el segundo rancho Ejido Casahuatera teniendo el ganado acceso a una extensión total de 6 hectáreas, tres de ellas con pasto nativo y el resto de pasto estrella; y un tercer hato denominado El Saucito, con una extensión de 4 hectáreas a orillas de un río con vegetación nativa, todos con un sistema de pastoreo continuo.

3.5.- Trabajo en campo

La cepa Ma198 fue trasladada hasta el lugar de trabajo en una hielera con bolsas de gel congelado; al grupo con tratamiento fue a una concentración de 1×10^8 de conidios Ma198, así mismo se utilizó 1ml de Inex-A/1 litro de agua. Al grupo testigo se aplicó baño por aspersión solamente con Inex-A disuelto en agua a la misma concentración de 1ml de Inex-A/1 litro de agua con la finalidad de romper la tensión superficial del agua para la disolución del hongo y como adherente al momento de la aspersión sobre las garrapatas (Valdez *et al.*, 2013a; Rodríguez *et al.*, 2014). Se utilizó agua potable entubada, extraída de noria y de un depósito perteneciente a cada uno de los ranchos. El agua tenía un pH óptimo para la disolución del hongo, teniendo como mínimo de 6 y máximo 7, y fue evaluada antes de su aplicación con tiras reactivas.

Se realizaron tres aplicaciones de los tratamientos con un intervalo de 14 días cada uno. Se realizaron 6 conteos de garrapatas presentes en los animales uno antes de cada baño y otro los 7 días posteriores con ayuda de un contador a través del costado izquierdo, dividiendo el animal en plano medio sagital y multiplicando por dos para sacar un estimado del total de garrapatas presentes, tanto en el grupo con tratamiento como en el grupo testigo, se realizó el baño con bomba de aspersión, a contrapelo y a favor del viento, siendo este por las tardes evitando la luz directa a los

animales y exposición a altas temperaturas. Iniciando el día de la primera aplicación (día 0) y terminando 7 días posteriores al último baño de cada hato.

Los resultados del conteo de garrapatas obtenidos se sometieron a análisis estadístico con ayuda del programa SAS (Statistical Analysis System), utilizando el modelo LSMEANS.

4.- RESULTADOS

4.1.- Identificación taxonómica

La identificación taxonómica se realizó en el Laboratorio de Desarrollo Rural Agropecuario del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán, en donde se identificó a los especímenes de garrapatas como *R. (B.) microplus* por sus características morfológicas, con ayuda de un microscopio estereoscópico.

Figura 5.- *R. (B.) microplus* del municipio de Aguililla, Michoacán.



4.2.- Diagnóstico de resistencia a productos químicos

De las muestras enviadas al Comité Estatal Para el Fomento y Protección Pecuaria de Michoacán por medio de la Campaña Contra la Garrapata para el diagnóstico de resistencia a productos químicos el hato del rancho El Saucito presenta resistencia a piretroides (flumetrina, deltametrina, cipermetrina) y amidinas (amitraz). Los resultados de análisis de las muestras se incluyen en el anexo 1.

4.3.- Rancho Agua Zarca

En el cuadro 3 se muestra el número promedio de garrapatas registrado cada siete días respecto a los tratamientos con Ma198 y el grupo testigo. Con el tratamiento de Ma198 se identificó un promedio inicial de 163.16 garrapatas, donde en el segundo conteo hubo una abundante reducción de garrapatas promedio, y en cada registro posterior a cada baño disminuyó en el número de garrapatas presentes, registrando como promedio final en este grupo 9 garrapatas. Así que se obtuvo un 85.94% de eficiencia con la cepa Ma198 en el control de *R. (B.) microplus*.

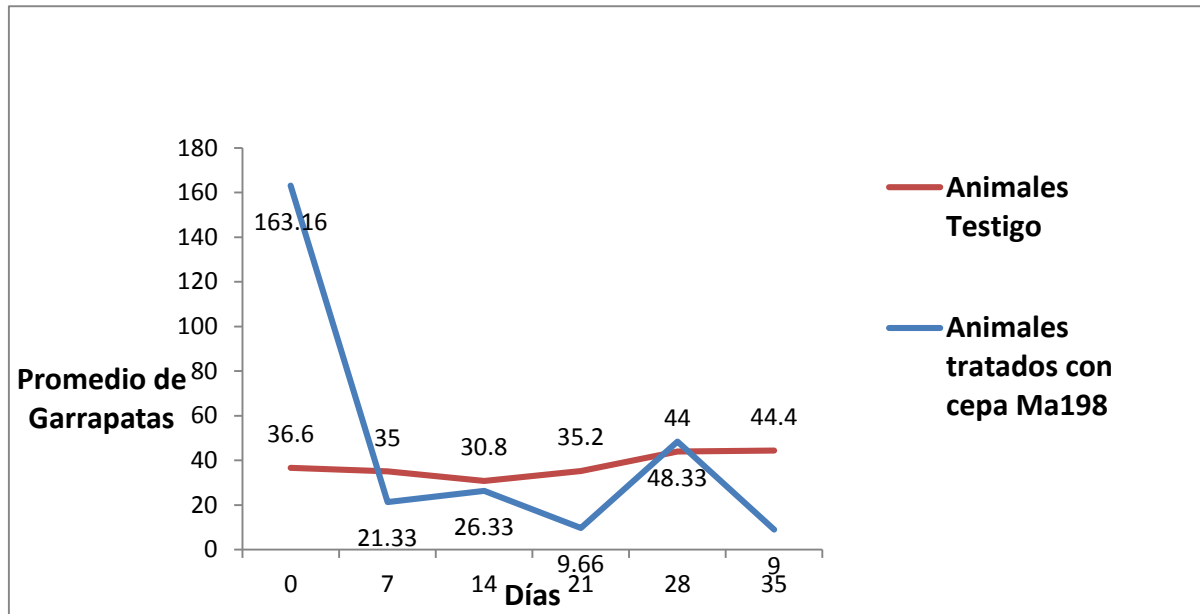
Cuadro 3.- Promedio de garrapatas *R. (B.) microplus* registradas en el rancho Agua Zarca.

Tratamiento		Ma198	% Eficacia Ma198	Testigo
Baño	Conteo (Días)	Promedio		Promedio
1	0	163.16		36.6
	7	21.33		35
2	14	26.33		30.8
	21	9.66		35.2
3	28	48.33		44
	35	9	85.94	44.4

Por otro lado en el grupo testigo (Inex-A) se observó un promedio inicial de 36.6 garrapatas, aunque es un promedio inferior con respecto el grupo tratado debido a factores no controlables para homogenizar totalmente los grupos con un número de garrapatas presentes, en los conteos sucesivos mantuvo un promedio cercano al inicial, y en el último es donde hay un pequeño incremento del 3.49% promedio con respecto al promedio inicial, debido a la ausencia de factores bióticos o abióticos que controle o disminuya la carga parasitaria dentro de este grupo.

La gráfica 1 muestra evidencia, de la disminución de la carga de garrapatas en el ganado del grupo tratado con Ma198 y un incremento en el promedio de garrapatas en el grupo testigo.

Gráfica 1.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Ceba Ma198 vs Grupo Testigo, del Rancho Agua Zarca.



4.4.- Rancho Ejido Casahuatera

En el cuadro 4 se observa el número promedio de garrapatas adultas y juveniles visibles y/o palpables registradas durante los seis conteos en donde se puede decir que a partir de la primera aplicación el grupo con tratamiento de Ma198 se encontró un efecto en el número de garrapatas con un promedio inicial de 25.11, con una eficiencia en el día 7 donde hay evidencia de una disminución en el promedio con 3.33 garrapatas. En donde el comportamiento del número promedio de garrapatas registradas es similar a los otros dos ranchos y en cada registro posterior a cada baño hay una disminución en el número de garrapatas presentes, con un promedio final de 2.22 garrapatas que representa el 83.18% de eficiencia con la ceba Ma198.

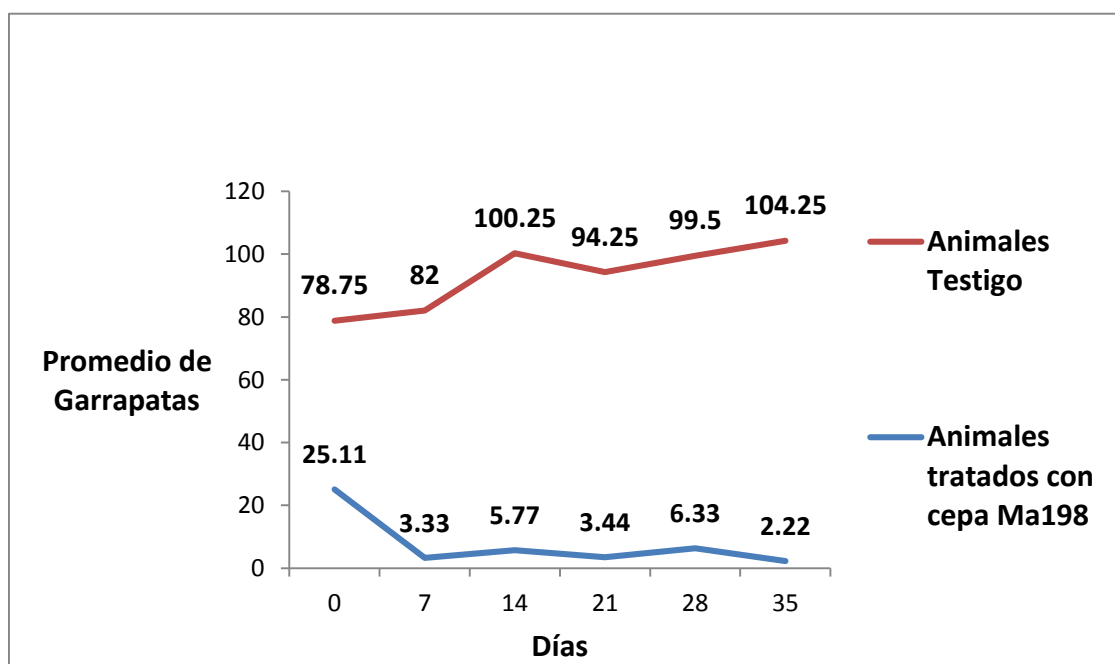
En el caso del grupo testigo (Inex-A) se registró un promedio inicial de 78.75 garrapatas, incrementándose en los días posteriores con respecto al inicio del tratamiento hasta llegar a las 104.25 garrapatas promedio indicándonos que no se obtuvo ningún efecto en el control de las garrapatas por parte del Inex-A, elevándose la población de garrapatas en un 18.30% por encima del promedio inicial, y

comparando el comportamiento del grupo testigo con el grupo control en la gráfica 2, se muestra una evidente disminución del grupo tratado con Ma198 y un incremento en el promedio de garrapatas en el grupo testigo.

Cuadro 4.- Promedio de garrapatas *R. (B.) microplus* registradas en el rancho Ejido Casahuatera.

Tratamiento		Ma198	% Eficacia Ma198	Testigo
Baño	Conteo (Días)	Promedio		Promedio
1	0	25.11		78.75
	7	3.33		82
2	14	5.77		100.25
	21	3.44		94.25
3	28	6.33		99.5
	35	2.22	83.18	104.25

Gráfica 2.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 vs Grupo Testigo, del Rancho "Ejido Casahuatera".



4.5.- Rancho El Saucito

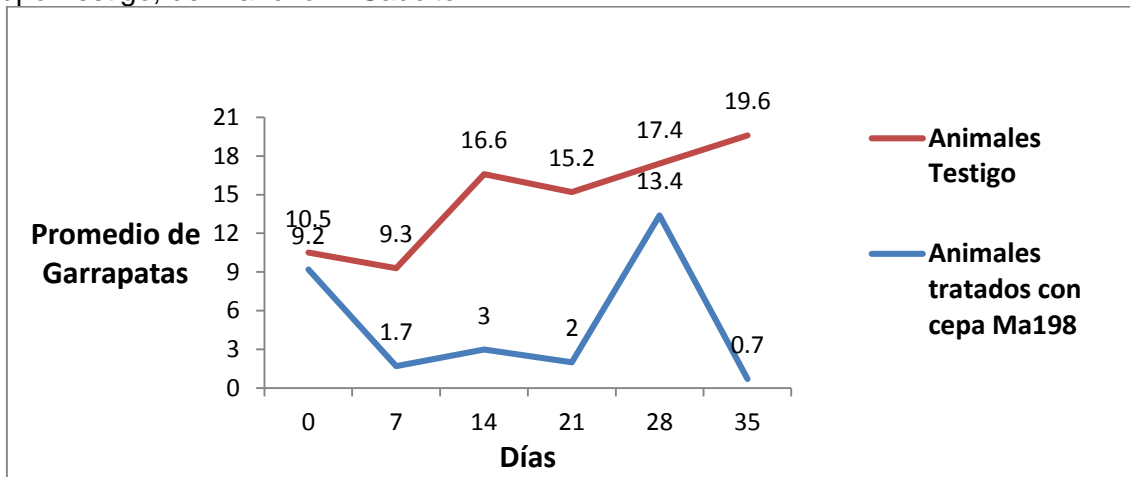
En el cuadro 5 se describe el número promedio de garrapatas registradas durante los seis conteos. En el grupo tratado con Ma198 se encontró un promedio inicial de 9.2 garrapatas con una marcada disminución en el segundo conteo con 1.7 garrapatas promedio en el grupo. En el baño 3 donde se registró un incremento en el promedio de garrapatas de 13.4 se redujo a 0.7 garrapatas, posterior a la aplicación de la cepa Ma198 en su último registro. A lo cual se obtuvo una eficiencia de 54.78% en el grupo tratado con la cepa Ma198. En este caso, con el grupo tratado se demuestra que además de disminuir la carga parasitaria con Ma198, también se mantiene controlada la población de ectoparásitos por debajo del umbral tolerable (40 garrapatas ingurgitadas) contrario a lo registrado en el grupo testigo que superaría el umbral tolerable con esa tendencia observada.

Cuadro 5.- Promedio de garrapatas *R. (B.) microplus* registradas en el rancho El Saucito.

Tratamiento		Ma198	% Eficacia Ma198	Testigo
Baño	Conteo (Días)	Promedio		Promedio
1	0	9.2		10.5
	7	1.7		9.3
2	14	3		16.6
	21	2		15.2
3	28	13.4		17.4
	35	0.7	54.78	19.6

En el grupo testigo (Inex-A) se observó un promedio inicial de 10.5 garrapatas, en donde los últimos 4 registros se observó un incremento en el promedio de 19.6 garrapatas, lo que es 48.76% por encima del promedio inicial, lo cual nos indica que no se obtuvo ningún efecto Ixodícida al igual que en los otros ranchos y solo cumplió con su efecto deseado que es romper la tensión superficial del agua para la disolución del hongo y como adherente al momento de la aspersion sobre las garrapatas. La dinámica del grupo testigo y el grupo control (gráfica 3), reflejó una evidente disminución del grupo tratado con Ma198 y un incremento en el promedio de garrapatas en el grupo testigo.

Gráfica 3.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 vs Grupo Testigo, del Rancho El Saucito.



4.6.- Eficiencia de Ma198 de *Metarhizium anisopliae* en Aguililla, Michoacán

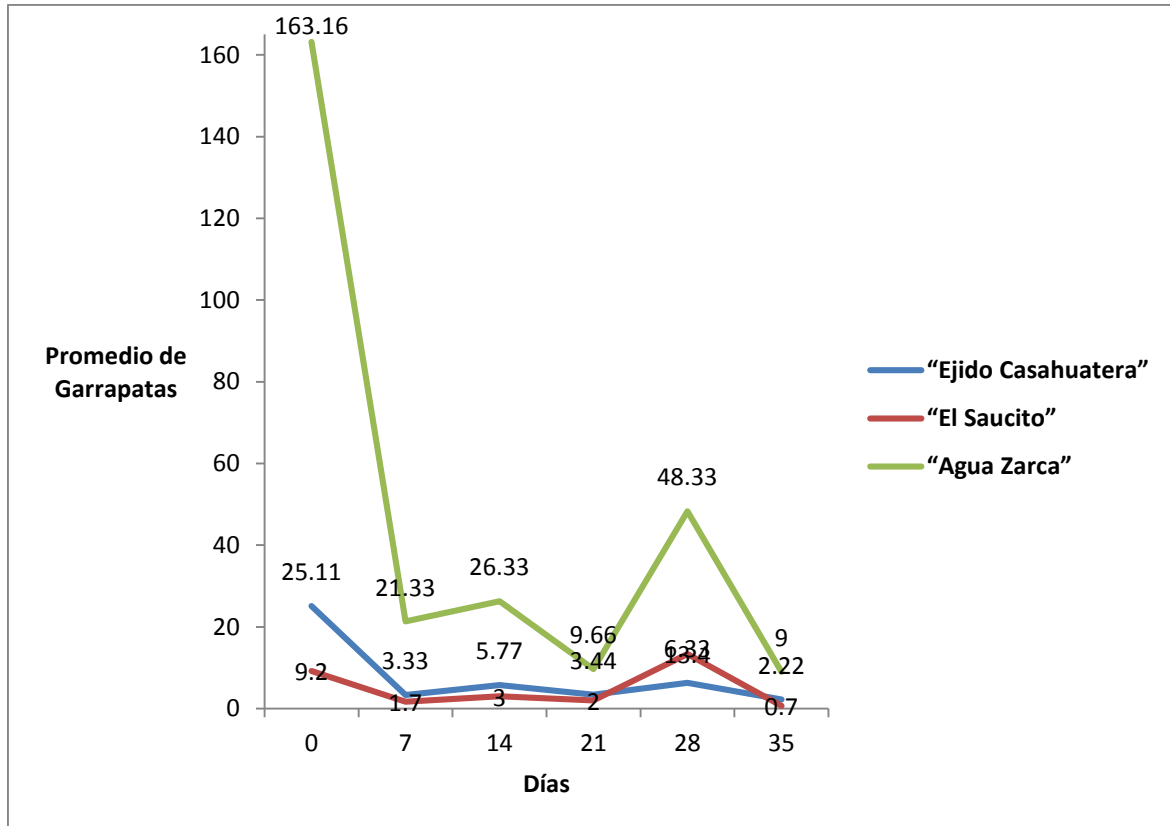
En la gráfica 4 se describe el comportamiento del promedio de garrapatas en el grupo control tratado con la cepa Ma198 de los tres ranchos, en donde se presenta un comportamiento similar: una notable reducción en la cantidad de garrapatas presentes en el día 7 por efecto del primer baño del día 0, Bazán (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, en donde incrementó el promedio de garrapatas en el día 14, mismo día en donde se realizó el segundo baño, teniendo como resultado una disminución en el conteo del día 21.

El día 28 se observa un aumento en la cantidad de garrapatas en ambos grupos de los hatos probablemente por lo mencionado por Bazán (2002) y a la presencia de ligeras lluvias en días anteriores a este registro, Cortés (2010) menciona que las garrapatas son animales que regulan su temperatura corporal de acuerdo con la temperatura de su ambiente inmediato y, por tanto, son sensibles a los cambios ambientales, de manera que pequeñas variaciones sobre el promedio de temperatura, humedad y brillo solar, pueden ser suficientes para afectar o favorecer su abundancia, distribución y capacidad vectorial; en el día 35 se observa una disminución considerable (3.97 garrapatas en promedio al final del estudio) con

respecto a lo mencionado por Rodríguez *et al.*,(2011) en donde dicen que la acción nociva sobre el ganado es proporcional al número de garrapatas que lo parasita.

Se considera que en el sureste de México, las garrapatas comienzan a ocasionar pérdidas a la ganadería bovina cuando existen ≥ 40 hembras repletas por animal.

Gráfica 4.- Dinámica de la carga de Garrapatas en el Grupo Tratado con la Cepa Ma198 de los Ranchos: Casahuatera, Saucito y Agua Zarca.



5.- DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el municipio de Aguililla Michoacán demostraron una eficiencia del 74.63% promedio (con rango de 54.78% a 85.94%) de la cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* para el control de *R. (B.) microplus* en condiciones de pastoreo, muy similar a los resultados de González (2016), en donde señala un 72.63% de eficacia en el municipio de la Huacana, Michoacán. Vargas (2015), obtuvo un 82% de eficacia en el rancho “La Mohonera”, en el municipio de Coahuayana, Michoacán, y Franco (2016) menciona una eficacia del 98.2% con la cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* para el control de *R. (B.) microplus* en el municipio de Arteaga Michoacán. Las condiciones bajo las cuales se realizó el experimento fueron similares al trabajo de Valdez (2014) y, donde demostró que la cepa Ma198 tiene eficacia de 92.5% las poblaciones de garrapatas en los municipios de Querendaro, Indaparapeo y Tzitzio en el estado de Michoacán. Rodríguez *et al.* (2014), señalan una disminución del 30.9% a 87 % en el número de garrapatas *R. microplus* adultas en infestaciones naturales. Alonso *et al.* (2007), quienes reportan eficacias de 40 a 91 % empleando la cepa Ma34 de *M. anisopliae* sobre bovinos infestados con garrapatas adultas de *R. (B.) microplus*, en Veracruz, México. Arguedas *et al* (2008) en Costa Rica reportan una eficacia de 79%.

En ciertas condiciones favorables la eficacia de *M. anisopliae*, está influenciada por factores macroclimáticos (humedad, temperatura y radiación solar) como microclimáticos (temperatura de la piel, química de las secreciones de la piel microflora) los cuales influyen en el nivel de infección de los hongos entomopatógenos (germinación y penetración) (Fernández *et al.*, 2005) por lo cual se considera importante la realización de más estudios de la cepa Ma198, para su manejo más práctico en cuanto a la forma de aplicación, los medios de dilución y aspersión, la aplicación directa en praderas o pastizales para un control más eficaz de *R. (B.) microplus*, y un arduo trabajo en la concientización de los productores con respecto a la resistencia de acaricidas y residuos químicos en productos destinados a consumo humano, siendo *Metarhizium anisopliae* una excelente alternativa en su

eficacia, costo y su nula acción tóxica o residual en productos, animales y humanos, y ofrecer productos de calidad.

Además, si se compara los costos de control para *R. (B.) microplus* con productos químicos comerciales en donde se estima que el costo por animal, dependiendo del producto utilizado es de entre \$3.00 y \$4.00 en comparación con el costo de producción para la utilización en el presente trabajo de investigación, la cepa Ma198 en promedio por animal es más redituable de \$2.00, y como única limitante que no se encuentra hasta el momento en el mercado la cepa Ma198 para su utilización para el control de la garrapata.

6.- CONCLUSIONES

La cepa Ma198 de *Metarhizium anisopliae* es eficiente como control biológico de *R. (B.) microplus* en el ganado bovino en sistema de pastoreo del municipio de Aguililla, Michoacán, con una eficacia del 74.63%.

Se obtuvo una eficiencia de 85.94%, 83.18% y 54.78% respectivamente en cada rancho evaluado, de la cual se tiene antecedentes de uno de los ranchos en donde presenta *R. (B.) microplus* resistencia a productos químicos como Piretroides (Flumetrina, Deltametrina, Cipermetrina) y Amidinas (Amitraz).

Ma198 es una opción para su utilización como medio de control de garrapatas y para su utilización en distintas épocas del año, en la rotación de productos y el control integral de *R. (B.) microplus* así como otros géneros y especies de garrapatas, y ampliar las alternativas de los productores para el control de dicho ectoparásito en el municipio de Aguililla, Michoacán.

7.- BIBLIOGRAFÍA

Acosta, P. D.; Gómez, A. P.; Hernández, V. V. M y Aranda, E. E. 2007. Métodos de Control Biológico para *Boophilus microplus* (CAN.). Investigación Agropecuaria. 4: 155-166.

Aguilar, B. J. A. 2010. Termo-tolerancia y eficiencia *in vitro* del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Ma 14) 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, D. M. A.; García, L.; Galindo, V. E.; Lezama, G. R.; Angel, S. C. A.; Rodríguez, V. R. I.; Fragoso, S. 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.

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

Avalos, de L. O. 2011. Identificación y análisis de los genes productores de proteasas tipo subtilisina y tipo tripsina en el hongo *Metarhizium anisopliae* como factores de virulencia para su aplicación en el control biológico de insectos plaga. (Tesis de maestría). Reynosa, Tamaulipas.

Bazán, T. M. 2002. Efecto de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) en el control biológico de *Boophilus microplus Canestrini* (Acari: Ixodidae) en ganado bovino estabulado. (Tesis de maestría). Universidad de

Colima. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tecomán, Colima, México.

Cetrá, B. 2001. Garrapata común del bovino. Sitio Argentino de Producción Animal. 352:1-6.

Cortés, J. A. 2010. Cambios en la distribución y abundancia de las garrapatas y su relación con el calentamiento global. Laboratorio de Parasitología, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. 57: 65-75.

Cota, G. S. del C. 2015. Control biológico e integrado de la garrapata "*Hyalomma lusitanicum*" en explotaciones silvo-agrocinegéticas de ecosistema mesomediterráneo. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria, Departamento de Sanidad Animal. Madrid, España.

Echeverri, F. y Rossini, C. 2013. Productos Naturales contra Parásitos Externos del Ganado Bovino y Ovino, tales como Mosca de los Cuernos y Garrapatas. Ed. Universidad de Magallanes. Chile. p.24.

Fernández, R. M.; Berlanga, P. A. M.; Cruz, V. C.; 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): p. 109-115.

Fernández, R. M.; Zhioua, E. y García, V. Z. 2005. Infectividad de *Metarhizium anisopliae* en contra de cepas de garrapata *Boophilus microplus* sensible y resistente a los organofosforados. Técnica Pecuaria en México. 43(3):433-440.

Fernández, S. P. 2003. Garrapatas que parasitan a las personas en Castilla y León, determinación por serología de su parasitismo y detección molecular de los patógenos que albergan. (Tesis doctoral). Universidad de Salamanca,

Facultad de Biología. Departamento de Biología Animal, Parasitología, Ecología, Edafología y Química Agrícola. Salamanca, Guanajuato.

Fernández, T. J. A. 2006. Evaluación de la eficiencia del control de garrapatas (*Boophilus microplus*) con tres frecuencias de aplicación de BAZAM® (*Beauveria bassiana*). (Tesis de licenciatura). ZAMORANO. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Perspectivas regionales: Ganadería. [En línea] ver. <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia/es/>. [Consulta: 14 de marzo 2015].

Franco, M. G. 2014. Estudio del parasitismo de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin en el quiste del nemátodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* (Berens, 1975), bajo condiciones de laboratorio. (Tesis de licenciatura). Coahuila, México.

Franco, S. J. J. 2016. Evaluación del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en el control biológico de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos del municipio de Arteaga, Michoacán. (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.

García, G. M.; Capello, G. S.; Leshner, G. J. y Molina, M. R. 2015. Hongos Entomopatógenos como una alternativa en el Control Biológico. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 25–28.

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

Ginsberg, H. S.; Lebrun, R. A.; Heyer, K. and Zhioua, E. 2002. Potential nontarget effects of *Metahizium anisopliae* (Deuteromycetes) used for biological control of ticks (Acari: Ixodidae). *Env. Entomol.* 31: 1191- 1196.

González, R. R. 2016. Eficacia de *Metarhizium anisopliae* Ma 198 (Deuteromycotina: hyphomycete) para el control de *Rhipicephalus boophilus microplus* en bovinos del municipio de la Huacana Michoacán. (Tesis de licenciatura) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán. México.

Gonzales, 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. Managua, Nicaragua.

INEGI. 2007. Características del sector agropecuario y forestal en Michoacán de Ocampo. [En línea] ver. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/agro_forestal/mich/CSAgroForCA.pdf [Consulta: 03 de Marzo del 2015).

INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010, Aguililla, Michoacán de Ocampo. [En línea] ver. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/Topografia/Compendio.aspx> [Consulta: 20 de Marzo del 2015].

INEGI. 2015. Estudio del posicionamiento de las actividades económicas en la región Centro occidente. [En línea] ver. <http://www.ourco.org.mx/perco/analisis/Informe%20final%20PERCO%20-%20Michoacan.pdf> [consulta: 14 de marzo del 2015].

INIFAP. 2006. Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. Morelos, México.

INIFAP. 2009. Perspectivas de la investigación genómica en el control de la garrapata y los patógenos que transmite. II Simposio Internacional de Resistencia a los Pesticidas en Artrópodos. Universidad Autónoma de Guerrero. Octubre, 2009. Mérida, Yucatán.

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

López, V. G. 2013. Productos Naturales Contra Parásitos Externos del Ganado Bovino y Ovino, Tales Como Mosca de los Cuernos y Garrapatas: Aspectos Generales Sobre las Garrapatas Distribución, Morfología, Biología y Control. Ed. de la Universidad de Magallanes. Chile. p.15-41.

Miller, R. J.; Almazán, G. C.; Estrada, O. M.; Davey, R. B.; George, J. E. 2008. A survey for fipronil-and-ivermectin-resistant *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* collected in northern Mexico and the options for the management of acaricide-resistant ticks with pesticides. En: García, V.Z., (ed), VI Seminario Internacional de Parasitología. Impacto de las enfermedades parasitarias sobre la ganadería globalizada. INIFAP-INFARVET-AMPAVE-CNG-UV. 3-5 de septiembre de 2008. Boca del Río, Veracruz, México.

Motta, D. P. A; Murcia, O. B. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. Revista Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. Amazonía, Colombia. 6(2). p. 77 – 90.

Nava, S.; Mastropaolo, M. y Mangold, A. J. 2011. Guía para el control de los parásitos externos en bovinos de carne del área central de la argentina: garrapata común del bovino [*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*]. Laboratorio de Parasitología e Inmunología, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Santa Fe, Argentina. 5: 1-9.

Núñez, J. L; Muñoz, C. M. y Moltedo, H. L. 1982. *Boophilus microplus* la garrapata común del ganado vacuno. Ed. Hemisferio Sur. Buenos aires, Argentina. 1-159.

Ojeda, C. M.; Rodríguez, V. R.; Galindo, V. E.; Lezama, G. R., y Cruz, V. C. 2011. Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 2(2):177-192.

Palacio, F. J. 2010. El Programa Nacional Pecuario 2007-2012 (PNP), las políticas del subsector pecuario Mexicano. Claridades Agropecuarias. 207: 07-11.

Pérez, L. J. M. 2007. Efecto de diferentes medios biológicos en el control de las garrapatas de bovinos. (Tesis de Maestría). Ministerio de Educación Superior.

Pucheta, D. M.; Flores, M. A.; Rodríguez, N. S. y De la Torre, M. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Interciencia. 31 (12): 856 – 860.

Rangel, D. E. N.; Braga, G. U. L.; Flint, S. D.; Anderson, A. J. and Roberts, D. W. 2004. Variations in UV-B tolerance and germination speed of *Metarhizium anisopliae* conidia produced on artificial and natural substrates. J. Invertebrate Pathol. 87: 77–83.

Rivera, O. R.; Angel, S. C. A.; Cruz, A. A. M.; Lezama, G. R.; Canchola, R. M.; Molina, O. 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. 12(1): p. 346-350.

Rodríguez, A. U.J.; Rodríguez, V. R. I.; Ojeda, Ch. M. M.; Galindo, V. E. y Lezama, G. R. 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, V. R. I.; Ojeda, Ch. M. M.; Pérez, C. L. C.; Rosado, A. J. A. 2011. Epidemiología y control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México.

Departamento de Parasitología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. 477-504.

Rodríguez, V. R. I.; Rivas, A. L.; Chowell, G.; Fragoso, S. H.; Rosario, C. R.; García, Z.; Smith, S. D.; Williams, J. J.; Schwager, S. J. 2007. Spatial distribution of acaricide profiles (*Boophilus microplus* strains susceptible or resistant to acaricides) in south eastern Mexico. *Vet. Parasitol.* 2007; 146: 158-169.

Rodríguez, V. R. I.; Alonso, D. M. A.; Rodríguez, A. F.; Fragoso, S. H.; Santamaria, V. M.; Rosario, C. R. 2006. Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, Mexico. *Vet. Parasitol.* 2006a; 136: 335-342.

Rodríguez, V. R.; Torres, A. J.F.; Genny, R. C.; Rosado, A. J.; Aguilar, C. A. y Ojeda, C. M. 2011. Control de parásitos internos y externos que afectan el ganado bovino en Yucatán, México. [en línea] ver. <http://ampave.org/archivosdescarga/Manualparaproductores.pdf> [consulta: 11 de marzo del 2013].

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. 1 er. Simposium de Salud y Producción de Bovinos de Carne en la Zona Norte-Centro de México. Aguascalientes, Ags.

Sánchez, M. F. J. 2014. Hongos entomopatógenos para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en laboratorio. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chiapas, Escuela Maya de Estudios Agropecuarios. Catazajá, Chiapas, México.

SINIIGA. 2015. Inventario bovino estatal del padrón ganadero nacional al 19 de enero 2015. [en línea] ver. <http://www.pgn.org.mx/documents/EstadisticaPGNBovinos.pdf> [consulta: 15 de marzo del 2015].

Solís, S. S. 1993. Diversidad, distribución y abundancia de las garrapatas en México. Programa de Acreditación de Médicos Veterinarios Zootecnistas. Campaña contra la garrapata. Normas y Procedimientos. México. SAGARPA. 30-33.

Téllez, J. A.; Cruz, R. M. G.; Mercado, F.; Asaff, T. A. y Arana, C. A. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología*. 30: 73-80.

Tinoco, G. L. 2011. Enfermedades Transmitidas por Garrapatas (*Rhipicephalus sanguineus*) en Perros de Mexicali, Baja California, México. *Epidemiología de Enfermedades Parasitarias en Animales Domésticos*. (1° ed). México. p. 577-631.

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.



Valdez, M. E.; Gutiérrez, V. E.; Vargas, S. M.; Lara, C. M. B. N.; Juárez, C. A. y Salas, R. 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.; Gutiérrez, V. E.; Vargas, S. M.; Lezama, G. R.; Juárez, C. A. y Salas R. 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*. 12 (1): p. 54-59.

Vargas, S. B. 2015. Eficacia de *Metarhizium anisopliae* en el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos del municipio de Coahuayana, Michoacán. (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San

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

8.- ANEXOS

	<p>DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD ANIMAL CENTRO NACIONAL DE SERVICIOS DE CONSTATAción EN SALUD ANIMAL DEPARTAMENTO DE ECTOPARÁSITOS Y DíPTEROS INFORME DE RESULTADOS</p>	
<p>Orden de Servicio 72778</p>		
<p>Procedencia: Fecha de Recepción: 05-mar-2015 12:27:53 Fecha de Ejecución: 30-abr-2015 CEPPP DE MICHOACAN AC</p>		
<p>Dirección: KM 18.5 CARRET. MORELIA-ZINAPÉCUARO, EJ. EL CALVARIO, RANCHO "LA CARRETA" Ciudad: ALVARO OBREGON Estado: MICHOACÁN</p>		<p>Solicitante: MVZ JORGE ARTURO ARANA</p>
<p>Clave Interna: 15P0007367 Especie: --- Remisión: --- Tipo de Muestra: ESPECIMENES VIVOS</p>		
<p>Caso: 1 PREDIO: EL SAUCITO, EDO: MICHOACAN, MPIO: AGUILILLA, PROPIETARIO: JUVENAL AVILA MANZO, LOCALIDAD: AGUILILLA Toma: Febrero 28, 2015 RES2 - Diagnóstico de resistencia en garrapatas: para determinar la susceptibilidad a los acaricidas en poblaciones de campo de garrapata <i>Boophilus microplus</i>. Método: Método interno: CENAPA-PD-404</p>		
Determinación	LMR o Especificación	Resultado
Chlorpirifos		SUSCEPTIBLE
Coumaphos		SUSCEPTIBLE
Diazinon		+
Flumetrina		++++
Deltametrina		++++
Cypermctrina		++++
Amitraz		++++
Fipronil		SUSCEPTIBLE
<p>El resultado obtenido es cualitativo y corresponde a la mortalidad larvaria obtenida de las técnicas Stone & Haydock y Shaw % de Mortalidad: 0 a 25 +++++, 26 a 50 ++++, 51 a 75 +++, 76 a 90 ++, 91 a 99 +</p>		
<p><i>P. D. Neri</i> MVZ. SALVADOR NERI ORANTES JEFE DE DEPARTAMENTO</p>	<p><i>Carlos Enrique Jasso Villazul</i> MVZ. CARLOS ENRIQUE JASSO VILLAZUL SUBDIRECTOR</p>	

<p><> Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. <> El resultado se refiere únicamente a las muestras probadas. <> Los datos de identificación de las muestras fueron proporcionados por el cliente. <> El que suscribe es ajeno al proceso de toma y envío de muestras. Carretera Federal Cuamavaca-Cuaulla No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec Mor., C.P. 82560 Tel. (55) 59-05-1000 ext. 53110 y 53111</p>		
CENAPA-PDF-190A 1/0	labcenapa.dgsa@senasica.gob.mx	Página 1 de 7

Anexo 1.- Resultados del diagnóstico de resistencia a productos químicos de los especímenes por el Comité Estatal Para el Fomento y Protección Pecuaria de Michoacán por medio de la Campaña Contra la Garrapata, del rancho "El Saucito", municipio de Aguililla, Michoacán.