

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA

**MANEJO BIOLÓGICO DE LA GARRAPATA
(*Boophilus microplus*) CON CONSORCIOS
MICROBIANOS EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO**

TESIS PROFESIONAL

Que como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN
ZOOTECNIA**

PRESENTA:

FILIBERTO MATU DZUL

Chapingo, Texcoco, Edo. de México, Marzo de 2016



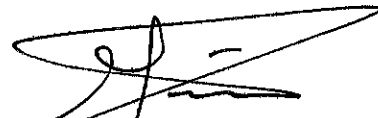
DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



La presente tesis titulada "Manejo biológico de la garrapata (*Boophilus microplus*) con consorcios microbianos en bovinos de doble propósito" fue realizada por el C. Filiberto Matu Dzul bajo la dirección del Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz y la asesoría del Dr. José Ayala Oseguera y de la Dra. Rita Schwentesius Rindermann, y ha sido revisada y aprobada por el Jurado Examinador, como requisito parcial para obtener el título de:

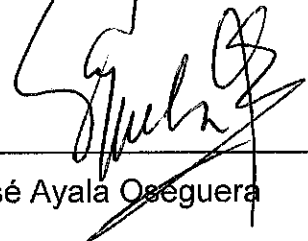
INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN ZOOTECNIA
JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE:



Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz

SECRETARIO:



Dr. José Ayala Oseguera

VOCAL:



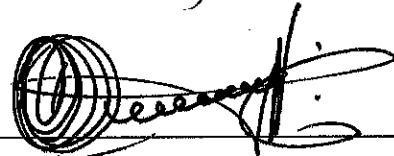
Dra. Rita Schwentesius Rindermann

SUPLENTE:



Ing. Melitón Córdoba Álvarez

SUPLENTE:



Dr. Carlos Felino Marcof Álvarez

Chapingo, Texcoco, Estado de México, Marzo de 2016

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por guiarme y mantenerme en el camino de la verdad y por permitirme alcanzar uno de mis mayores anhelos.

A mi alma mater, la **Universidad Autónoma Chapingo**, por darme la oportunidad de obtener una formación humana y profesional.

Al Departamento de **Zootecnia**, y a todos aquellos maestros, laboratoristas, secretarias y demás personas que de una u otra manera contribuyeron para que obtuviera una formación como profesionista y como persona.

Al **Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz**, por su confianza y el apoyo incondicional brindado para la realización de este trabajo.

Al **Dr. José Ayala Oseguera**, por sus acertados consejos y comentarios para el mejoramiento en la revisión del manuscrito.

A los demás miembros del jurado examinador **Dra. Rita Schwentesius Rindermann**, **Ing. Melitón Córdoba Álvarez** y al **Dr. Carlos Felino Marcof Álvarez** por su amplia y desinteresada colaboración en la revisión de este trabajo.

A todas aquellas personas que estuvieron conmigo en los momentos felices y sobretodo en los momentos más difíciles de mi vida, a todas ellas muchas gracias; sinceramente.

Filiberto Matu Dzul

DEDICATORIA

A MIS PADRES. Martha Dzul y Santiago Matu, por darme lo más valioso que pudiera poseer “la vida”, por brindarme siempre su amor incondicional y sus consejos para hacer de mí un hombre de provecho.

A MIS HERMANOS. Clavel, Frank, Yeni, Rebeca, Magaly, Pedro, José, Romer y Oscar, por todo el cariño y el apoyo incondicional que siempre me han brindado y por siempre estar conmigo cuando más los necesite. Gracias.

A MI TIO GILDO. Por brindarme siempre su apoyo y por regalarme su enorme cariño. Gracias por también ser mi compita.

A CUÑADOS (AS) Y SOBRINOS (AS). Porque de alguna manera han formado parte fundamental en mi vida y me han impulsado para seguir adelante.

A mis profesores, **Arturo López** y **Miguel Lara**, por todo el apoyo que me brindaron, por sus sabios consejos y sus valiosas enseñanzas. De todo corazón muchas gracias.

A todos mis **compañeros y amigos** de la generación 2010- 2011 del CRUPY y a la generación 2011-2015 de ZOOTECNIA; por todos los momentos que compartimos y pasamos juntos, gracias por su amistad.

Filiberto Matu Dzul

CONTENIDO

CONTENIDO.....	I
INDICE DE CUADROS.....	II
INDICE DE FIGURAS.....	III
RESUMEN.....	IV
SUMARY.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. HIPÓTESIS.....	4
5. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
5.1. Situación actual de la ganadería bovina en México.....	5
5.2. Ganadería orgánica	6
5.2.1. Demanda de los productos orgánicos.....	7
5.3. Garrapatas.....	9
5.3.1. Caracterización de B. microplus	9
5.3.2. Clasificación taxonómica.....	10
5.3.3. Ciclo de vida	11
5.3.4. Distribución en México	14
5.3.5. Hábitat.....	15
5.3.6. Estacionalidad y dinámica poblacional	16
5.3.7. Importancia económica	17
5.3.8. Resistencia.....	19
5.4. Métodos de control de la garrapata	20
5.4.1. Control químico.....	21
5.4.2. Control genético.....	25
5.4.3. Control mecánico y cultural	25
5.4.4. Control inmunológico.....	26
5.4.5. Control legal	27
5.5. Control biológico de la garrapata.....	27
5.5.1. Depredadores naturales (entomófagos).....	27

5.5.2.	Uso de nematodos entomopatógenos	28
5.5.3.	Uso de virus entomopatógenos	28
5.5.4.	Uso de bacterias entomopatógenas	28
5.5.5.	Uso de hongos entomopatógenos	29
5.6.	Consortios Microbianos	34
5.6.1.	Microorganismos efectivos (EM) y microorganismos de montaña (MM)	34
5.6.2.	Tipos de microorganismos presentes en los Consortios Microbianos	36
5.6.3.	Ventajas y desventajas del uso de Microorganismos	39
5.6.4.	Uso de Consortios Microbianos en el control de garrapatas	41
5.6.5.	Mecanismos de acción de los microorganismos sobre la garrapata	43
5.7.	Manejo integrado de garrapatas (MIG)	46
6.	MARCO DE REFERENCIA	48
6.1.	Características del lugar	48
6.2.	Características de los animales	49
6.3.	Características de los tratamientos	49
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	50
7.1.	Materiales	50
7.2.	Diseño experimental y modelo estadístico	50
7.3.	Conteos de garrapatas	51
7.4.	Aplicación de los tratamientos	52
7.5.	Análisis estadístico de los datos	53
8.	RESULTADOS Y DISCUSION	54
8.1.	Análisis de costos	65
8.1.1.	Costo estimado del acaricida químico para 100 U.A.	65
8.1.2.	Costo estimado de los consorcios microbianos para 100 U.A.	66
8.1.3.	Comparación de costos	66
9.	CONCLUSIÓN	67
10.	RECOMENDACIONES	68
11.	LITERATURA CITADA	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dinámica poblacional de la garrapata <i>B. microplus</i>	17
Cuadro 2. Situación de la resistencia de <i>Boophilus microplus</i> en diferentes países.....	19
Cuadro 3. Número promedio de garrapatas/vaca registradas durante cada conteo en los cuatro grupos de bovinos.	63
Cuadro 4. Promedios de garrapatas/vaca y porcentajes de eficiencia de los tratamientos para el control de la carga parasitaria de garrapata <i>B. microplus</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico de la garrapata <i>B. microplus</i>	12
Figura 2. Distribución geográfica de <i>B. microplus</i> en México (área rayada).	15
Figura 3. Conteo de garrapatas antes de cada aplicación de EM5 y Butox en LA FPI de la universidad de EARTH.	42
Figura 4. Efecto de deshidratación del EM sobre <i>B. microplus</i>	45
Figura 5. Promedio de las cargas parasitarias iniciales de garrapatas <i>B. microplus</i> registradas en cada unidad de producción.	55
Figura 6. Promedio de garrapatas/vaca registradas durante los 5 conteos sobre los cuatro grupos de ganado bovino del experimento.	56
Figura 7. Evaluación de los tratamientos de acuerdo a su velocidad de acción obtenida a partir de la pendiente y el ángulo de inclinación de su recta de tendencia.....	58
Figura 8. Curvas de comportamiento de los cuatro tratamientos durante los tres meses del experimento sobre el control de la garrapata <i>B. microplus</i>	60
Figura 9. Promedio de las cargas parasitarias finales de garrapatas <i>B. microplus</i> registradas en cada unidad de producción.	62

RESUMEN

MANEJO BIOLÓGICO DE LA GARRAPATA (*Boophilus microplus*) CON CONSORCIOS MICROBIANOS EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO

Matu D. F.¹; Gómez C. M. A.²

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de tres consorcios microbianos (CM) y un acaricida químico comercial en el manejo biológico de las garrapatas *Boophilus microplus*.

El estudio se realizó de enero a marzo del 2015 en los municipios de Papantla y Cazonos, ambos pertenecientes a la zona norte del estado de Veracruz. El experimento se implementó en tres unidades de producción con bovinos de doble propósito (Genotipos: Holandocebú y Suizbú). Para esto se designaron al azar cuatro grupos de cinco vacas cada uno, a los cuales se les asperjó cada 15 días (días 0, 15, 30, 45 y 60) cuatro tratamientos diferentes (Grupo 1: CM Tabasco2 al 5%, Grupo 2: CM Tabasco 0 al 5%, Grupo 3: CM Loxicha al 5%, Grupo 4: Acaricida químico). Antes de realizar cada aplicación se contó el número de garrapatas adultas (4.5-8.0 mm) presentes en un solo lado del animal para determinar las cargas parasitarias.

Los efectos de manejo alcanzados con el uso de los consorcios microbianos, en general, fueron menores en comparación con el acaricida químico, pero lograron reducir las infestaciones de *B. microplus* por debajo de la carga parasitaria mínima recomendada por Hernández (2005), que es de 20 garrapatas adultas (4.5-8.0 mm) contadas de un lado del animal.

Después de tres meses el acaricida químico (AQ) redujo la carga parasitaria inicial de 21.33 garrapatas/vaca a 9.26 garrapatas/vaca con un porcentaje de eficacia de 56.6%, mientras que los consorcios microbianos tabasco 2 (T2), Tabasco 0 (T0) y Loxicha (LX) disminuyeron las infestaciones de *B. microplus* en 41%, 36.32% y 32.76% respectivamente. Por otro lado, también se observó diferencias entre las velocidades de reducción de los tratamientos las cuales fueron de 2.82, 2.16, 1.74 y 1.34 garrapatas/día respectivamente. Por lo tanto, concluye que los consorcios microbianos son una alternativa viable a mediano plazo para sustituir a los tratamientos químicos, pues además de tener efectos favorables sobre el control de las garrapatas y a menor costo.

Palabras clave: Entomopatógenos, resistencia, control biológico.

¹ Tesista. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, estado de México. CP 56230.

² Profesor Investigador del CIIDRI, CIESTAM, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Texcoco, estado de México. CP 56230. ciidri2008@yahoo.com.mx

SUMMARY

BIOLOGICAL MANAGEMENT OF THE TICK (*Boophilus microplus*) WITH MICROBIAL CONSORTIA IN DUAL PURPOSE CATTLE

Matu D. F.¹; Gómez C. M. A.²

The aim of this study was to evaluate the effects of three microbial consortia (CM) and a commercial chemical acaricide in the biological control of ticks *Boophilus microplus*.

The study was conducted from January to March 2015 in the municipalities of Papantla and Cazonas, both from the northern of the state of Veracruz. The experiment was implemented in three production units with dual purpose cattle (genotypes: Holandocebú and Suizbú). For this was designated randomly four groups of five cows each, to which were sprayed every 15 days (days 0, 15, 30, 45 and 60) four different treatments (Group 1: CM Tabasco2 to 5%, Group 2: CM Tabasco 0 to 5%, Group 3: CM Loxicha to 5%, Group 4: chemical acaricide). Before each application was counted the number of adult ticks (4.5-8.0 mm) in one side of the animal for the purpose of determine the parasite loads.

The effects of management achieved with the use of microbial consortia, in general, were lower compared with the chemical acaricide, but were achieved reduce the infestations of *B. microplus* below the minimum parasitic load recommended for Hernandez (2005), which is 20 adult ticks (4.5-8.0 mm) counted from one side of the animal.

After three months the chemical acaricide (AQ) reduced the initial parasite load of 21.33 ticks/cow to 9.26 ticks/cow with a efficacy percentage of 56.6%, while the microbial consortia tabasco 2 (T2), Tabasco 0 (T0) and Loxicha (LX) decreased *B. microplus* infestations in 41%, 36.32% and 32.76% respectively. Furthermore, also was noted differences between speeds reduction of the treatments, which were 2.82, 2.16, 1.74 and 1.34 ticks/day respectively. Therefore, it is concluded that the microbial consortia are a viable alternative to medium term to replace chemical treatments, for besides to have positive effects on the control of ticks and are less expensive.

Key words: Entomopathogens, resistance, biological management.

¹Tesista. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, estado de México. CP 56230.

²Profesor Investigador del CIIDRI, CIESTAM, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, estado de México CP 56230. ciidri2008@yahoo.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

En México la producción bovina es afectada por diversas plagas y enfermedades. La garrapata de la especie *Boophilus microplus* es el principal ectoparásito que tiene mayor impacto sobre la ganadería, primordialmente en las zonas tropicales del país donde se encuentra el 40% del inventario ganadero nacional. Este ectoparásito puede transmitir enfermedades como la anaplasmosis y babesiosis, que disminuyen de manera significativa la productividad y eventualmente producen la muerte de los animales, ocasionando grandes pérdidas a los productores (Bazán, 2002). Así también, provoca diversos daños a sus hospederos, pues produce excoriaciones en la piel, abortos, anemia y una reducción considerable de carne y leche (SENASICA, 2015).

Por su importancia económica y sanitaria, en la actualidad se implementan diversos mecanismos de control para la garrapata, entre los que se pueden citar: acaricidas químicos, agentes biológicos, manejo genético, prácticas culturales, empleo de vacunas y el manejo integrado de garrapatas (MIG) (Bazán 2002; Hernández, 2005). El uso de acaricidas químicos es la forma más común de control, pero los resultados que se obtienen con el empleo de estos productos, tienden a disminuir debido al aumentando en el número de poblaciones de garrapatas con resistencia hacia ciertos grupos químicos (Alonso *et al.*, 2007).

Sí a lo anterior se le suma, que en la actualidad un mayor número de personas se preocupan más por su salud y por el tipo de alimentos que consumen, es evidente que el empleo de los acaricidas químicos será cada vez más limitado, debido a que estos productos generan problemas de contaminación en carne y leche; además, por su toxicidad, pueden ocasionar graves daños sobre la salud animal y humana, así como en el medio ambiente (Alonso *et al.*, 2007; Coronado y Mujica, 1997).

Por tal motivo, urge desarrollar nuevas alternativas para manejar la garrapata. En este aspecto, existen diversos tipos de organismos y microorganismos, que participan activamente en el control biológico de las plagas del ganado bovino, los cuales tienen un amplio espectro de actividad y que se podrían aprovechar para combatir a este ectoparásito. Tal es el caso de los “Consortios Microbianos (CM)” y los “microorganismos efectivos (EM)” donde se han identificado y aislado diversas especies de microorganismos entomopatógenos, de los cuales ya se han hecho estudios sobre el grado de control que ejercen sobre las infestaciones de garrapatas (*B. microplus*).

2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas que realmente afecta la rentabilidad de la ganadería en el trópico de México, es la presencia de grandes poblaciones de garrapatas y las pérdidas económicas que éstas ocasionan (Ángeles, 2010).

Actualmente, la herramienta a la que recurren con mayor frecuencia los ganaderos para combatir esta plaga, es la utilización de productos químicos en sus distintas formulaciones y diversos métodos de aplicación. Por ejemplo, a través de tratamientos de inmersión, aspersion, aretes impregnados con insecticidas y aplicación de insecticidas en formulación epicutánea (pour on). En los últimos años, los resultados que se obtienen con el empleo de estos productos está disminuyendo, porque se desarrolla resistencia hacia ciertos grupos químicos y se produce una selección sobre las poblaciones de garrapatas. Esto genera un crecimiento descontrolado de las poblaciones de garrapatas y orilla a los productores a utilizar tratamientos desesperados, recurriendo a elaborar mezclas caseras (combinación de productos) sin ningún principio técnico. Así también, muchas veces emplean productos no indicados, como es la aplicación de diésel sobre el lomo del animal, que causa irritación y no ejerce ningún tipo control sobre estas plagas. De seguir así, la extensión de la resistencia al total de los grupos de acaricidas químicos es sólo cuestión de tiempo (CONACYT-SAGARPA, 2005).

Barros *et al.* (2002; citado por Hernández, 2004) decía que la resistencia es la capacidad desarrollada por una población determinada de insectos, a no ser afectada por la aplicación de insecticidas o se considera como un fenómeno natural provocado por mutaciones aleatorias.

Está comprobado que una vez que un parásito adquiere resistencia a un medicamento, también la tendrá a otros productos del mismo grupo químico. La resistencia de los parásitos a los fármacos es un fenómeno hereditario producido por la presión de la selección, asociada al contacto regular con las drogas antiparasitarias (Barros *et al.*, 2002; citado por Hernández, 2004).

Un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Oficina internacional de epizootias (OIE) en 77 de los 151 países miembros de la OIE, reveló que más del 20% de los países sufren de resistencia a las drogas destinadas al control de helmintos, garrapatas y moscas (FAO, 2007).

Por tal motivo, la importancia de este estudio radica en desarrollar una alternativa de control de la garrapata (*B. microplus*) para reducir los daños atribuidos a esta especie. Este tratamiento no debe producir efectos colaterales de ningún tipo; hablese de efectos tóxicos, embriotóxicos y cancerígenos; ni dejar residuos en la leche o carne de los animales tratados, además, no debe contaminar el ambiente, ni afectar la salud humana, ni del animal.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar la efectividad y el grado de manejo que ejercen tres Consorcios Microbianos (Tabasco 2, Tabasco 0 y Loxicha) y un acaricidas químico, sobre las cargas parasitarias de *B. microplus* del ganado bovino de doble propósito.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar conteos periódicos del número de garrapatas (*Boophilus microplus*) presentes en las vacas tratadas con microorganismos; así también, en las vacas tratadas con acaricida químico.
- Determinar los porcentajes de eficacia de tres consorcios microbianos diferentes y un producto químico comercial, en el manejo de la garrapata (*Boophilus microplus*) sobre el ganado bovino de doble propósito durante los meses de enero, febrero y marzo del año 2015.

4. HIPÓTESIS

.

El nivel de manejo que ejercen los acaricidas a probar sobre las garrapata *B. microplus* es diferente.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Situación actual de la ganadería bovina en México

En México, la ganadería (carne y leche) es una actividad importante; ocupa más de 50% del territorio nacional donde se mantienen cerca de 32 millones de cabezas de ganado bovino y se genera el 43% del valor total del subsector pecuario. En el año 2012 se obtuvieron por este concepto 123 mil millones de pesos, de los cuales 54% correspondió a producción de carne en canal y el 46% a leche fluida. Durante el año 2012 el promedio de producción del país se ubicó alrededor de 1.8 millones de toneladas de carne de res y 11 mil millones de litros de leche. A partir del 2007 al 2012 la tasa media de crecimiento anual de cada uno de estos productos fue de 2.2% en el caso de la carne y 1.0% en el de la leche (SAGARPA, 2012).

Todas las entidades del país producen carne y leche de bovino. En el año 2012, el principal estado productor de carne fue Veracruz (14.2% del volumen y 14.8% del valor total de la producción). Por su parte, el mayor productor de leche fue Jalisco (18.6% del volumen y 16.7% del valor total de la producción) (FNDARFP, 2014).

De acuerdo con el Censo Agropecuario 2007, en México existen 1.1 millones de unidades de producción de ganado bovino. El 58% de éstas se dedican a la engorda; el 34% mantiene vientres: para leche (40%), carne (32%) o doble propósito (28%); y el resto produce principalmente sementales (INEGI, 2007).

La diversidad ecológica y socioeconómica de México determina la existencia de diferentes tipos de ganadería Ortega y Ochoa (2004; citado por Chalate *et al.*, 2010). Una de las actividades más diseminadas en el medio rural, es la ganadería bovina de doble propósito (DP; Rivas y Holmann, 2002; citado por Chalate *et al.* 2010). Este sistema basa su alimentación en el pastoreo directo de la grama nativa o pastos cultivados, y utiliza cruza *Bos taurus* x *Bos indicus* para producir leche y carne. Las vacas se ordeñan una vez al día con el apoyo del becerro y éstos son

vendidos a los 6-8 meses de edad con un peso de 180-200 kg para producción de carne (FIRA 1991; citado por Osorio y Segura, 2005).

En nuestro país, este sistema de producción cobra especial importancia ya que el área tropical de México abarca 51.3 millones de hectáreas, equivalentes al 26.2 % del territorio nacional. De esta superficie, 19 millones de ha (37%) se destinan a la ganadería de doble propósito, donde pastorean aproximadamente 12 millones de bovinos (cerca del 40% del inventario nacional), que producen el 18% y 33% de la leche y carne respectivamente, de la producción nacional (Báez, 2000; INEGI, 2007).

Los estados con zonas tropicales y explotación de ganado de doble propósito son: Durango, Zacatecas, Coahuila, San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas, Puebla, Veracruz, Tabasco, Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Nayarit, Jalisco, Hidalgo, Colima, Guerrero y Morelos (INEGI, 2007).

5.2. Ganadería orgánica

La ganadería orgánica, biológica y ecológica, es un sistema holístico, que mantiene y mejora la salud de los agroecosistemas y de las personas. Este tipo de producción busca que las unidades sean sostenibles desde el punto de vista social, ecológico y económico. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos (UNACH, 2007; IFOAM, 2008).

De acuerdo con Kumm (2002), la producción orgánica de carne basada en pastos naturales y otros productos obtenidos bajo los mismos criterios, es decir, alimentos no expuestos a fertilizantes y pesticidas químicos, debe de ser más sostenible que la carne producida en los sistemas convencionales.

A nivel mundial, en los últimos 20 años se ha acrecentado la tendencia por la preferencia de productos asociados con estilos de vida saludables y procesos de calidad que finalmente justifican un valor agregado para la carne, leche u otros (Espinoza *et al.*, 2007).

En México, en comparación con los países desarrollados, la agricultura orgánica se caracteriza por la integración de pequeños productores indígenas a organizaciones sociales y la participación y promoción de parte de organizaciones no gubernamentales. La incorporación de más de 128, 800 productores en más de 378,600 ha de tierras agrícolas y pecuarias registradas hasta el año 2008, le otorgan un carácter estratégico al sector orgánico del país. Sin embargo, de esa superficie solamente 6,049 ha son destinadas a la producción pecuaria y dentro de ellas, el 95.83% se dedica a la cría de bovinos productores de carne, 2.12% a bovinos de doble propósito y de acuerdo con los registros no existen explotaciones orgánicas de bovinos productores de leche. Más de 50% de las 23 unidades pecuarias de producción orgánicas que existen en México se ubican en la región del trópico (Gómez *et al.*, 2009). Es evidente que la extensión destinada a la ganadería orgánica en nuestro país es muy reducida, sobre todo si se toma en cuenta el potencial que existe, como son las superficies con pastos naturales en cerros y llanuras (91,82 millones de ha) utilizadas exclusivamente en el pastoreo de rumiantes (López y García, 2005; Gómez *et al.*, 2009).

5.2.1. Demanda de los productos orgánicos

El interés de los consumidores por los niveles de grasas saturadas, azúcar y sal en los alimentos, además de los riesgos de los aditivos y residuos de pesticidas, ha estimulado un incremento en la demanda de alimentos sanos y ha llevado a cambios significativos en el sector alimentario, incluida la promoción activa de alimentos sin aditivos. Estos intereses han contribuido claramente al desarrollo del mercado de alimentos orgánicos producidos ecológicamente (Lampkin, 2001).

Entre los principales productos que tienen mayor demanda en la mayoría de los países están las verduras, posteriormente las frutas, luego los cereales y finalmente los productos cárnicos y lácteos. Los mercados más grandes para los productos orgánicos están en Estados Unidos, Europa y Japón. En algunos países en vías de desarrollo los mercados locales, aunque están desarrollándose, todavía son muy pequeños (Eyhorn *et al.*, 2003).

En México la ganadería orgánica se mantiene en una fase incipiente y sus unidades de producción pecuaria se han reducido de 49 a 23. Siendo Veracruz y Tabasco los principales estados productores, con 34.8 y 21.7% de las unidades y 41.6 y 36.9% de la superficie certificada, respectivamente. El bajo nivel de desarrollo de la ganadería orgánica se debe a la falta de opciones para exportar los productos, dada las barreras fitosanitarias impuestas por los Estados Unidos a la ganadería mexicana en su conjunto, con la excepción de becerros en pie, así como al escaso desarrollo del mercado local, que no paga los productos orgánicos como tales (Gómez *et al.*, 2009).

Asimismo, la ganadería orgánica continúa enfrentando grandes retos en las regiones del trópico por la falta de remedios naturales para el manejo de plagas y enfermedades, en particular para controlar la garrapata y la mosca del cuerno. Así, un problema que persiste es que los productores de carne de res se ven obligados a hacer sus propios experimentos y pruebas para encontrar soluciones aceptables dentro de las normas orgánicas. No obstante, en el momento de la comercialización los ganaderos en el trópico mexicano ven mermado sus esfuerzos por ofrecer una carne sana y sin contaminación, porque ante los bajos volúmenes ofertados y demandados no existen rastros orgánicos que cumplan con las normas de certificación (Gómez *et al.*, 2009).

5.3. Garrapatas

Las garrapatas son ácaros macroscópicos caracterizados por poseer tres pares de patas en el estado larval y cuatro pares durante la fase de ninfa y adulta, tienen un cuerpo globoso, aplanado dorso-ventralmente y no segmentado, que las diferencia de otros arácnidos, cuyo cuerpo está dividido en dos partes (el cefalotórax y el abdomen). Las garrapatas son ectoparásitos obligados que se alimentan de la sangre de sus hospedadores (hematófagos). Durante la toma de sangre, y a través de varias vías como la saliva, el fluido coxal, la regurgitación del contenido intestinal o las heces, pueden transmitir un amplio y variado conjunto de patógenos causantes de graves enfermedades, algunas de ellas letales (Márquez *et al.*, 2005; citado por Maldonado 2005). De acuerdo con sus características morfológicas y fisiológicas, se agrupan en dos grandes familias, garrapatas duras (ixódidos) y blandas (argásidos). El desarrollo o ciclo biológico puede darse en 1, 2 ó 3 hospederos.

5.3.1. Caracterización de *B. microplus*

La garrapata *Boophilus microplus* se considera el principal ectoparásito que afecta al ganado bovino en las zonas tropicales (Alonso *et al.*, 2007). Son ectoparásitos que transmiten enfermedades como la babesiosis y la anaplasmosis que afectan a un gran número de animales y en ocasiones producen su muerte. *Boophilus microplus* es vector de *Babesia bigemina*, *Anaplasma marginale*, (Anaplasmosis bovina) y *Babesia ovis* (Guerrero *et al.*, 1986; Álvarez *et al.*, 2007). Esta garrapata se encuentra ampliamente distribuida en las áreas tropicales, subtropicales y templadas del planeta.

Boophilus microplus es una garrapata dura (ixódido) de un solo hospedero, posee la coxa anterior con espolones, interno y externo, marcadamente redondeados y más anchos que largos, al igual la segunda, tercera y cuarta coxa con o sin espolón externo, el interno es muy notorio (Guerrero *et al.*, 1986).

En el bovino, las garrapatas adultas se localizan en la papada, axila, entrepierna, abdomen, y genitales. Las larvas y ninfas algunas veces en las orejas. Esos son lugares donde la piel es más delgada, lo que facilita su alimentación, o bien donde los animales apenas alcanzan a rascarse, lo que les impide deshacerse de estos parásitos

La mayoría de los autores coinciden en que son de tamaño pequeño a mediano, de colores oscuros a café o rojizo y con ornamentaciones brillosas. Poseen un cuerpo aplanado dorso-ventralmente cuando están en ayunas, y globular cuando están repletas de sangre; el cuerpo se compone de cefalotórax y abdomen no diferenciados, carecen de cabeza propiamente dicha, en su lugar poseen un capítulo o gnatosoma, que es un conjunto de estructuras móviles integrado por una pieza basal aplanada llamada base del capítulo, un par de quelíceros y un par de pedipalpos (Huerta y Villagómez, 1990).

5.3.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo al Manual Taxonómico de Garrapatas, a continuación se detalla la clasificación (Maldonado, 2005).

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Orden: Acarina

Suborden: Metastigmata

Familia: Ixodidae

Género: *Boophilus*

Especie: *microplus*

5.3.3. Ciclo de vida

B. microplus tiene cuatro estados evolutivos en su ciclo vital, que son: el huevo, la larva o pinolillo, la ninfa y el adulto. Las garrapatas del género *Boophilus* son de un solo hospedero. Para lograr su desarrollo, cursan por tres fases; no parasítica, de encuentro y parasítica (SENASICA 2008a; SENASICA 2008b; CONACYT-SAGARPA, 2005).

FASE NO PARASÍTICA: Es llamada de vida libre y comprende desde que la garrapata hembra repleta se desprende de su hospedero, hasta la aparición de las larvas en la vegetación. Esta fase se divide en cinco períodos: a) preoviposición, b) oviposición, c) postoviposición, d) incubación y e) eclosión.

- a) Preoviposición. Comprende desde el desprendimiento de la garrapata repleta del hospedero hasta la postura del primer huevo. La garrapata *B. microplus* experimenta repleción final (un llenado de sangre), lo cual principalmente sucede durante la noche y se desprende al comienzo de la mañana. Al caer la garrapata al suelo busca lugares sombreados y protegido, para poder iniciar el proceso de oviposición.
- b) Oviposición. Es el tiempo considerado desde que se inicia la puesta de los primeros huevos hasta los últimos. Este período puede ser alterado por factores ambientales, como la radiación solar, que puede destruir a los huevos.
- c) Postoviposición. Es el periodo desde que la garrapata repleta pone el último huevo hasta su muerte.
- d) Incubación. Este período comprende desde que se inicia la oviposición hasta la emergencia de las larvas, pudiéndose ser afectado por factores ambientales como son la humedad y temperatura, influyendo decisivamente en la evolución del embrión.

e) Eclosión. Durante esta período la larva emerge del huevo, los mejores porcentajes de eclosión se obtienen en temporadas que tienen una temperatura óptima de 25-35 °C y una humedad relativa del 95%. Bajo condiciones controladas en el laboratorio, el porcentaje de eclosión de *B. microplus* es superior al 80%.

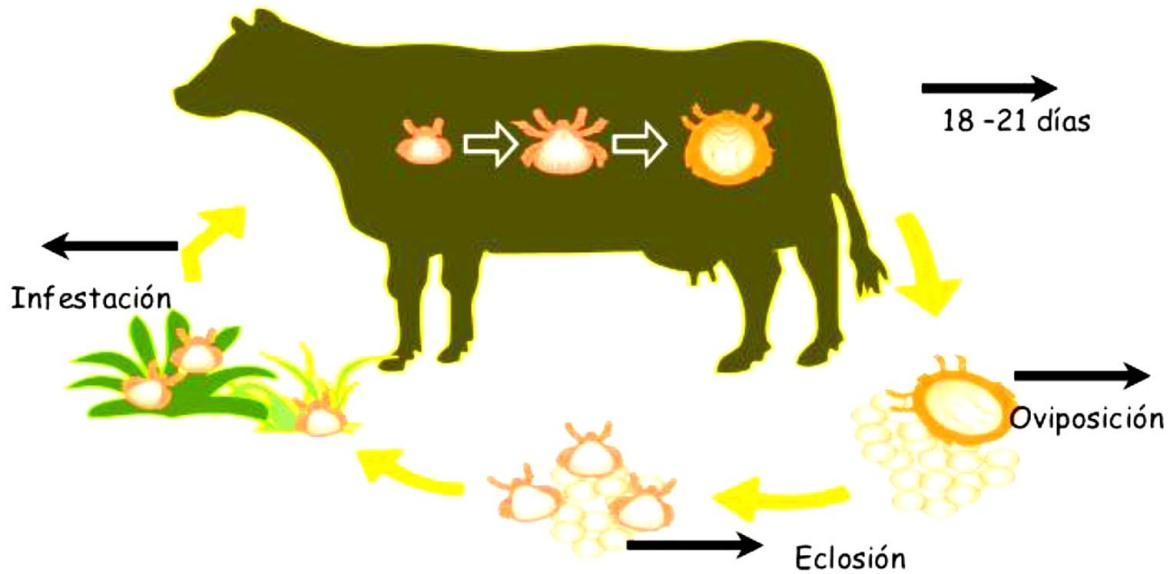


Figura 1. Ciclo biológico de la garrapata *B. microplus*.

FASE DE ENCUENTRO: La fase de encuentro se define como el proceso de transferencia de las larvas desde la vegetación al hospedero y está influenciada por variables básicas como la distribución, longevidad, ritmos de actividad de las larvas, la estructura y tipo de vegetación, así como la densidad de bovinos y aspectos relacionados con su comportamiento en el pastizal. El encuentro de hospederos comprende dos periodos pasivo y búsqueda.

a) Período pasivo. Este período corresponde al primer estímulo posterior a la eclosión de las larvas, requiriéndose un periodo para que dichas larvas adquieran viabilidad necesaria para resistir los efectos del ambiente.

b) Período de búsqueda. Es el tiempo que transcurre entre el período pasivo y el encuentro del hospedero. En este período, las larvas utilizan su capacidad de sobrevivencia para resistir los efectos del medio ambiente, este evento está influenciado por diversos factores, considerándose de mayor importancia las condiciones ambientales, y sus reservas nutritivas las cuales afectan directamente a la longevidad de las larvas en los pastos y que al mismo tiempo influyen en forma directa en la cantidad y calidad de los mismos. Este periodo es uno de los más críticos en la vida de las garrapatas ya que necesitan encontrar un hospedero adecuado, nutrirse y completar su ciclo; además cuentan únicamente con sus reservas para resistir períodos prolongados de inanición. Otro aspecto que influye es la densidad de hospederos ya que es lógico que cuanto mayor sea el número de animales por unidad de superficie, más fácil resulta que la larva encuentre alguno. Por otra parte es importante mencionar aspectos de comportamiento y fisiológicos de las larvas que les permite detectar movimientos de cuerpos en la cercanía cuando se encuentran en las partes superiores de los pastos agrupadas en grandes cantidades, los cuales hacen que estas incrementen su actividad cuando son estimulados por el desprendimiento de bióxido de carbono (CO₂) de la piel de los animales adoptando una posición particular al sostenerse en sus dos patas posteriores, extendiendo el par anterior, para tratar de adherirse al posible hospedero. La duración de la fase de encuentro varía de acuerdo a las condiciones climáticas, influyendo principalmente la temperatura y la humedad ambiental. La temperatura tiene una relación inversa con la duración de la sobrevivencia larval, es decir a medida que la temperatura aumenta, la duración de dicha fase disminuye. En cuanto a la humedad se refiere, en estudios realizados sobre el tema se ha observado que en los meses húmedos se presenta una mayor longevidad que en los meses secos.

FASE PARASÍTICA: Es el período que completa el ciclo biológico de la garrapata desarrollándose una serie de eventos patológicos sobre el hospedero que conllevan a las pérdidas directas e indirectas ocasionadas por la presencia de estados de ninfas y adultos. Para poder implantarse requiere superar algunas barreras del hospedero como el tipo de pelo, ya que la espesura, la capitalización, densidad de glándulas sudoríparas y sebáceas, le ofrecen resistencia; asimismo, la posibilidad de ser alcanzadas durante el proceso de acicalamiento. Además, el aspecto competitivo con otras especies de garrapatas, restringen la incorporación de nuevos individuos. Los aspectos climáticos afectan poco el desenvolvimiento de la garrapata adulta, ya que el microclima donde se desarrolla está íntimamente relacionado a la fisiología del hospedero, factores como el calor irradiado del pelo, humedad y cobertura ofrecida por éste, lo protegen de las condiciones medioambientales. Por ello, el índice de mortalidad de las garrapatas durante esta fase está determinado por la resistencia del hospedero.

5.3.4. Distribución en México

El microclima influye directamente en la reproducción y supervivencia de las garrapatas, y de éste depende directamente el género presente en una región. La distribución geográfica de las garrapatas en México (Figura 1), obedece a factores ambientales, entre los que destacan la humedad relativa, la temperatura, y la vegetación, que son determinantes en la distribución de las especies. Otros factores que intervienen en la distribución son la altitud, presencia y abundancia de hospederos y las prácticas de control o erradicación que el hombre ejerce sobre las poblaciones de garrapatas (Álvarez *et al.* 2007; Maldonado 2005; Ángeles, 2010).



Figura 2. Distribución geográfica de *B. microplus* en México (área rayada).
Fuente: SENASICA, 2008^a.

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, (53.0% del territorio nacional). En estos casos se consideró la situación que se presentó en 1983, fecha en la que se había logrado avanzar mediante la erradicación de *Boophilus sp* en un número significativo de municipios, principalmente en el norte de México. En la actualidad, muchos municipios que estaban erradicados de *Boophilus*, están siendo reinfestados (SENASICA, 2008a).

5.3.5. Hábitat

En las regiones con condiciones climáticas adecuadas de temperatura y humedad (28 °C y 80% de humedad relativa) aumenta el número de garrapatas. Las garrapatas *B. microplus* son raramente encontradas en regiones donde la precipitación pluvial es menor a 500 mm y una temperatura menor a 16 °C (SENASICA, 2008a; Maldonado 2005).

5.3.6. Estacionalidad y dinámica poblacional

La estacionalidad se define como la fluctuación numérica de las garrapatas a través del tiempo (estaciones del año) e implica como regla general, la presentación de temporadas de altas infestaciones (pico) y otras de bajas o nulas infestaciones. Esta fluctuación, al cuantificarse, da lugar a una curva poblacional que se debe a la respuesta de una población de garrapatas a los cambios ambientales que se generan a través de los meses del año, principalmente relacionados con las temporadas, de lluvia y sequía. La presentación de cada temporada de la garrapata *Boophilus* varía notablemente de zona a zona. Sin embargo, es factible agruparlas en cuatro categorías: las tres principales corresponden a las fechas de presentación de los dos primeros picos poblacionales en abril y junio, manifestando diferencias en relación con el tercero que ocurre en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Para la cuarta categoría, existen 3 periodos: el primero, entre los meses de febrero y marzo, el segundo entre junio y julio y el tercero en octubre. En México, la garrapata del género *Boophilus* presenta tres temporadas principales de alta infestación, aunque en algunas zonas del trópico húmedo se pueden presentar hasta cuatro, observándose que en la última temporada el incremento poblacional es mayor, debido al estímulo de la época de lluvias (SENASICA, 2008a; (CONACYT-SAGARPA, 2005; Maldonado 2005).

Como datos de referencia para conocer la dinámica poblacional de las garrapatas de la zona, se muestran los resultados obtenidos de un estudio que se realizó en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz en el año 2007. En el cual se cuantificó el número de garrapatas (*B microplus*) presentes durante todo el año en dos genotipos de bovino infestados naturalmente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dinámica poblacional de la garrapata *B. microplus*

Genotipo	Mes del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
¾ Bos taurus	14.0a	27.2a	9.2 ^a	31.0a	93.6a	84.0a	38.2a	16.8 ^a	57.6a	28.6a	1.4a	22.0a
½ Bos taurus	6.0b	12.0b	8.0a	13.0b	24.4b	26.4b	15.6b	11.4 ^a	25.8b	13.0b	0.4a	11.7b

Promedio de hembras repletas de *B. microplus* (>4.5 mm de longitud) cuantificadas en dos genotipos de bovinos infestados naturalmente en el trópico húmedo mexicano (Martínez de la Torre, Veracruz).

Medias con la misma letra por columna no son diferentes (P>0.05).

Fuente: Alonso *et al*, 2007

5.3.7. Importancia económica

El parasitismo obligado que *Boophilus microplus* ejerce en el bovino, establece una interacción, cuyas consecuencias en los mecanismos vitales del hospedero, son de la mayor consideración, tanto desde el punto de vista zoonosanitario como del económico (SENASICA, 2008a). En el mundo, se considera a las garrapatas como los parásitos externos que más pérdidas económicas ocasionan en la producción ganadera (Cetra, 2008).

El principal factor que acentúa el problema económico en las explotaciones pecuarias con presencia de garrapatas, es el decremento en la producción de carne y leche.

En Australia y México se han hecho estimaciones de pérdidas de peso de hasta 50 kg/ animal/ año en zonas infestadas y una disminución de la producción de leche de 15%. Los animales necesitan mayor tiempo de pastoreo para su terminación, provocado por trastornos metabólicos sobre todo en animales jóvenes (Cetra, 2008; SENASICA, 2008a).

En lo que se refiere a producción de carne, Maldonado (2005), menciona que sin medidas de control, la infestación media de regiones tropicales y subtropicales es de 47.1 garrapatas/día/año con pérdidas de 12.3 kg PV/animal/año. La garrapata se alimenta de sangre a través de la herida que hace por la piel, provocando daños en la piel, que posteriormente se convierten en puerta de entrada para infecciones bacterianas, fúngicas o miasis (Cetra, 2008; SENASA, 2006, SENASICA, 2008b).

Este efecto se ve incrementado por la acción tóxica de enzimas y neurotoxinas presentes en la saliva de la garrapata, que al introducirla al bovino durante su alimentación altera el comportamiento bioquímico del hepatocito, ocasionando un desequilibrio en el metabolismo y consecuentemente, en el estado nutricional del hospedero (SENASA, 2006; SENASICA, 2008b). Las infestaciones medias y altas de garrapatas tienen un efecto negativo en la respuesta inmunológica y posiblemente en su especificidad, lo cual se debe seguramente a los estados anoréxicos ocasionados y a la subnutrición concomitante (SENASICA, 2008b).

Las garrapatas afectan también la esfera reproductiva de sus hospederos, ya que los niveles de progesterona en las vacas parasitadas se encuentran disminuidos, debido a la depresión del factor liberador de las gonadotropinas hipofisarias y en la síntesis hepática de la globulina transportadora de progesterona, lo cual se traduce en alteraciones del ciclo estral y a pobres índices de reproducción. Los porcentajes de procreo disminuyen hasta un 15% en animales infectados (Cetra, 2008; SENASICA, 2008b). La lesión que deja la picadura de la garrapata no desaparece fácilmente y los llamados "cueros picados" tienen precios 25% menores a los cueros sanos (Cetra, 2008; SENASA, 2008; SENASICA, 2008a).

5.3.8. Resistencia

La historia de las resistencias comienza en Australia en 1937 con los arsénicos, extendiéndose en 1950 a los ciclodienos clorinados y DDT, y en 1964 a los organofosforados y carbamatos. En México se identificaron poblaciones de garrapatas resistentes a los organofosforados en 1981, distribuidas en áreas tropicales del Golfo de México y de la Península de Yucatán (Armendáriz, 2003).

Cabrera *et al.* (2008) mencionan que en los ranchos bovinos del sureste de México, la resistencia de *B. microplus* a los piretroides es el problema más importante. La prevalencia de ranchos con *B. microplus* resistente a los piretroides en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas es de 66.3, 95.3, 94.1 y 90.8 %, respectivamente. Existen muchos problemas de resistencia con diferentes productos químicos en el continente, como puede observarse en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Situación de la resistencia de *Boophilus microplus* en diferentes países

Principio active	Uruguay	Brasil y Colombia	Argentina	México
Fosforados	+	+	+	+
Piretroides	+	+	+	+
Amidinas		+	+	+
Lactonas		+		
Fipronil	+			
Fluorzuron				

Fuente: Ángeles, 2010.

La resistencia es uno de los mayores problemas, debido a que la disponibilidad de nuevos antiparasitarios es cada vez más escasa y costoso (Alonso *et al.*, 2007; Fernández *et al.*, 2005). 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 (Fernández *et al.*, 2005).

En México, la cepa Tuxpan, fue la primera evidencia de resistencia a ixodicidas, fue aislada en 1981 en el Municipio de Tuxpan, Veracruz y presentó un patrón de resistencia a organofosforados (Alonso *et al.*, 2007).

Posteriormente, en el año 1993, en seis muestras analizadas se detectaron cepas de garrapatas resistentes a órgano fosforados. Las dos primeras fueron remitidas del Municipio de Soto la Marina, Tamaulipas, otras tres del Municipio de Emiliano Zapata, Tabasco, y la última de San Juan Evangelista, Veracruz (Alonso, 2006). Cepa San Alfonso, originaria de la región de los Ríos en Tabasco, presenta una conducta de respuesta multiresistente a organofosforados, piretroides y amidinas (Alonso *et al.*, 2007).

El desarrollo de la resistencia ha generado la necesidad de implementar programas de control integrado. Dentro de estas prácticas de manejo de los animales, se incluyen algunas metodologías como: el control cultural, inmunológico y químico. En áreas templadas del país, las variaciones en la humedad y temperatura a lo largo del año, produce picos en las poblaciones de garrapatas en una época del año y una disminución en otra. En estos casos, la vacunación, rotación de potreros y uso estratégico de acaricidas, puede ser usado en estas áreas para mantener un número muy bajo de garrapatas (Ángeles, 2010).

5.4. Métodos de control de la garrapata

Se ha estimado que el 80% de bovinos en el mundo sufre los efectos de las garrapatas, el problema adquiere un carácter importante en zonas con clima tropical y subtropical. Prácticamente todas las especies domésticas sufren de los efectos directos e indirectos de las garrapatas. Sin embargo, es en los bovinos donde el efecto es mayor y en donde se ha investigado más para su control (Quiroz, 1986).

Antes de iniciar un programa de control de la garrapata *B. microplus* en una región, es necesario tener conocimiento de los aspectos ecológicos, tecnologías disponibles, factores sociales y económicos. Existe una gran diversidad de condiciones geográficas, climáticas, de infraestructura, así como del desarrollo tecnológico, que hace que una tecnología aplicable para un lugar sea difícil de adoptar en otro. Existen dos formas de combatir al parásito, uno en el campo (fase libre) y otro sobre el ganado bovino (fase parasítica); sin embargo, el combate de *B. microplus* se ha orientado generalmente hacia el combate de las formas parásitas (Alonso *et al.*, 2007).

5.4.1. Control químico

El método más eficiente para el control de garrapatas es la utilización de productos químicos a una frecuencia de tratamientos variables dependiendo del nivel de infestación de los animales. Los productos químicos se agrupan en familias que presentan similitud en su estructura química y sitio de acción; sin embargo, se presentan diferencias en cuanto al sitio blanco entre parásitos de diferentes géneros, siendo muy pocos los que tienen acción cruzada. En el método químico se deben considerar las diferentes estrategias de aplicación y la enorme gama de formulaciones que existen; la selección dependerá de la idiosincrasia de los productores, recursos disponibles y el impacto económico al sistema productivo (Alonso *et al.*, 2007).

5.4.1.1. Productos químicos autorizados en México

Actualmente, existen 6 grupos de productos químicos que se utilizan para el control de garrapatas en México. Estos son: organofosforados, piretroides, amidinas, endectocidas, fenilpirazolonas e inhibidores del desarrollo. Además, se encuentran disponibles en el mercado mezclas de dos productos químicos, de los cuales se recomiendan un uso más cuidadoso por el riesgo de generar de manera más rápida el proceso de resistencia (Alonso *et al.*, 2007; Pérez, 2007).

Organofosforados: se caracterizan por inhibir la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (neurotransmisor), produciendo un aumento de estímulos nerviosos de los insectos. Son lipofílicos y se absorben a través de la piel y se acumulan en tejido adiposo donde son liberados lentamente a la sangre y otros líquidos fisiológicos. Tienen una permanencia de 4 a 8 días (Pérez, 2007).

Piretroides: provocan un bloqueo de la actividad motriz o bien por la producción de excitabilidad, incoordinación de movimientos, irritabilidad, parálisis, letargo y muerte del insecto. Tienen un efecto residual de 15 días (Pérez, 2007).

Amidinas: Se cree que ocasionan la muerte del insecto por inhibición de las monoaminooxidasas, aunque, no se ha dilucidado la posible participación de los receptores de la octopamina (Pérez, 2007).

Endectocidas: Son las llamadas lactonas macrocíclicas que incrementan la liberación del ácido gammaaminobutírico (GABA) del sistema nervioso de los insectos. moxidectina está relacionado con la apertura de los canales de cloruro en la conexión postsináptica y, permite el flujo de iones, produciendo un estado irreversible de descanso, parálisis y muerte del parásito. Son usados para el control de endo y ectoparásitos incluyendo a las garrapatas (Pérez, 2007).

Fenilpirazolonas: Están relacionadas con las Avermectinas por el modo de acción, ya que bloquea el paso de iones cloro a través del sistema receptor GABA. El Fipronil es la sustancia activa usada para el control de garrapatas de manera “pour on”, lo que permite que penetre la cutícula de los ectoparásitos (Pérez, 2007).

Inhibidores del desarrollo: se caracterizan por interferir principalmente en la formación de la quitina, impidiendo la formación de la cutícula del ectoparásito, considerándoseles inhibidores de las mudas y del crecimiento (Pérez, 2007).

5.4.1.2. *Propiedades deseadas de los garrapaticidas*

De acuerdo con Alonso *et al* (2007) las características ideales que se persiguen en un garrapaticida químico son:

- a) Inocuos para el animal y el hombre que los maneja.
- b) Altamente efectivo contra todos los estados evolutivos del ácaro en su fase parásita.
- c) Económico a la dosis recomendada para lograr su efectividad.
- d) Estables en el medio contaminado que representa un baño sucio, estiércol, orina y pelos que dejan los animales al pasar por él.
- e) Tener una buena dispersión, humectación y ser de fácil preparación.
- f) No contaminar el medio ambiente

5.4.1.3. *Métodos de aplicación de los acaricidas químicos*

De acuerdo con Alonso *et al.* (2007), los diferentes métodos que existen para aplicar los garrapaticidas químicos son:

Baños de inmersión. Es el paso de animales por soluciones, suspensiones o emulsiones de garrapaticidas mantenidos en depósitos de 7,000 a 10,000 litros. Con este método se logra un completo mojado de todo el cuerpo del animal, lo que permite un perfecto contacto de la sustancia activa del garrapaticida con todos los estados evolutivos de las garrapatas. El inconveniente básico del baño por inmersión reside en que se trata de una instalación fija y cara, hacia la cual se debe arrear a los animales. Durante los períodos de sequía esto produce en los animales una carga de estrés adicional. Para reducir las distancias de acceso a los baños, es necesario construirlos en una ubicación central, lo cual encarece su construcción y mantenimiento.

Mangas de aspersión. Es el mojado de los animales con garrapaticidas, a través de aspersores fijos adaptados a una manga de manejo. Tiene la ventaja de que en cada tratamiento se puede usar líquido recientemente preparado con la correcta concentración de la sustancia activa, lo que asegura la máxima eficacia.

Mangas portátiles. Es una manga portátil cerrada y acompañada del depósito de garrapaticida. Tiene la misma función que la aspersión en manga fija.

Aspersión manual. Es el método de mojado más simple y se utiliza cuando hay que bañar unos pocos animales, por lo regular el equipo consiste en una bomba de aspersión manual.

Tratamiento por derrame dorsal: "pour-on" y "spot-on". El "pour on" o epicutáneo este método consiste en derramar el producto sobre la línea medial dorsal del bovino, desde la cruz hasta la base de la cola. A su vez el "spot on" o transcutáneo es cuando el producto se coloca en un solo sitio del dorso del animal. Esta forma de tratamiento es recomendada especialmente en el caso de vacas preñadas o con crías, y en lugares distantes de los baños y en ranchos donde no existan las facilidades para el manejo de los animales. Las formulaciones que se emplean en estos tratamientos han sido especialmente estudiadas para que el producto se adhiera sobre la superficie del cuerpo del bovino, con las secreciones de las glándulas sudoríparas y sebáceas, formando una emulsión que actúa como vehículo para aumentar la distribución dérmica de la sustancia activa. Las formulaciones actúan sobre los parásitos por contacto y por medio de los vapores que emanan, formando una atmósfera que rodea el cuerpo del animal tratado.

Tratamiento mediante inyección. El método es comúnmente utilizado para la aplicación de endectocidas y puede administrarse por vía intramuscular o subcutánea. Los productos así usados presentan por lo regular efectos de largo plazo con tratamientos en lapsos de 30 días o más.

Tratamiento en aretes y collares impregnados. Son dispositivos elaborados por lo regular a base de plástico o PVC los cuales contienen el pesticida impregnado y su eliminación es paulatina y sostenida, a partir del sitio de aplicación alcanzan todo el cuerpo del animal. Se han utilizado en este tipo de dispositivos Amidinas, Piretroides, Organofosforados y mezclas tanto para ganado lechero como de carne.

5.4.2. Control genético

Las razas *Bos indicus* (Nelore, Brahaman, Gyr, Indobrasil, etc) son más resistentes a infestaciones graves de garrapatas que las razas *Bos taurus* (Suizo, Charolais, Gelbvieh, Holstein, etc). La resistencia a las garrapatas por parte del hospedero se manifiesta con una reducida repleción de la hembra, prolongados períodos de alimentación, disminución en la oviposición, baja o nula viabilidad de los huevos, cese de etapas evolutivas y muerte de ninfas (Alonso *et al*, 2007).

5.4.3. Control mecánico y cultural

Esta actividad que el hombre realiza, se basa fundamentalmente en modificar el hábitat natural de la garrapata para afectar su desarrollo y viabilidad en su fase no parasítica. La composición de la vegetación tiene un efecto directo en la sobrevivencia de las garrapatas adultas, huevos y larvas. Cuando las garrapatas adultas repletas caen al suelo buscan un lugar oscuro y se protegen de la radiación solar directa. De tal forma que las praderas con alta vegetación y arbustos proporcionan a las garrapatas un hábitat ideal para su desarrollo. Las leguminosas tropicales *Stylosanthes humilis* y *S. hamata* pueden atrapar larvas. Estas leguminosas presentan pelos y secreciones glandulares viscosas en sus hojas, que inmovilizan a las larvas. Las plantas colectan del 12 al 27% de larvas de garrapatas. Su efectividad para controlar garrapatas es limitada por la proporción de estas leguminosas en las praderas, su estado fisiológico y por su reducido porcentaje en atrapar larvas. Otras plantas con similares propiedades anti-garrapatas son las gramíneas forrajeras: *Melinis minutiflora* (gordura), *Brachiaria brizantha* (marandú)

y *Andropogon gayanus* (llanero), las cuales repelen, atrapan u obstaculizan a las garrapatas que buscan hospedero; este tipo de plantas, cultivadas en potreros estratégicamente utilizados, reducen el riesgo del encuentro garrapata-bovino y contribuyen a disminuir el uso de pesticidas. El descanso de praderas para el control de las garrapatas es otro método que funciona y está basado en el período de vida que tiene el estado no parasítico, esto es, la longevidad total del estado no parasítico. Cuando se conoce esta información en una región, es posible establecer el tiempo de descanso de las praderas. La longevidad de las larvas en el ambiente depende de la cantidad de vitelo que tengan en el momento de su eclosión. El fuego afecta directamente a las garrapatas por la exposición que sufren a las altas temperaturas los estados de larvas, las hembras adultas y los huevos. Indirectamente tiene un efecto por la destrucción de la capa de vegetación que le sirve de protección a las garrapatas (Alonso *et al*, 2007; Fernández *et al.*, 2005; Maldonado, 2005).

5.4.4. Control inmunológico

En Australia se cuenta con una vacuna comercial llamada "TickGARD®" para el control de garrapatas *B. microplus*. Esta vacuna contiene un antígeno (Bm86) que está situado en la superficie de las células del intestino de la garrapata *B. microplus*. 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, este último estado es el más afectado. 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. En México, se encuentra disponible la vacuna cubana llamada GAVAC® (Laboratorio Revetmex) que contiene el antígeno Bm86 que es producido artificialmente (antígeno recombinante rBm86) y se aplica de forma inyectable. (Alonso *et al*, 2007; Fernández *et al.*, 2005; Maldonado, 2005).

5.4.5. Control legal

El control legal consiste en las disposiciones obligatorias que da el gobierno con el objeto de impedir o retardar la propagación de plagas y enfermedades dentro del país. También se incluyen aquellas disposiciones que regulan la comercialización y el uso de los acaricidas (Báez, 2000).

5.5. Control biológico de la garrapata

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, entomopatógenos, competidores, feromonas naturales y plantas. Este método se está incrementando debido a que ha aumentado la conciencia sobre la seguridad medio ambiental y la salud humana, pero además, debido al incremento del costo del control químico y al aumento de la resistencia de las garrapatas (Alonso *et al*, 2007; Fernández, 2005; Maldonado, 2005; Ojeda *et al.*, 2010).

En los últimos años se ha demostrado que el control biológico podría ser una alternativa para el control de las garrapatas; sin embargo, es necesario realizar más estudios de validación a nivel de campo (Giraldo, 2006).

5.5.1. Depredadores naturales (entomófagos)

Algunas especies de hormigas, *Pheidole megacephala* tienen efecto depredador en la población de garrapatas. También, el ácaro *Anystis baccharum* tiene algún efecto depredador sobre la población de garrapatas. En México, existen algunas garzas y pájaros que se alimentan de garrapatas y tienen un papel importante en el control biológico (Giraldo, 2006).

5.5.2. *Uso de nematodos entomopatógenos*

Se han encontrado resultados positivos en el control de las garrapatas con nematodos pertenecientes a las familias *Heterorhabditidae* y *Steinernematidae* (Rodríguez *et al*, 2011).

5.5.3. *Uso de virus entomopatógenos*

Los virus entomopatógenos pertenecientes a la familia *Baculoviridae*, han recibido mayor atención y alcanzado mayor desarrollo como insecticidas y acaricidas que cualquier otro grupo debido ya que presenta dos características adicionales muy importantes: 1) sólo se han aislado de especies del filo Arthropoda, mayoritariamente de la clase Insecta y Arachnida, lo cual representa un alto grado de bioseguridad, tanto para los seres humanos y otros vertebrados, como para la vida silvestre en general, y 2) tienen una elevada patogenicidad y virulencia para numerosas especies que producen importantes plagas entre ellos las pertenecientes al orden Acarina (Caballero y Urbaneja, 2008; Cabello, 2006).

5.5.4. *Uso de bacterias entomopatógenas*

Bacillus thuringiensis es una bacteria que tiene una acción letal específica sobre cierto tipo de artrópodos que son plagas o transmiten enfermedades y a su vez, resulta inocua tanto para otros artrópodos, como para los humanos y el ambiente en general. Esta bacteria Gram positiva habita en forma natural en el suelo, y cuando pasa a su fase de esporulación produce cristales proteicos llamados *delta endotoxinas*, que tienen propiedades insecticidas y acaricidas contra lepidópteros, coleópteros, dípteros, ácaros, nematodos y protozoarios (Rodríguez *et al*, 2011)

Otras bacterias entomopatógenas que se usan para el control de las garrapatas son: *Cedecea lapagei*, *Escherichia coli* y *Enterobacter agglomerans* (Rodríguez *et al*, 2011).

5.5.5. Uso de hongos entomopatógenos

A pesar de que los hongos fueron los primeros microorganismos encontrados que causaban enfermedades en los artrópodos, han recibido menor atención en su investigación, en comparación con los virus y las bacterias. No obstante, en la década de los años setenta, se demostró que los hongos ocupan un lugar prominente en el control de plagas (Ángeles, 2010).

Los hongos entomopatógenos han demostrado tener potencial para infectar y matar a cualquier artrópodo en alguna de sus fases del ciclo biológico y aunque no producen un efecto inmediato como los productos químicos, una vez establecidos en un ambiente dado, puede sobrevivir, incrementarse, infectar y matar a los bichos. Estos agentes de control biológico son importantes reguladores de artrópodos. Sin embargo, éstos dependen en gran medida de un amplia gama de factores que influyen en su establecimiento y éxito como estrategia de manejo, ya que el desarrollo de enfermedades se lleva a cabo entre el hospedante, patógeno y el ambiente (McCoy *et al.*, 1988; citado por Flores, 2012).

Los hongos entomopatógenos han demostrado poseer buena eficacia para el control de las garrapatas, en condiciones *in vitro*. Existen experiencias en diferentes países utilizando especímenes de los géneros *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillum*, *Rhizopus*, *Fusarium* y *Metarhizium*. Estos invaden a sus hospederos a través del tracto digestivo (ingestivo), espiráculos y otras aberturas naturales y penetran el integumento externo y presentan las siguientes fases de desarrollo sobre los hospederos: germinación, formación de apresorios y estructuras (grampa) de penetración, colonización y reproducción del patógeno (Giraldo, 2006). Los hongos entomopatógenos constituyen un amplio grupo representado por 36 géneros a los que pertenecen cerca de 750 especies, habiéndose registrado hasta el momento, para su uso comercial, sólo cinco especímenes *Beauveria Bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Entomocela*, *Verticillum lecanii* (*Lecanicillium lecanii*) y *Hirsutela* (Valenzuela, 1987; Mayorga, 2007; citados por Ángeles, 2010).

5.5.5.1. Antecedentes de *Lecanicillium lecanii* en el control de plagas

El hongo *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) Zare & Gams, 2001 [= *Verticillium lecanii* (Zimmerman) Viégas], tiene amplia distribución mundial y un gran espectro como agente potencial en el control biológico de diferentes hospederos como áfidos, escamas, coleópteros, dípteros, colémbolos y ácaros. Por esta razón, ha sido estudiado como posible agente de control en diferentes investigaciones (Tanada y Kaya, 1993; citado por Linares, 2010).

Rijo *et al.* (1998; citado por Linares, 2010) realizaron un estudio en la Habana (Cuba) y determinaron la efectividad del biopreparado a base del hongo *V. lecanii* para infectar a los estados parasíticos de *B. microplus*, y encontraron una efectividad entre el 47,5% y el 78,7%. Vitorte *et al.* (2003), citado por Linares (2010) realizaron estudios con biopreparados de *L. lecanii* y encontraron resultados similares. En otro estudio en condiciones *in vitro*, el hongo mostró ser efectivo contra hembras teleoginas de *B. microplus*, especialmente en la concentración 1,25 x 10⁸ conidios/mL, que indujo un 100% de mortalidad, un menor tiempo de supervivencia, y un menor tiempo de oviposición y de eclosión de huevos de teleoginas de *B. microplus* inoculadas (Beltrán *et al.*, 2008; citado por Linares, 2010).

5.5.5.2. Antecedentes de *Metarhizium anisopliae* en el control de plagas

Este hongo se ha empleado en los pastos para el control de plagas tales como *Zulia entrerriana*, *Schistocerca piceifrons*, *Aeneolamia postica* y *Sphenarium spp*; en la caña de azúcar sobre *Aeneolamia postica*, para combatir la broca del café causada por *Hypòtenemus hampei*; así también, sobre ciertas plagas del maíz como *Spodoptera frugiperda*. Existen reportes de aplicaciones de *M. anisopliae* en *Diaphania hyalinata* que es una plaga de melón y sandía. Actualmente, la Universidad de Colima está realizando estudios con *M. anisopliae* para el control de la mosca del cuerno y garrapatas en diferentes zonas del país (Mayorga, 2007).

Galindo *et al.* (2006; citado por Mayorga, 2007) realizaron investigaciones sobre el uso de *M. anisopliae* en el control de la mosca del cuerno *H. irritans* en ganado de carne en el CEIEGT, ubicado en Veracruz, donde encontraron que *M. anisopliae* controló hasta 61% de la población de *H. irritans*.

Souza *et al.* (1999; citados por Linares, 2010) realizaron un estudio *in vitro* empleando *Beauveria bassiana* cepa 986 y *Metarhizium anisopliae* cepa 959 para el control de la garrapata *A. cajennense*. Los resultados obtenidos en fase de huevo fueron mortalidades del 99,7% y 100%, respectivamente. Esto coincide con la investigación desarrollada por Durán *et al.* (2007; citado por Linares, 2010) quienes resaltan que huevos y adultos de *A. cajennense* son más susceptibles a la acción de hongos entomopatógenos. *B. bassiana* + *M. anisopliae* (Granular) presentaron efectividad aceptable en todos los estadios, pero la esporulación no fue posible evidenciarla en adultos. Se expresó invasión activa de hongos a través de la cutícula, por lo que se justifica su empleo en el control de garrapatas.

En un trabajo realizado por Cardona *et al.* (2005; citado por Linares, 2010) en la evaluación *in vitro* de *Metarhizium anisopliae* y *Bauveria bassiana* sobre hembras ingurgitadas de *Dermacentor nitens* (Acaru: Ixodidae), se evaluó la acción acaricida sobre hembras adultas, la ovipostura, la viabilidad de los huevos, los periodos de incubación, la eclosión larvaria y el índice de eficiencia reproductiva de los dos hongos en la fase no parasitaria del *Dermacentor nitens*, y los resultados revelaron diferencias significativas en todas las variables analizadas, lo cual acentúa mucho más los efectos con los tratamientos con *Metarhizium anisopliae*.

M. anisopliae es un hongo que crece de forma natural en los suelos del mundo y ataca a varios artrópodos, actuando como parásito, por ello pertenece a los hongos entomopatógenos. Actualmente, se está utilizando como pesticida biológico para controlar a un gran número de parásitos como: saltamontes, termitas y trips. Su uso en el control del mosquito transmisor de la malaria está bajo investigación (De Bach, 1985; Tenango, 2000; citado por Ángeles, 2010).

Se menciona que este hongo fue reportado por primera vez por Metchnikov en 1987, quien lo aisló a partir del escarabajo *Anisoplia austriaca* y lo nombró *Entomothora anisopliae*, aunque posteriormente pasó a ser *Isaria destructor* y Sorokin lo reclasificó como *Metarhizium anisopliae* (Tenango, 2000; citado por Ángeles, 2010).

Metarhizium anisopliae se ha considerado uno de los agentes más prometedores para el control biológico de plagas en ganado. Estudios in vitro reportan que *M. anisopliae* son altamente contagiosos para las hembras de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae), larvas y ninfas. Además de demostrar una eficiencia en el control de huevos y adultos del 100%, cuando *M. anisopliae* fue utilizado en el laboratorio a una concentración de 10⁸ conidios/ml (Alonso *et al.*, 2007).

5.5.5.3. Antecedentes de *Paecilomyces fumosoroseus* en el control de plagas

En un estudio realizado en Colima por Bazán en el 2004 se encontró que el hongo *Paecilomyces fumosoroseus* es capaz de reducir la incidencia de garrapatas *B. microplus* del ganado bovino en condiciones de campo hasta un 98.8 %.

5.5.5.4. Antecedentes de *Bauveria bassiana* en el control de plagas

En 1835 el italiano Agostino Bassi descubrió un hongo, actualmente conocido como *Beauveria bassiana* atacando al gusano de seda. Bassi fue uno de los pioneros en recomendar patógenos para el control de plagas (Roberts y Yedol, 1971; citado por Flores, 2012). Este hongo es uno de los patógenos más evaluados por su potencial para el control biológico de artrópodos. Más de 700 especies pertenecientes a nueve órdenes, principalmente Lepidoptera, Coleoptera y Acarina han sido reportados como hospederos de *B. bassiana*. Sin embargo, este hongo también se ha encontrado en los áfidos de los cereales, chicharritas y chapulines (Khachatourians, 1992; citado por Barrera, 2010).

Además de tener una amplia distribución geográfica, resulta patogénico a diversos órdenes de insectos (Bustillos y Villacorta, 1994; citado por Flores, 2012). Sin embargo, algunas cepas del hongo muestran mayor especificidad a ciertas especies, por lo que es necesario realizar una selección previa para obtener mayor éxito en su implementación (CATIE, 1996; citado por Flores, 2012).

En Colombia se han aislado entomopatógenos de 22 especies de insectos pertenecientes en su mayoría *Lepidópteros*. En la zona de Urabá en arroz, *B. bassiana* se ha encontrado atacando a *Spodoptera frugiperda* y en cacao sobre *Monalonium sp.* En maracuyá este mismo entomopatógeno afecta ocasionalmente a larvas de *Agraulis junco*; en el cultivo de lulo ataca a adultos de *Leptinotarsa undecemlineata* y en plátano sobre el picudo *Metamasius hemipterus* (Vélez y Benavides, 1990; citado por Flores, 2012).

Los soviéticos han estado trabajando desde los años 50 con el escarabajo colorado de la papa *Leptinotarsa decemlineata* y para su control, usan *B. bassiana* en dosis reducidas de insecticidas químicos; con lo cual, han logrado mortalidades hasta del 92 % durante varios años consecutivos (Ferron, 1978; citado por Flores, 2012).

Ming *et al.* (1990; citado por Flores, 2012) reportan la virulencia de *Beauveria bassiana* sobre seis especies de áfidos asociados a los cereales. Todos estos resultaron susceptibles a la infección por el hongo. Entre estas especies, *Diuraphis noxia* fue la más susceptible; mientras que *Rhopalosiphum padi*, fue la menos susceptible. También mencionan que *B. bassiana* presenta fuerte actividad en mosca blanca y en menor grado en pulgones, chinches, trips, picudos y gusano bellotero y otros gusanos en estado de huevecillo y larvas.

En un estudio realizado en Honduras por Fernández (2006) se reporta que las larvas de *B. microplus* son altamente susceptibles a *B. bassiana* obteniendo mortalidades mayores de 90%.

Por otra parte, Fernández *et al.* (2010) encontraron que *B. bassiana* cepa BbM5J5 resultó altamente infectiva para *B. microplus* triple resistente alcanzando un control sobre el potencial reproductivo de 90% en concentraciones menores a 37×10^6 de conidios/ml.

En México se han realizado algunos estudios tendientes a evaluar la efectividad de *Beauveria bassiana* en diferentes cultivos. Actualmente, se busca aumentar el uso de este entomopatógeno en contra de otras especies; por ejemplo, los estudios realizados por Tenango (2000), citado por Flores (2012) sobre trips en cebolla. El uso de este hongo puede ser alternativa complementaria del MIP contra muchas especies plaga (Pacheco, 2002; citado por Flores, 2012).

5.6. Consorcios Microbianos

Son cuatro los principales factores que han impulsado el desarrollo del uso de microorganismos entomopatógenos para combatir a las diferentes especies de artrópodos plaga: primero, es el aumento descontrolado de las poblaciones de plagas resistentes a ciertos pesticidas químicos; segundo, la seguridad que ofrece al hombre; tercero, el aumento desmedido de la contaminación de suelos, agua y el medio ambiente por el uso inadecuado de insecticidas químicos; y cuarto, la importancia que actualmente han adquirido los conceptos de “Manejo Integral de Plagas” y “La Ganadería Orgánica” (Valenzuela, 1987; Mayorga, 2007; citado por Ángeles, 2010).

5.6.1. *Microorganismos efectivos (EM) y microorganismos de montaña (MM)*

EM es la abreviación que se les ha dado a los Microorganismos Efectivos (Effective Microorganisms), el cual es un cultivo mixto, compuesto por diversos tipos de agentes microbianos, tanto aeróbicos como anaeróbicos que poseen diferentes funciones. Todos estos no son exóticos ni modificados genéticamente; son

obtenidos de ecosistemas naturales, seleccionados por sus efectos positivos y su compatibilidad en cultivos mixtos (Ramos, 1994; Mau, 2006; OISCA, 2009; Yépez *et al.*, 2002)

Muchos de estos microorganismos comúnmente son usados en la producción de alimentos como yogurt, vino, cerveza, pan, queso, salsa de soja, etc. Los EM han sido aprobados por una de las entidades certificadoras de alimentos orgánicos más estrictas del mundo como es la de los Agricultores Orgánicos Certificados de California (CCOF) (Yépez *et al.*, 2002).

Los EM fueron desarrollados por el Dr. Teruo Higa, Profesor de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. En un inicio se creó como un inoculante microbiano para incrementar la cantidad de microorganismos benéficos y la diversidad microbiana en el suelo y de esta manera mejorar la salud y calidad del mismo, dando como resultado un aumento en el crecimiento, producción y calidad de los cultivos. Hoy en día, aparte de emplearse como acondicionadores de suelos, también son utilizados en la industria de procesamiento de alimentos, agricultura, ganadería, fábricas de papel, mataderos, salud, entre otros. Los EM son usados en los 5 continentes, en más de 60 países, haciendo parte de la estrategia gubernamental de desarrollo sostenible de varias naciones (Ramos, 1994; Mau, 2006; OISCA, 2009; Yépez *et al.*, 2002).

Actualmente, existe una mezcla de microorganismos efectivos comercial, llamado EM-1, el cual es un producto madre en estado latente, compuesto por unas 80 especies distintas de microorganismos, repartidas entre bacterias fototróficas, bacterias lácticas, actinomicetos, levaduras y hongos (OISCA, 2009; Yépez *et al.*, 2002).

Vale la pena mencionar que existen varios tipos de formulaciones EM dependiendo del campo de acción al cual se destine (OISCA, 2009; Yépez *et al.*, 2002). Para el control de la garrapata se han hecho estudios con la utilización de EM-5, el cual es un producto que se obtiene del producto madre EM-1, a través de una serie de procesos.

Por otra parte, existen formulaciones locales de consorcios microbianos, también conocidos como “Microorganismos de Montaña”, compuestos por diversos tipos de microorganismos nativos, que coexisten entre si y cumplen con diferentes funciones. Estos productos son completamente naturales y para su obtención, existen diferentes métodos de captura y multiplicación (Aldea Verde, 2015; Cantor, 2010).

5.6.2. Tipos de microorganismos presentes en los Consorcios Microbianos

- 1) Bacterias Fototróficas. Son autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes (Aldea Verde, 2014).

- 2) Bacterias Ácido Lácticas. Estas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Dentro de este grupo están las siguientes especies (Aldea Verde, 2014):

- *Azospirillum brasilense*: Estimula el crecimiento de las plantas con la producción de fitohormonas reguladoras como: auxinas, citocininas y giberelinas. -
- *Pseudomonas fluorescens*: biocontrol en la rizosfera.
- *Rhizobium*: Bacteria fijadora de nitrógeno.
- *Lactobacillus subtilis*: Biorremediador. -
- *Azotobacter chococum*: promotora del crecimiento vegetal.
- *Bacillus megaterium*: promueve el crecimiento vegetal y el desarrollo de las plantas.
- *Bacillus thuringiensis*: Biopesticida. Producción de bacteriocinas.

3) Hongos benéficos y controladores de plagas. Ayudan a combatir plagas y a prevenir enfermedades en plantas y animales. Dentro de este grupo están las siguientes especies (Aldea Verde, 2014):

- *Paecilomyces lilacinus*: Bionematicida. Ayuda a solubilizar el fosforo.
- *Metarhizium anisopliae*: Biopesticida. Contra desfoliadores y causa enfermedades a diversos insectos entre estos tenemos a las garrapatas.
- *Gliocladium catenulatum*: Contra Botritis, Rhizoctonia y Phitum.
- *Trichodermas*: Harzianum, Viride, Lingnorum, Asperellum, ssp.
- *Verticillum lecanii*: Biopesticida. contra mosca blanca, pulgón, cigarras, acaros.
- *Beauveria bassiana*: Biopesticida. Contra coleópteros, chinche, picudo, broca del café, callonia, acaros.
- *Trichoderma Lignorum*: Biorremediador, inhibidor del crecimiento del hongo patógeno.

4) Hongos de fermentación. Aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica. En este grupo está algunas especies del género *Aspergillus*. Todos estos reducen coliformes fecales y *Esterichia coli* (Aldea Verde, 2015).

- 5) Hongos endomicorrizicos. Su función principal es la de facilitar a la planta la adquisición y la absorción de fósforo. Sin embargo, estos hongos procuran otros beneficios a las plantas, tanto a escala poblacional como de comunidades: mejoran la adquisición y la absorción del nitrógeno y del cobre; limitan la absorción de metales pesados tóxicos como el cinc y el cadmio; mejoran el flujo de agua, que es defensa contra herbívoros, o alteran las interacciones con ellos; acrecientan la resistencia contra agentes patógenos y, por consiguiente, aumentan la adecuación de las plantas, su supervivencia, su fecundidad y su comportamiento.

Las especies vegetales que forman micorrizas presentan una fisiología y una ecología diferentes de aquellas que no forman esta asociación, y se considera a la asociación micorrícica como uno de los factores promotores de la diversidad vegetal, al facilitar el establecimiento de las plantas. Además, estos hongos mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo: lo estabilizan para la formación de agregados, el enriquecimiento en materia orgánica, la rehabilitación de suelos que contengan metales pesados, entre otras. Como parte de la cadena trófica, las hifas de estos hongos son consumidas por animales del suelo, como los nematodos. Asimismo, las hifas constituyen una parte importante de la biomasa del suelo. Algunas especies que pertenecen a este grupo son (Aldea Verde, 2014):

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| - <i>Gigaspora margarita</i> | - <i>Glomus mosseae</i> |
| - <i>G. clarum</i> | - <i>G. desertícola</i> |
| - <i>G. etunicatum</i> | - <i>G. brasilianum</i> |
| - <i>G. intraradices</i> | |

- 6) Levaduras. Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las

levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto. En este grupo podemos encontrar diversas especies de levaduras pertenecientes al género *Saccharomyces* (Aldea Verde, 2014).

5.6.3. *Ventajas y desventajas del uso de Microorganismos*

A continuación, González (2004), menciona las principales ventajas del uso de microorganismos en el control de plagas:

- **Especificidad:** parasitan sólo una especie, o un grupo de especies muy relacionadas, sin afectar especies que no son plaga ni a los enemigos naturales.
- **Persistencia:** si el entomopatógeno encuentra las condiciones adecuadas para parasitar a su hospedero, se reproduce y renueva continuamente, haciendo innecesarias nuevas aplicaciones. El uso de microorganismos presenta ciertas ventajas por sobre los acaricidas químicos dado que se mantienen vivos en el ambiente mientras los factores de humedad y temperatura sean los adecuados. Convirtiéndose en fuente de inóculo para sucesivas generaciones.
- **Inocuidad ambiental:** no contaminan el medio ambiente ni afectan la salud del hombre y otros animales y no dejan residuos en los alimentos.
- **Pueden producirse localmente:** posibilidades de multiplicación y conservación en condiciones rentables.

Por otro lado, González (2004), también menciona las principales desventajas de los microorganismos en el control de plagas:

- **Factores ambientales:** son sensibles a temperaturas extremas, desecación y luz ultravioleta. Estas limitantes están siendo contrarrestadas mediante el uso de aditivos (protectores solares, aceites, antidesecantes) y el uso de bodegas para su almacenamiento.

Doberski (1981a), citado por Delgado *et al.* (2011) realizó ensayos para determinar el efecto de la humedad y temperatura en hongos entomopatógenos, encontrando que *Paecilomyces farinosus* y *Beauveria bassiana* infestaron a temperatura de 2 °C contrario a *Metarhizium anisopliae* que no tiene efectividad por debajo de los 10 °C, concluyendo que los hongos actúan de manera significativa a temperaturas de 15 a 20 °C pero la óptima es de 25 °C, hallando similitud con los resultados de Hallsworth y Magan (1999), citado por Delgado *et al.* (2011) quienes afirman que los rangos de temperatura para el crecimiento óptimo de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces farinosus* son de 25, 30 y 20 °C, respectivamente. De igual manera Doberski (1981a), citado por Delgado *et al.* (2011) evaluó humedades relativas que variaron desde el 51 al 100%, hallando que *Paecilomyces farinosus* no tiene efecto en bajas humedades contrario con los otros dos hongos.

- **Almacenamiento:** requieren condiciones de almacenamiento más exigentes que las moléculas inorgánicas. En años recientes, se han reportado periodos de almacenamiento de 7 años, conservando su viabilidad y capacidad infectiva.
- **Menor velocidad de acción:** los biopesticidas no matan al instante. Alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas, después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del medio ambiente.

5.6.4. Uso de Consorcios Microbianos en el control de garrapatas

EM-5 es el nombre que se le da a la formulación de Microorganismos Efectivos del Dr. Higa que se usa especialmente para el control de plagas y enfermedades de las plantas y ectoparásitos de los animales (OISCA, 2009).

En Colombia y en algunos países de Centroamérica se ha obtenido un buen control de las garrapatas aplicando a contrapelo una solución de EM-5 al 5 % (500 ml de EM-5 cada 10 L de agua) (OISCA, 2009).

En un estudio realizado por Ramos y Cabezas (1994) para determinar el efecto de EM en el control de garrapatas (*Boophilus microplus*) en ganado bovino utilizaron tres lotes de animales cruzados de 15 meses de edad (cinco animales por lote) los cuales fueron rociados seis veces de octubre a diciembre con EM5 utilizando bombas de mochila con capacidad de 20 l. Durante la aplicación, cada animal recibió tres litro de solución EM5 disuelta con agua, ya sea de 50% o 30%. Encontraron que dentro de los primeros 60 días después de la aplicación del EM5, hubo una reducción significativa en el número de garrapatas hembra hinchadas. A finales de diciembre, el EM5 al 30% mostró un control eficaz de las poblaciones de garrapatas y una reducción en el costo. Al principio, el lote de testigo no tratado contenía infestaciones medias a altas. Los resultados de las aplicaciones de EM5 fueron comparables a los plaguicidas piretroides convencionales utilizados para controlar garrapatas. Las aplicaciones de la solución EM5 al 30% (a intervalos de 15 días) lograron reducir significativamente el costo de control de las garrapatas en comparación con dos aplicaciones de piretroides. También observaron que el EM5 era eficaz en el control de la infestación de moscardones (*Dermatobia sp*).

En otro estudio realizado en la universidad de EARTH por Taylor (2008), evaluó el efecto de EM en el control de garrapatas (*Boophilus microplus*) en ganado bovino híbrido (Holstein x Brahaman y Jersey x Brahaman). Para esto se designaron al azar cuatro grupos de seis vacas cada uno, a los cuales se les asperjó cada 15 días cinco tratamientos diferentes (Grupo 1: EM5 al 1%, Grupo 2: EM5 al 2%, Grupo 3: EM5 al 2% + 1% aceite vegetal, Grupo 4: EM5 al 2% + 2% aceite vegetal, Grupo 5: Butox (garrapaticida de invervet)), seguidamente después de cada aplicación se procedió a realizar el conteo del número garrapatas sobre los animales. Los resultados obtenidos de esta investigación también mostraron que los tratamientos a base de EM5 ejercen un control significativo sobre las poblaciones de garrapatas como muestra a continuación en la figura 2.

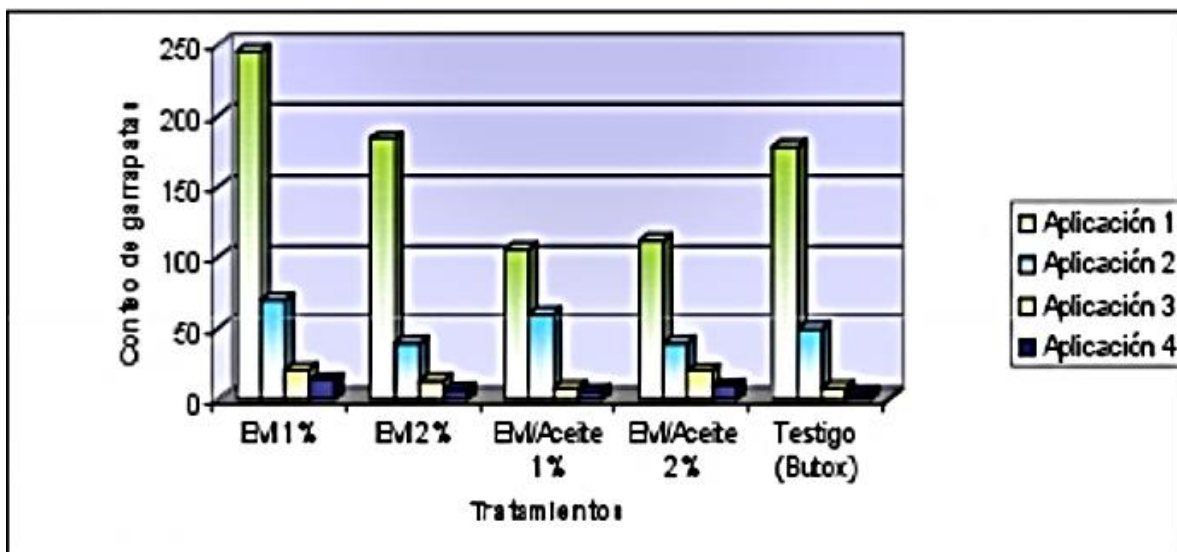


Figura 3. Conteo de garrapatas antes de cada aplicación de EM5 y Butox en LA FPI de la universidad de EARTH.

Fuente: Taylor, 2008.

5.6.5. *Mecanismos de acción de los microorganismos sobre la garrapata*

Para el caso de los hongos entomopatógenos, la infección puede darse en cualquier etapa del desarrollo de la garrapata, siendo la cutícula el principal punto de contacto, la cual es la primera barrera física con la que se encuentran los hongos al momento de la adhesión de las esporas. En la mayoría de los casos, la infección ocurre por la penetración directa del tubo germinativo al integumento. En condiciones adecuadas, puede suceder dos días después del contacto de los conidios con el cuerpo de la garrapata y a medida que va penetrando, la quitina es disuelta o digerida (Cole y Kendrick, 1981; Roberts, 1981; citado por Flores, 2012).

Los conidios entran en contacto con el hospedante, se adhieren a la cutícula e inician la germinación. Este proceso es favorecido por la presencia de agua, ácidos grasos, nutrimentos en general y el estado fisiológico del hospedante, además de la tolerancia a cualquier tóxico, como son los compuestos fungistáticos (fenoles y quinonas) para después culminar con la penetración a la cutícula (Roberts, 1981; Tanada y Kaya, 1993; citado por Flores, 2012).

La penetración es un proceso tanto mecánico como enzimático, la cual inició en puntos de penetración producidos a partir del apesorio o por la entrada directa de los tubos germinativos. Una vez que el hongo invade el hemocele, el hospedero puede morir por algunas combinaciones de daños mecánicos producidos por el incremento del hongo, la disminución de los nutrientes y por la acción de sustancias tóxicas (Hajek y Leger, 1994; citado por Flores, 2012).

Los plasmotocitos, hormonalmente dispersados en la hemolinfa, se acumulan alrededor del hongo invasor (cuerpos hifales) y dan lugar a una melanización; en este caso, la infección puede ser bloqueada y el insecto continúa su desarrollo normal, o bien, el micelio puede también atravesar esta barrera hemocítica e invadir el resto del organismo (Ferron, 1978; citado por Flores, 2012).

Roberts (1986), citado por Téllez (2009) indica que el proceso de desarrollo de una enfermedad fungosa básicamente puede ser considerado en 10 etapas:

- 1) Fijación o acceso de la unidad infectiva (puede ser espora o conidio)
- 2) Germinación de la unidad infectiva
- 3) Penetración en el huésped
- 4) Desarrollo del hongo en el hemocele de la garrapata
- 5) Producción de toxinas con gran acción acaricida.
- 6) Difusión del huésped
- 7) Desarrollo extensivo en los órganos del huésped
- 8) Penetración continua de hifas en la cutícula y avance hacia al exterior
- 9) Producción de unidades infectivas en la cutícula
- 10) Dispersión de unidades infectivas del huésped

Por otra parte, las bacterias entomopatógenas producen cristales proteicos llamados *delta endotoxinas*, que tienen propiedades acaricidas. Cuando estos cristales son ingeridos por la garrapata llega a su intestino y se disuelve por la acción de los jugos intestinales a pH alcalino. La delta endotoxina sufre una proteólisis enzimática y da origen a la toxina activa. Esta se une a un receptor específico de las membranas epiteliales de las células del intestino, origina poros que desequilibran su balance osmótico y provoca así el rompimiento de la membrana celular (*lisis*) de esa parte del aparato digestivo, lo que causa la muerte de las garrapatas (Whelan, 2002).

En un estudio realizado por Cuenca en el año 2010, utilizando consorcios microbianos del Dr. Teruo Higa “EM-5”, pudo observar que el control de plagas que ejercen se basa fundamentalmente en tres aspectos:

- En los consorcios microbianos se crean condiciones que mejoran las actividades antagónicas de los microorganismos entomopatógenos que se encuentran presentes en estos.

- Se favorece el aumento de poblaciones de los organismos entomófagos (insectívoros) presentes en el ambiente.
- Actúa como repelente de insectos a través de la creación de una barrera desagradable para ellos.

Según Taylor (2008) a través de sus observaciones directas de las garrapatas en estado de ninfa después de la aplicación de EM-5 y al microscopio de disección sugiere lo siguiente:

- El efecto del EM se da principalmente en las garrapatas en el estadio de ninfa. El EM parece generar un proceso de deshidratación de las ninfas las cuales terminan por caerse de la piel de la vaca.

Esto se puede atribuir a los procesos infecciosos, toxinas y enfermedades que producen los microorganismos entomopatógenos de los consorcios sobre las garrapatas (Roberts, 1986; citado por Téllez, 2009).

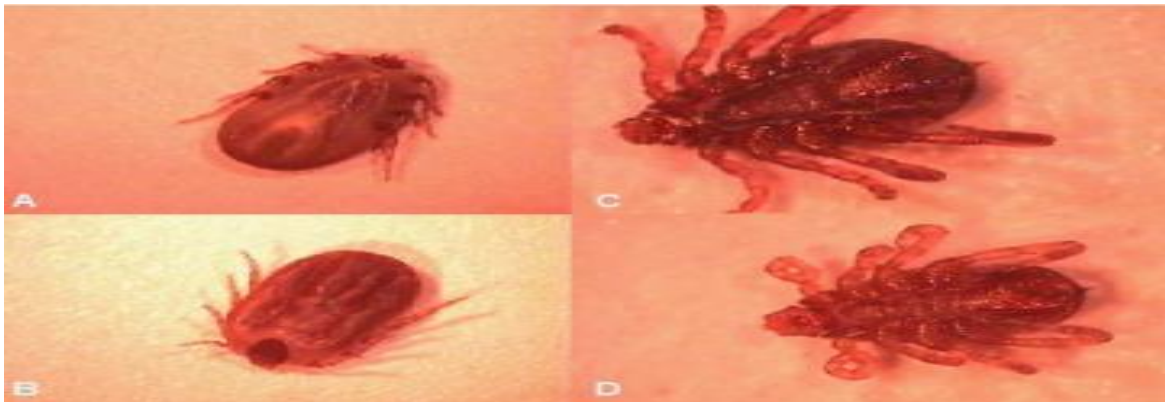


Figura 4. Efecto de deshidratación del EM sobre *B. microplus*.

Fuente: Taylor 2008.

5.7. Manejo integrado de garrapatas (MIG)

De acuerdo con Hernández (2005) el conocimiento de las especies que están parasitando el ganado y del ciclo de vida es de vital importancia para la toma de decisiones sobre su control y sobre las medidas a implementar. El control de las garrapatas ha sido una práctica común dentro del manejo rutinario del ganado mediante la aplicación de tratamientos garrapaticidas, existiendo gran variedad de modalidades en cuanto a los productos utilizados y a las formas de aplicación de estos productos. En muchos casos han sido usados sin obedecer a una directriz técnica, lo que ha traído como consecuencia el desarrollo de cepas de garrapatas resistentes, especialmente de *B. microplus*. Debido al desarrollo de resistencia en las garrapatas y también por factores de tipo ecológico y económico se ha comenzado a incorporar un concepto diferente en el control de garrapatas conocido como el control a través del Manejo Integrado de Garrapatas (MIG).

MIG es una estrategia de planificación técnica dirigida con el propósito de mantener un nivel mínimo y económicamente admisible de garrapatas sobre el animal. Para *B. microplus* este es no mayor de 20 garrapatas de un tamaño de 4 mm en adelante, contadas de un solo lado del animal (Hernández, 2005). Con fines exclusivamente didácticos los recursos se clasifican en:

- a) Recursos en el bovino: Su utilización persigue obtener una disminución de la población de garrapatas directamente en el bovino. Entre estos tenemos los tratamientos garrapaticidas, la Incorporación de razas de ganado resistente a las garrapatas y las vacunas contra garrapatas.
- b) Recursos en el medio ambiente: Tiene como objetivo disminuir la población de garrapatas fuera del hospedador mediante la aplicación de recursos que conlleven bien sea a distanciar el tiempo de encuentro de la garrapata con su hospedador bovino o para lograr una modificación de las condiciones del microhabitat de las garrapatas. Esta condición del microhabitat para

disminuir la población de garrapatas se logra debido a la gran sensibilidad de los diversos estadios evolutivos de la garrapata, especialmente las larvas, a cambios microclimáticos en su hábitat tales como la temperatura, humedad y déficit de saturación. Entre estos recursos se tienen la rotación sistemática de potreros, quema dirigida de potreros, riego por inundación, labores de preparación y/o conservación de potreros y el uso de plantas que poseen acción contra garrapatas.

- c) Otros recursos: Entre otros recursos se tiene el control con hospedadores alternativos de garrapatas, la utilización de depredadores y entomopatógenos de las garrapatas como bacterias, hongos, protozoos o virus y la utilización de modelos de simulación computarizados de dinámicas poblacionales de garrapatas.

6. MARCO DE REFERENCIA

La fase de campo se realizó en 3 ranchos con sistema de producción de bovinos de doble propósito, ubicados en la zona norte del estado de Veracruz en los municipios de Cazonos y Papantla. El trabajo comprendió un periodo de 3 meses, que va del 5 de enero al 29 de marzo del 2015.

6.1. Características del lugar

El municipio de Cazonos pertenece a la Huasteca Veracruzana, se ubica a 20° 42' latitud norte y 97° 18' longitud oeste, a 10 msnm. Colinda al norte con Tuxpan; este con el Golfo de México; sur con Papantla y oeste con Tihuatlán. Ocupa 0.38% de la superficie del estado. Su clima es cálido regular, con temperatura promedio de 25 °C y precipitación pluvial media anual de 2 mil mm. Su suelo es de tipo Regosol (76%), Phaeozem (14%), Vertisol (4%), Cambisol (2%) y Gleysol (1%).

Por otra parte, el municipio de Papantla pertenece a la región Totonaca y se ubica en la Sierra Papanteca, en las coordenadas 20° 27" latitud norte y 97° 19" longitud oeste, a una altura de 180 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Cazonos de Herrera y el golfo de México; al este con Tecolutla y Gutiérrez Zamora; al sureste con Martínez de la Torre; al sur con el Estado de Puebla; al oeste con Espinal, Coatzintla y Poza Rica; al noroeste con Tihuatlán. Tiene una superficie de 1,199.26 Km², cifra que representa 1.65% total del Estado. Su clima es cálido regular, con temperatura media anual de 20.8 °C, abundantes lluvias en verano y principios de otoño, con precipitación media anual de 1,186.8 mm. Su suelo es de tipo regosol (67%), vertisol (15%), phaeozem (10%) y cambisol (5%).

6.2. Características de los animales

Se trabajó con vacas de tipo cruza, principalmente suizo x cebú y holstein x cebú. Estas se manejaban en sistemas de producción de doble propósito bajo pastoreo, con una dieta suplementaria, minerales y agua.

6.3. Características de los tratamientos

En el domicilio del Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz, ubicado en el ejido de San Pablo, Papantla, Veracruz, se llevó a cabo la reproducción de tres Consorcios Microbianos (CM), mismos que se utilizaron para la fase experimental de la investigación y son:

- 1) Consorcio Microbiano Tabasco 2: Formulación pura de microorganismos efectivos (EM-1^{MR}) del Dr. Higa, compuesta por 80 especies de microorganismos positivos.
- 2) Consorcio Microbiano Tabasco 0: Formulación de microorganismos efectivos (EM-1^{MR}) del Dr. Higa, diluida con 50% de pureza.
- 3) Consorcio Microbiano Loxicha: Formulación local de Microorganismos de Montaña obtenida de la región Loxicha, Oaxaca. Está compuesto por 75% de microorganismos neutrales, 15% de microorganismos negativos y 10% de microorganismos positivos. En este producto predominan los hongos.

Los consorcios se contenían en bidones individuales de 200 litros. Estos estaban destapados para evitar la acumulación del gas y se aislaban en una bodega para protegerlos de la lluvia y la radiación solar. Para alimentarlos se les proporcionaba cada 15 días, 1 litro de leche entera, 1/2 litro de melaza y 1 kg de harina de maíz. Posteriormente se dejaban reposar por 7 días, para poder utilizarlos. Los microorganismos entomopatógenos que se han identificado en los consorcios microbianos son: ***Metarhizium anisopliae***, ***Bauveria bassiana***, ***Bacillus subtilis***, ***Lecanicillium lecanii***, ***Paecilomyces fumosoroseus***, ***Trichoderma spp.***, ***Bacillus thuringiensis*** (Aldea Verde, 2014).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales

Los materiales que se ocuparon durante la realización del experimento son los siguientes:

- Consorcio microbiano Tabasco 2.
- Consorcio microbiano Loxicha.
- Bomba aspersor de mochila.
- Agua.
- Cajas Petri
- Computadora.
- Consorcio microbiano Tabasco 0.
- Acaricida químico.
- Aceite vegetal.
- Cámara fotográfica.
- Cuaderno
- Pluma.

7.2. Diseño experimental y modelo estadístico

El estudio se realizó de enero a marzo del 2015 en los municipios de Papantla y Cazones, ambos pertenecientes a la zona norte del estado de Veracruz. El experimento se implementó en tres unidades de producción con bovinos de doble propósito (Genotipos: Holandocebú y Suizbú). Para esto se designaron al azar cuatro grupos de cinco vacas cada uno, a los cuales se les asperjó cada 15 días cuatro tratamientos diferentes. Además, antes de realizar cada aplicación se contó el número de garrapatas adultas presentes en un solo lado del animal (días 0, 15, 30, 45 y 60).

Grupo 1: Cinco vacas tratadas con Consorcio Microbiano Tabasco 2.

Grupo 2: Cinco vacas tratadas con Consorcio Microbiano Tabasco 0.

Grupo 3: Cinco vacas tratadas con Consorcio Microbiano Loxicha.

Grupo 4 (Testigo): Cinco vacas tratadas con acaricida químico (Bovitraz^{MR}).

Por lo tanto, el diseño experimental fue en parcelas divididas y para la evaluación los datos se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \pi_i + \text{Rep}(\pi)_{j(i)} + P_k + \pi P_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable de respuesta (carga parasitaria) correspondiente al i-ésimo nivel de consorcio microbiano, j-ésima repetición y k-ésimo periodo.

μ = Media general.

π_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (consorcios microbianos).

$\text{Rep}(\pi)_{j(i)}$ = Error experimental o error asociado a Y_{ij} . $E_{ij} \sim \text{NI}(\mathbf{0}, \sigma_E^2)$.

P_k = Efecto del k-ésimo periodo de medición.

πP_{ik} = Efecto de la interacción πP .

E_{ijk} = Error de sub-parcela o error asociado a Y_{ijk} . $E_{ij} \sim \text{NI}(\mathbf{0}, \sigma_{SP}^2)$.

7.3. Conteos de garrapatas

El conteo de garrapatas adultas repletas, de 4.5 a 8.0 mm (Wharton y Utech, 1970) se realizó en los 4 grupos de vacas de cada rancho en un total de 5 periodos (días 0, 15, 30, 45 y 60). Dichos conteos se hacían antes de aplicar los tratamientos. Para obtener el número de *B. microplus* se dividió longitudinalmente a cada vaca con una línea imaginaria y seguidamente, se procedió a realizar el conteo de las garrapatas adultas repletas (4.5-8.0 mm) presentes en un solo lado del animal (derecho o izquierdo). Cabe señalar que se utilizaron las claves de Rodríguez y Cob (2005) para la identificación de las garrapatas *B. microplus*.

7.4. Aplicación de los tratamientos

El proceso de preparación y aplicación de los consorcios microbianos se explica a continuación:

- 1) Los tratamientos biológicos se formularon a una dosis de 5% y se aplicaron 3 litros de solución por cada vaca. Para esto, en una mochila aspersora con 20 litros de capacidad, se vertieron 14.1 litros de agua (94%), 150 ml de aceite vegetal (1%) y 750 ml de consorcio microbiano (5%), completando un total de 15 litros de solución para tratar a las 5 vacas del grupo correspondiente. Cabe señalar que el aceite vegetal se añade a la solución únicamente para fijar el tratamiento sobre la piel de los animales.
- 2) Con el apoyo de una vara se homogenizaron los componentes de la solución y se procedió con la de aplicación.
- 3) La frecuencia de aplicación fue de cada 15 días, realizándose un total de 5 baños durante el periodo de enero a marzo (días 0, 15, 30, 45 y 60).
- 4) Las vacas fueron tratadas por las mañanas, entre las 8 y las 10 horas para evitar los efectos de la luz solar (Polar *et al.*, 2005; citado por Ángeles, 2010).

Por otro lado, a las vacas del grupo testigo se les aplicó una solución de agua y acaricida químico (Bovitraz^{MR}). Para la preparación del tratamiento se utilizó una mochila aspersora con capacidad de 20 litros, en la cual se vertió el producto químico a una dosis de 2 ml por cada litro de agua (de acuerdo a las indicaciones del fabricante) y se asperjaron 4 litros de la solución por cada vaca. La frecuencia de aplicación fue de cada 15 días al igual que en los productos biológico (días 0, 15, 30, 45 y 60).

7.5. Análisis estadístico de los datos

Para este punto se utilizó el software “SAS 9.3”, con el cual se realizó la comparación estadística de los datos recabados de cada conteo de *B. microplus* (día 0, 15, 30, 45, 60), que se realizaron en los cuatro grupos de vacas del experimento. Se utilizaron pruebas de “Tukey” en cada momento de medición para determinar si hubo efectos significativos entre los tratamientos.

8. RESULTADOS Y DISCUSION

Es importante indicar que durante el experimento no se presentaron reacciones locales o sistémicas en los grupos de animales tratados con microorganismos.

En la figura 5, se presenta la carga parasitaria inicial de garrapatas (*B. microplus*) que se registró durante el primer conteo en los cuatro grupos de animales de cada rancho. Según Hernández (2005), la carga mínima y económicamente admisible de *B. microplus* es de 20 garrapatas adultas repletas de un tamaño de 4.5 – 8.0 mm, contadas de un solo lado del animal. A partir de este nivel se recomienda realizar prácticas de control contra las poblaciones de este ectoparásito. De acuerdo con lo anterior, el promedio de *B. microplus* registrado en cada grupo de vacas del rancho 1 (figura 5), está por debajo de dicho parámetro, mientras que en los ranchos 2 y 3 los niveles de infestación, indican que en estas unidades de producción es necesario implementar un plan de manejo adecuado contra la garrapata *B. microplus*.

Los niveles de infestación de *B. microplus* que se registraron entre cada rancho al inicio del experimento fueron diferentes. De acuerdo con otros estudios, esto se puede atribuir a diversos factores, como, la altitud a la que se encuentran las unidades de producción, a la abundancia de hospederos o número de animales por unidad de superficie (carga animal), así también, a las prácticas de control que ejercen los productores sobre las poblaciones de garrapatas (Guerrero *et al.*, 1986; Álvarez *et al.* 2007; Maldonado, 2005; Ángeles, 2010). Cabe mencionar, que aun conociendo el nivel de infestación presente en el rancho 1 se continuó con la aplicación de los tratamientos con fines experimentales.

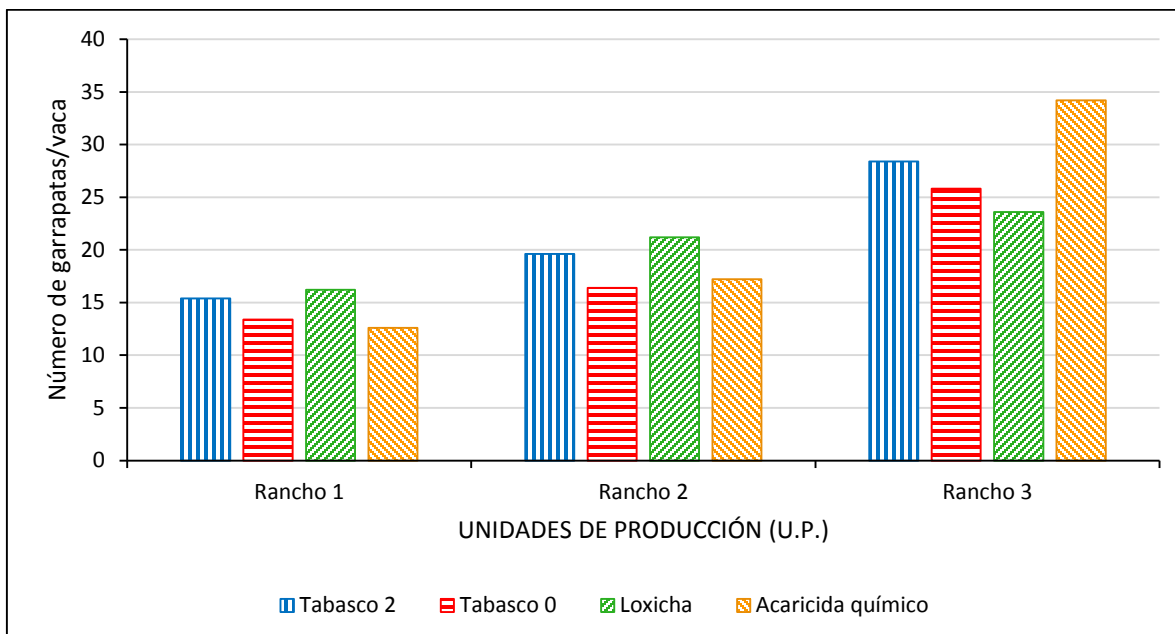


Figura 5. Promedio de las cargas parasitarias iniciales de garrapatas *B. microplus* registradas en cada unidad de producción.

En la Figura 6, se puede observar interacción significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos y días de conteo de los promedios de garrapatas/vaca. Esto significa que los resultados obtenidos en este experimento se sustentan con nivel de confianza de 95%.

Las cargas parasitarias que se registraron durante cada conteo en los tres grupos de animales tratados con productos biológicos (Tabasco 2, Tabasco 0 y Loxicha), por lo general, fueron mayores ($P < 0.05$) en comparación con los resultados del acaricida químico. Especialmente a los 30, 45 y 60 días de conteo de garrapatas (Figura 6). De acuerdo con Gonzales (2004), esto se puede atribuir a la menor velocidad de acción de los biopesticidas y a los efectos adversos del medio ambiente sobre de los microorganismos. La incidencia de lluvias en la región durante los meses del estudio, pudo propiciar que cierta parte de los tratamientos biológicos se haya lavado y por consecuencia, verse reflejado en los resultados obtenidos.

Aunque el trayecto en las líneas de conducta de los tratamientos sea semejante (Figura 6), es importante mencionar que cada uno de estos mostró un grado de control diferente contra la garrapata *B. microplus* ($P < 0.05$). Esto se debe a que existieron diferencias significativas en los promedios de garrapatas/vaca que se registraron entre los cuatro tratamientos durante cada conteo (Cuadro 3). En el año 2008, Taylor obtuvo resultados similares al evaluar los efectos de cuatro tratamientos a base de microorganismos efectivos (EM) y un acaricida químico sobre las cargas parasitarias de garrapatas (*Boophilus microplus*), al observar diferentes niveles de control que ejercidos por cada tratamiento del experimento.

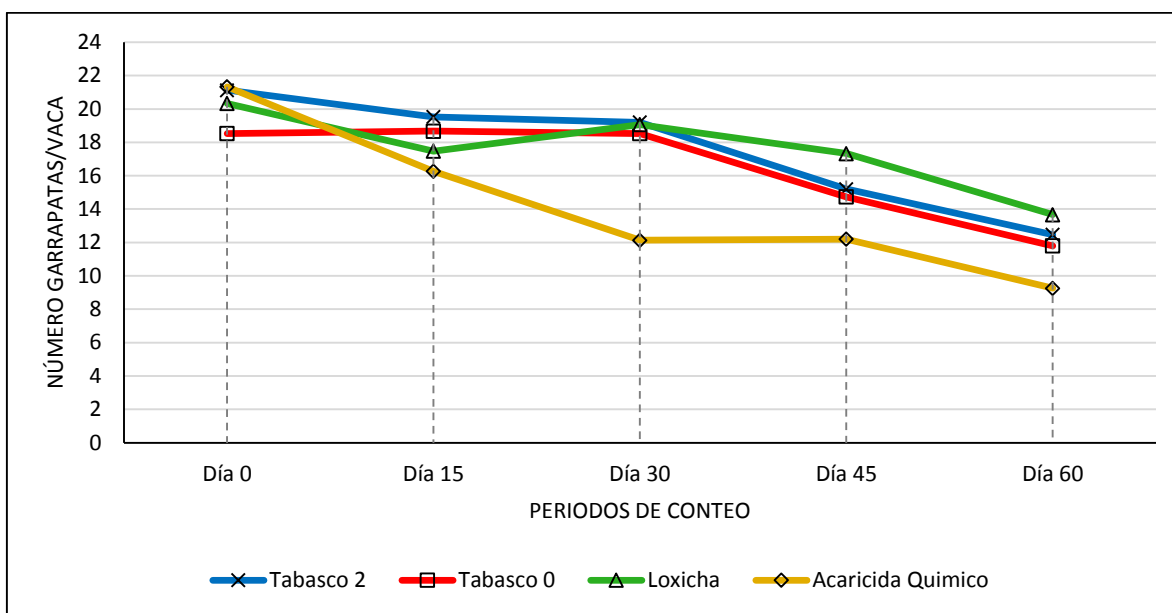


Figura 6. Promedio de garrapatas/vaca registradas durante los 5 conteos sobre los cuatro grupos de ganado bovino del experimento.

Para determinar el grado de control ejercido por cada tratamiento sobre la carga parasitaria de *B. microplus*, se evaluaron ciertas características de comportamiento, como son: la velocidad de reducción y el porcentaje de eficacia.

A partir de las líneas de conducta de la figura 6 y con el apoyo del programa Excel, se trazó la recta de tendencia y la ecuación lineal de cada tratamiento, para obtener los valores de las pendientes (Figura 7). De acuerdo con la ecuación lineal de la

recta $y = m x + b$, “m” representa a la pendiente, además, este valor es igual a la tangente del ángulo de inclinación de la recta de tendencia con respecto al eje de las abscisas ($m = \tan \alpha$). Entonces, para calcular el valor real del ángulo de inclinación de cada recta de tendencia, basta con sustituir el valor de la pendiente (m) en la fórmula $\alpha = \text{Tan}^{-1}(m)$. Por otra parte, si en la fórmula matemática de la pendiente $m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$, se sustituyen las coordenadas de los dos puntos extremos de las rectas de tendencia, se puede obtener el número de **garrapatas/día** que reduce cada tratamiento. Por lo tanto, queda comprobado que la pendiente de la recta está relacionada con la velocidad de reducción de los tratamientos.

En la Figura 7, se puede observar que las rectas de tendencia de los tratamientos representan a funciones decrecientes, cuyas pendientes (m) son negativas. Por lo tanto, en este experimento el valor de las pendientes expresará la reducción de garrapatas/día que ejerce cada tratamiento. De acuerdo con lo anterior, el acaricida químico parece ser el tratamiento que actúa más rápido sobre la garrapata *B. microplus* por poseer una pendiente de -2.82 o dicho de otra manera, logró reducir 2.82 garrapatas al día; seguidamente está el Consorcio Microbiano Tabasco 2 con un nivel de reducción de 2.16 garrapatas/día; el tercer lugar es para el Consorcio Microbiano Tabasco 0 con un manejo de 1.74 garrapatas/día y por último el Consorcio Microbiano Loxicha con 1.34 garrapatas/día ($P < 0.05$).

Para comprobar los resultados obtenidos anteriormente, se calculó el ángulo de inclinación de la recta de tendencia de cada tratamiento aplicando la fórmula $\alpha = \text{Tan}^{-1}(m)$. También se utilizó el siguiente criterio de evaluación: “a menor ángulo de inclinación de la recta, menor velocidad de reducción del tratamiento”. De acuerdo con lo anterior, el acaricida químico resultó ser nuevamente el tratamiento más veloz para el manejo de la garrapata *B. microplus*, ya que su recta de tendencia tuvo un ángulo de inclinación de 70.5° , en segundo lugar está el Consorcio Microbiano Tabasco 2 con 65° , posteriormente el Consorcio Microbiano Tabasco 0 con 60° y por último el Consorcio Microbiano Loxicha con 53° ($P < 0.05$).

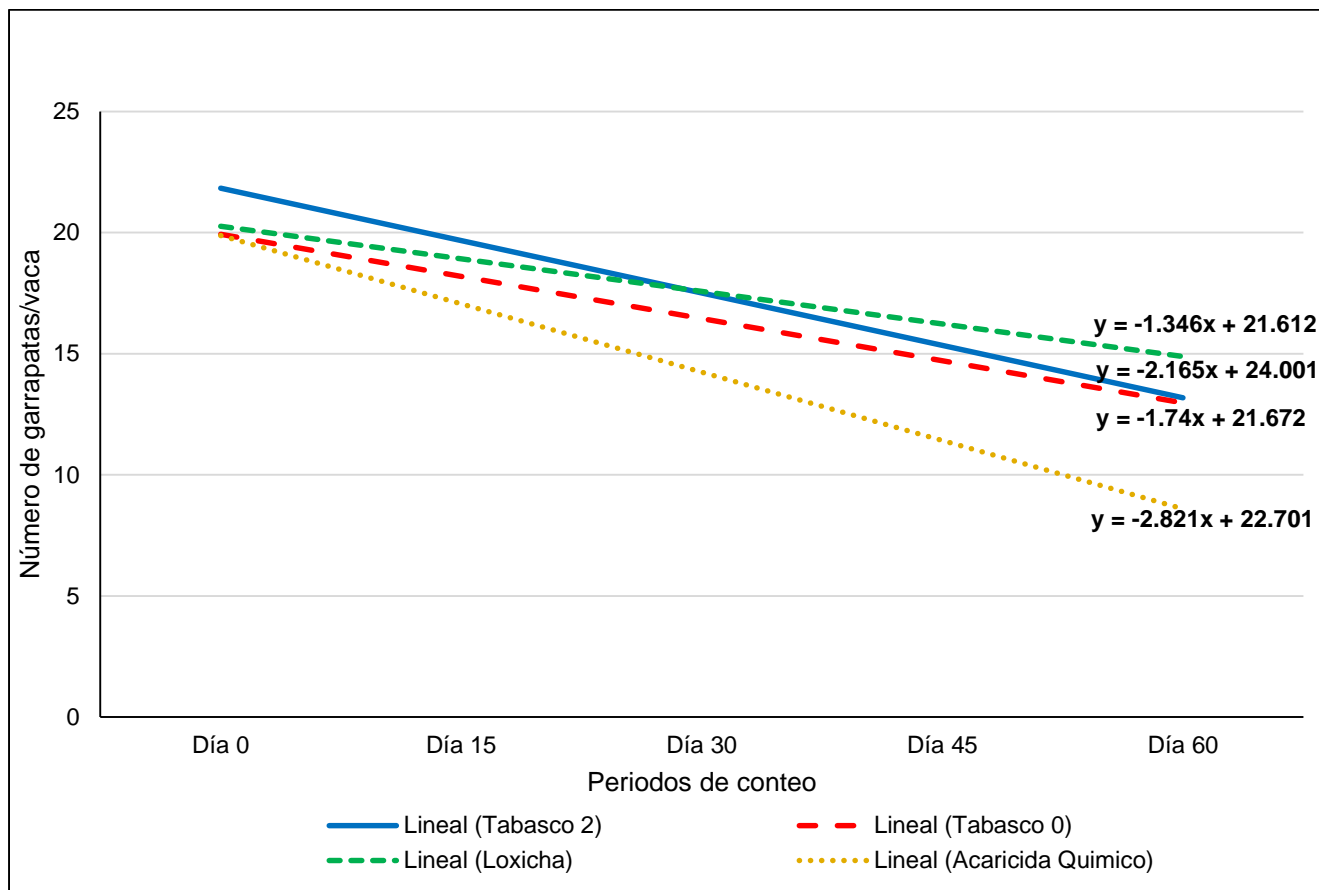


Figura 7. Evaluación de los tratamientos de acuerdo a su velocidad de acción obtenida a partir de la pendiente y el ángulo de inclinación de su recta de tendencia.

El porcentaje de eficacia es otra medida de evaluación que se utilizó para determinar el grado de control ejercido por cada tratamiento sobre la carga parasitaria de garrapatas *B. microplus*. De acuerdo con la Figura 8 y el Cuadro 4, se observa que el acaricida químico continua siendo el tratamiento con mejores resultados de control, ya que de la primera semana hasta la cuarta redujo la carga parasitaria inicial de 21.33 a 12.13 garrapatas/vaca, con un porcentaje de eficacia de 24.58% (Cuadro 4). Posteriormente, entre la cuarta y la octava semana, el porcentaje de eficacia de este tratamiento se redujo notablemente a 11.76%, logrando una reducción de la carga parasitaria de 12.13 a 9.27 garrapatas/vaca.

Por otro lado, los Consorcios Microbianos (Tabasco 2, Tabasco 0 y Loxicha) (Figuras 7 y 8), en general, fueron más lentos en el proceso de control de la garrapata *B. microplus* ($P < 0.05$). Ya que, del día 0 al día 15 del experimento ejercieron un bajo nivel de control de garrapatas *B. microplus* (Cuadro 4 y Figura 8). Los porcentajes de eficacia obtenidos durante este periodo por los tratamientos Tabasco 2, Tabasco 0 y Loxicha fueron de 12.01%, 10.10% y 8.79% respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Gonzales (2004), al observar que los microorganismos entomopatógenos normalmente requieren de una a tres semanas para establecer la enfermedad y causar la muerte de los hospedadores.

Posteriormente, del día 15 al día 30 se observó un incremento de la carga parasitaria de *B. microplus* en el grupo tratado con el consorcio microbiano Loxicha, en este periodo el porcentaje de eficacia fue negativo de -9.6% (Figura 8 y Cuadro 4). Por otra parte, en los grupos de ganado que fueron tratados con los consorcios microbianos Tabasco 2 y Tabasco 0 la carga parasitaria se mantuvo en fase de latencia y los porcentajes de eficacias fueron cercanos a cero (1.69% y 0.75% respectivamente). La lluvia que se presentó durante estas fechas en la región es el factor que pudo haber generado esta situación, ya que cierta parte de los tratamientos fue removida del cuerpo de los animales. Gonzales (2004), menciona que los efectos de los biopesticidas microbianos pueden ser afectados por ciertos factores ambientales como la lluvia y radiación solar.

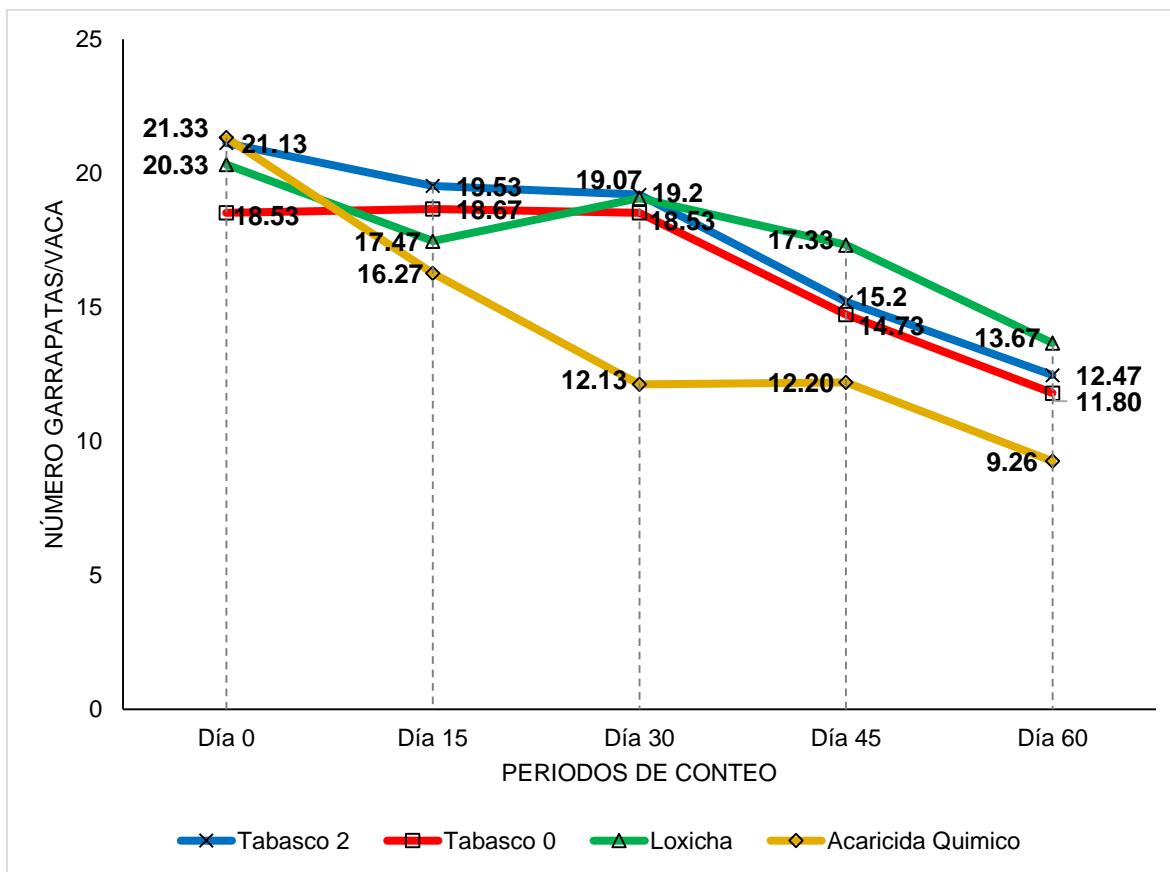


Figura 8. Curvas de comportamiento de los cuatro tratamientos durante los tres meses del experimento sobre el control de la garrapata *B. microplus*.

Finalmente, entre el día 30 y el día 60 del estudio, el grado de control ejercido por los tratamientos biológicos sobre la carga parasitaria de *B. microplus* se mejoró considerablemente. Los porcentaje de eficacia de los tratamientos Tabasco 0, Tabasco 2 y Loxicha para este periodo del experimento fueron de 20.2%, 19.4% y 15.12%.

Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí, en el nivel de control ejercido durante cada conteo, esto significa que ninguno de los tratamientos se comportó de la misma manera ($P < 0.05$), esto se puede apreciar claramente en el Cuadro 3, en el cual, la diferencia de letras dentro de la misma columna indica que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Con el Cuadro 4, es posible determinar que tratamiento ejerce el mejor grado de control sobre la garrapata *B. microplus*. En este sentido, el acaricida químico figura como el tratamiento más efectivo ($P < 0.05$), ya que a lo largo de todo el experimento mantuvo una carga parasitaria promedio a 14.24 garrapatas/vaca y un porcentaje de eficacia promedio de 18.17%. En segundo lugar se encuentra el tratamiento Tabasco 2 con una carga parasitaria promedio de 17.51 garrapatas/vaca y un porcentaje de eficacia promedio de 12.01% ($P < 0.05$). Seguidamente está el tratamiento Tabasco 0 con una carga parasitaria promedio de 16.45 garrapatas/vaca y un porcentaje de eficacia promedio de 10.10% ($P < 0.05$). Por último, se encuentra el tratamiento Loxicha con una carga parasitaria promedio de 17.57 garrapatas/vaca y un porcentaje de eficacia promedio de 8.79% ($P < 0.05$).

En la Figura 9 se presentan las cargas parasitarias finales de *B. microplus* que alcanzó cada tratamiento al término del estudio. Se puede observar, que al final todos los tratamientos lograron reducir las infestaciones de garrapatas por debajo del nivel recomendado por Hernández (2005), quien advierte un mínimo de 20 garrapatas adultas repletas (4.5-8 mm), contadas de un solo lado del animal. Estos resultados demuestran que los consorcios microbianos ejercen un nivel de control aceptable sobre la garrapata *B. microplus*, pudiendo ser una alternativa viable para combatir a las poblaciones resistentes. Diversos autores han reportado efectos de control semejantes con el uso de biopesticidas a base de microorganismos, por ejemplo, en un estudio realizado en Colombia se obtuvo un buen control de las garrapatas aplicando a contrapelo una solución de microorganismos efectivos (EM-5) al 5 % (OISCA, 2009). En otro estudio realizado por Ramos y Cabezas (1994) para determinar el efecto de los microorganismos efectivos (EM) en el control de garrapatas (*Boophilus microplus*), encontraron que los resultados de las aplicaciones de EM-5 al 30 y 50% fueron comparables a los plaguicidas piretroides utilizados convencionalmente para controlar garrapatas.

Asimismo en la Figura 9, se puede apreciar que las infestaciones registradas en los cuatro grupos de vacas del rancho tres fueron ligeramente mayores en comparación con los otros ranchos, esta situación quizá deba a algún mal manejo que realiza el productor dentro de su unidad, como por ejemplo, una sobre carga de los potreros, un mal manejo del pastoreo, potreros descuidados, no lleva plan de manejo adecuado contra la garrapata, etc. (Guerrero *et al.*, 1986; Álvarez *et al.* 2007; Maldonado 2005; Ángeles, 2010).

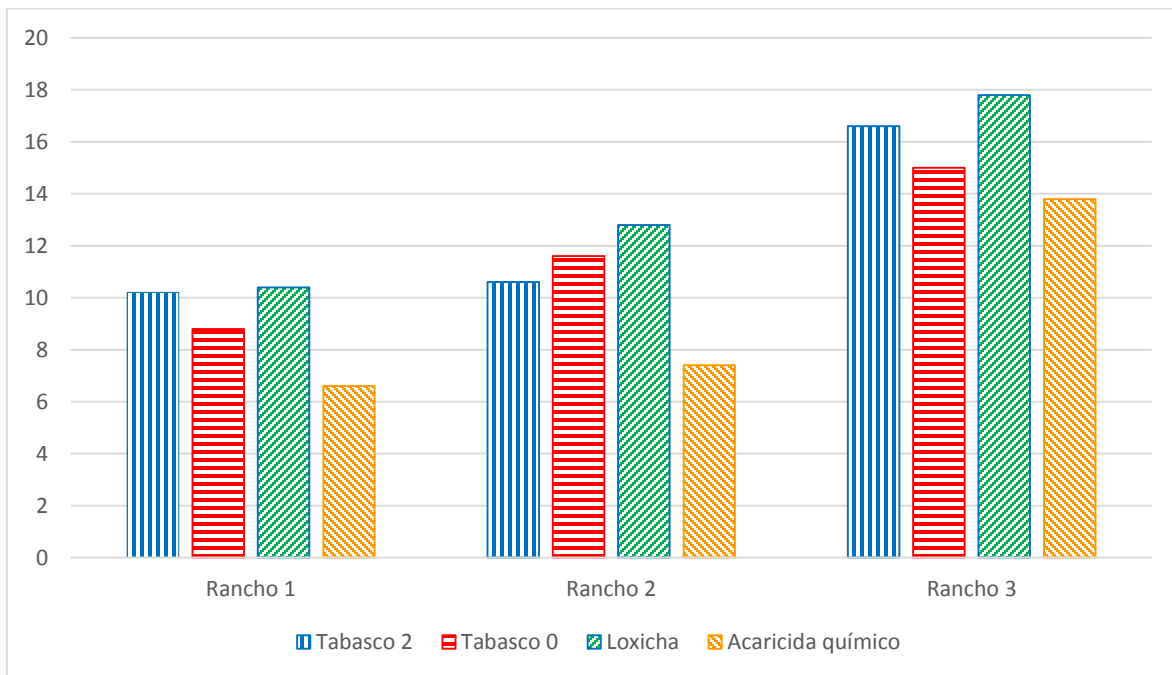


Figura 9. Promedio de las cargas parasitarias finales de garrapatas *B. microplus* registradas en cada unidad de producción.

Cuadro 3. Número promedio de garrapatas/vaca registradas durante cada conteo en los cuatro grupos de bovinos.

Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
Tabasco 2	21.13 a	19.53 ab	19.2 abc	15.2 abcdef	12.47 cdef
Tabasco 0	18.53 abcde	18.67 abcd	18.53 abcde	14.73 abcdef	11.8 ef
Loxicha	20.33 ab	17.47 abcde	19.07 abc	17.33 abcde	13.67 bcdef
Acaricida Químico	21.33 a	16.27 abcde	12.13 def	12.2 def	9.26 f

Medias con las mismas letras dentro de la misma columna son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$).

Cuadro 4. Promedios de garrapatas/vaca y porcentajes de eficiencia de los tratamientos para el control de la carga parasitaria de garrapata *B. microplus*.

Fecha de conteo	Día	Promedio de garrapatas hembras repletas				Porcentaje de eficacia			
		Tabasco 2	Tabasco 0	Loxicha	Acaricida químico	Tabasco 2	Tabasco 0	Loxicha	Acaricida Químico
19-ene-15	0	21.13	18.53	20.33	21.33	-----	-----	-----	-----
03-feb-15	15	19.53	18.67	17.47	16.27	7.57	-0.76	14.07	23.72
18-feb-15	30	19.2	18.53	19.07	12.13	1.69	0.75	-9.16	25.45
05-mar-15	45	15.2	14.73	17.33	12.20	20.83	20.51	9.12	-0.58
20- mar-15	60	12.47	11.8	13.67	9.26	17.96	19.89	21.12	24.10
Promedio		17.51	16.45	17.57	14.24	12.01	10.10	8.79	18.17

8.1. Análisis de costos

En todas las explotaciones pecuarias el control de los costos es una actividad importante, ya que estos influyen sobre rentabilidad de la explotación. A continuación, se realiza la proyección del costo para tratar a 100 U. A. con 450 kg de P.V., haciendo la comparación entre el acaricida químico y los consorcios microbianos.

8.1.1. Costo estimado del acaricida químico para 100 U.A.

Los productores de la región en la que se desarrolló el experimento, por lo general, realizan los baños garrapaticidas cada 15 días, utilizando diversos productos químicos comerciales como es el caso del Bovitraz^{MR}, del cual se diluyen 2 ml por cada litro de agua y se utilizan 4 litros de la solución por unidad animal. Además, para la aplicación se requiere de dos jornales (\$150 por persona).

Para tratar 1 U.A.-----se utilizan 4 litros de la solución.

Entonces, para 100 U.A.-----se requieren 400 litros de la solución.

Sí, en 1 litro de agua-----se diluyen 2 ml del acaricida.

Para 400 litros de agua-----se necesitan 800 ml del acaricida.

Sí, el 1 litro de BOVITRAZ----- cuesta \$425

El costo de 0.8 litros-----será de \$340.

Por lo tanto, para realizar una aplicación de acaricida químico en 100 U.A. se invierte \$340, considerando dos jornales (\$150 por persona) se tiene un gasto total de \$640. Entonces, se necesitan \$6.4 para bañar a cada U.A.

8.1.2. Costo estimado de los consorcios microbianos para 100 U.A.

Los consorcios microbianos tienen un costo de \$4 por litro y se diluyen en agua a una dosis de 5%.

Para bañar a 1 U.A.----- se utilizan 3 litros de la solución
Entonces, para 100 U.A.----- se necesitan 300 litros de la solución.

De estos 300 litros de solución, el 5% corresponde al consorcio microbiano.
Entonces, $300(0.05) = 15$ litros de consorcio microbiano

Sí, 1 litro de consorcio microbiano----- cuesta \$4
15 litros de consorcio microbiano -----cuesta \$60

Por lo tanto, para realizar una aplicación de consorcios microbianos en 100 U.A. se invierte \$60, considerando dos jornales (\$150 por persona), se tiene un gasto total de \$360. Entonces, se necesitan \$3.6 para bañar a cada U.A.

8.1.3. Comparación de costos

Al comparar los costos de los tratamientos resulta evidente que el uso de los consorcios microbianos para el control de las garrapatas *B. microplus*, es más económico en comparación con el acaricida químico. Ya que con el uso de los consorcios microbianos se gasta \$3.60 por unidad animal, mientras que con el acaricida químico el costo se duplica a \$6.4 por U.A. Considerando la efectividad que mostraron los consorcios microbianos en este estudio es recomendable utilizar esta tecnología para el manejo de este ectoparásito.

9. CONCLUSIÓN

Se presentaron grados de control diferentes entre los tratamientos, sin embargo, los efectos de control ejercidos por los consorcios microbianos, también fueron significativos, ya que en los tres ranchos del experimento lograron reducir las infestaciones por debajo del nivel mínimo recomendado por Hernández (2005) de 20 garrapatas/vaca. Por lo tanto, en este estudio se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna.

En general, los consorcios microbianos son más lentos en el control de la garrapata *B. microplus*, pero alcanzan niveles aceptables a partir de la tercera semana. Esto se debe principalmente al mecanismo de acción de los microorganismos, ya que las garrapatas no mueren al instante, primero tienen que desarrollar una infección para que posteriormente sucumban a causa de una enfermedad, intoxicación o debilitamiento (Roberts, 1986; citado por Téllez, 2009; Gonzales, 2004).

El uso de consorcios microbianos para el control de las garrapatas es 50% más económico en comparación con el acaricida químico. Estos productos se obtienen localmente y no requieren de mucha inversión; además, no contaminan el medioambiente, no deja residuos en los productos y garantizan la salud de las personas y de los animales.

10.RECOMENDACIONES

Para lograr un buen nivel de control de garrapatas es recomendable utilizar una solución con las siguientes proporciones: 5% de consorcio microbiano, 1% de aceite vegetal y 94% agua. Y aplicar al menos 3 litros de esta preparación por unidad animal (450 kg PV).

Es necesario continuar las investigaciones concernientes a esta área y realizar estudios futuros con un periodo mínimo de año para poder evaluar los efectos que ejercen los consorcios microbianos sobre las poblaciones de garrapatas durante las diferentes estaciones. También es recomendable que en los estudios siguientes no existan variaciones en cuanto a la raza, color y sexo de los animales, ya que estas características influyen en los resultados.

11. LITERATURA CITADA

Aldea Verde. 2015. ME-AV (Microorganismos Eficientes Aldea Verde). <http://www.aldeaverde.org.mx/micro.pdf> correos: informes@aldeaverde.org.mx o produccion@aldeaverde.org.mx Último acceso 19 de agosto del 2015

Alonso D., M. A., L. García, E. Galindo-Velasco, R. Lezama-Gutiérrez, C.A. Angel-Sahagún, R.I. Rodríguez-Vivas, H. Fragoso-Sánchez. 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 (3-4) 336–340.

Alonso D. M. A., López S. B. J., Magalhães L. A. C., Rodríguez V. R. I. 2007. Infestación natural de hembras de *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 (Acari: Ixodidae) en dos genotipos de bovinos en el trópico húmedo de Veracruz, México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42338410> Último acceso 13 de agosto de 2015.

Álvarez V., Loaiza J., Bonilla R., Barrios M. 2007. Control in vitro de garrapatas (*Boophilus microplus*; Acari: Ixodidae) mediante extractos vegetales. Servicio Nacional de Salud Animal, San José, Costa Rica. <http://www.senasa.go.cr/Documentos/Investigaciones/21-AlvarezControl.pdf>

Ángeles M. E. 2010. Control biológico de la garrapata (*boophilus microplus*), con el hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en un sistema de producción de leche orgánica. Tesis profesional. UACH. DEISZ.

Armendáriz, G. I. 2003. Informe de un caso de resistencia múltiple a ixodíidas en *Boophilus microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae) en Tamaulipas, México. *Revista Vet. Méx.* 34 (4). <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol34-04/RVM34408.pdf> Último acceso 25 de septiembre del 2015.

Báez R. U. A. 2000. Control y Prevención de Enfermedades en Ganado Bovino de Doble Propósito En Tabasco. INIFAP Produce.

Barrera S.O.D. 2010. *Leptoglossus zonatus* EN *Jatropha curcas* BAJO DOS AMBIENTES DIFERENTES Y SU CONTROL BIOLÓGICO CON *Beauveria bassiana*. Tesis profesional. DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UACH. Edo. México. 86 pp.

Barros, T. A. Guglielmone, A. A ., Martins, J. A. 2002. Mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*): Control sustentable y resistencia a los insecticidas. <http://web.andinet.com/redectopar/docsEB/Moscuernredectopar.pdf>. Recuperado el 4 de agosto de 2007.

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 Profesional. Tecomán, Colima.

Bazán T. M. 2004. EFECTO DE LOS HONGOS *Metarhizium anisopliae* Y *Paecilomyces fumosoroseus* SOBRE LA GARRAPATA *Boophilus microplus* DEL GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO, EN CAMPO. 6 pp.

Caballero P., Urbaneja A. 2008. Virus entomopatogenos. Instituto de Agrobiotecnología. Universidad Pública de Navarra España. http://www.trevorwilliams.info/caballero_williams_fasciculo_2008.pdf Último acceso el 11 agosto de 2015

Cabello T. 2006. Entomopatogenos y sus características. <http://www.ual.es/personal/tcabello/Temarios/CBTema06Web.pdf> Último acceso 11 de agosto 2015

Cabrera, J. D., Rodríguez V. I., Rosado, A. J. 2008 Evaluación de la resistencia a la cipermetrina en cepas de campo de *Boophilus microplus* obtenidas de ranchos bovinos del estado de Yucatán, México. Tec Pecu Mex, 46(4):439-448

Cantor. 2010. <http://organigan.blogcindario.com/2010/03/00018-protocolo-captura-y-reproduccion-de-e-m.html> Último acceso 13 de agosto de 2015

Cavallotti, V. B., Palacio M. V. (Coordinadores). 2003. La ganadería mexicana en el nuevo milenio: Situación, Alternativas productivas y nuevos mercados. Memorias. Departamento de zootecnia y CIESTAAM. Chapingo, México.

Cavallotti, V. B., Hernández, M. M., Ramírez, V. B., Marcof, A. C. (Coordinadores). 2006. Ganadería, desarrollo sustentable y combate a la pobreza: Los grandes retos. Memorias. Departamento de zootecnia y CIESTAAM. Chapingo, México.

Cetra, B. 2001. Garrapata común del bovino (*Boophilus microplus*). www.inta.gov.ar/mercedes/info/Pubdiversas/folletos/Garrapata%20Comun%20del%20Ganado%20Bovino.pdf. Último acceso 26 de septiembre del 2015.

Chalate M. H., Gallardo L. F., Pérez H. P., Lang O. F.P., Ortega J. E., Vilaboa A. J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. Colegio de postgraduados. Veracruz.

CONACYT-SAGARPA. 2005. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas en el Sureste de México. Folleto Técnico No. 1, 16pp; http://www.uady.mx/~veterina/cuerpos/salud_animal/Resistencia.pdf; consultado 15/08/2015.

Coronado A., Mujica F. 1997. Resistencia a acaricidas en *Boophilus microplus* en Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Área de Parasitología, Venezuela. http://bibvirtual.ucla.edu.ve/DB/psm_ucla/edocs/gcv/Vol3Nro1/articulo1.pdf Último acceso 26 de septiembre del 2015.

Cuenca A. 2010. Programa Integral de Control Biológico de Plagas. GRIPPO ARGENTINA. Grand Bourg, Buenos Aires, Argentina. <http://www.gripo.com.ar/post/397543/Programa%20Integral%20de%20Control%20Biol%C3%B3gico%20de%20Plagas.html> Último acceso 19 de agosto del 2015.

DELGADO P. A. M.; MURCIA O. B. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. Ambi-Agua, Taubaté. 14 pp.

Espinoza V. J., Palacios E. A., Ávila S. N., Guillén T. A., Luna P. R., Ortega P. R., Murillo A. B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. INTERCIENCIA. 390 pp.

Eyhorn, F., Heeb, M., Weidman, G. 2003. Manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos: teoría, transparencias y enfoque didáctico. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

FAO. 2007. Sanidad Animal. Control Integrado de Parásitos. <http://www.fao.org/AG/AGAInfo/subjects/es/health/man/ipc.html>. Recuperado el 05 de agosto de 2015.

Fernández, R. M., L. Zhioua y García Z. 2005. Infectividad de *Metarhizium anisopliae* en cepas de *Boophilus microplus* sensible y resistente a los organofosforados. Tec. Pecu. Méx. 43 (3): 433-440.

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 oviposición, eclosión y potencial reproductivo en una cepa triple resistente de garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Canestrini)* (Acari: Ixodidae). Entomotropica 25(3): 8 pp.

Fernández T. J. 2006. Evaluación de la eficiencia del control de garrapatas (*Boophilus microplus*) con tres frecuencias de aplicación de BAZAM® (*Beauveria bassiana*). Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 22 p.

FIRA.1991. Memoria del seminario internacional sobre lechería tropical efectuado en Villahermosa, Tabasco del 20 al 24 de noviembre de 1990. Volumen 3.

FIRA. 1991. Memoria del seminario internacional sobre lechería tropical efectuado en Villahermosa, Tabasco del 20 al 24 de noviembre de 1990. Volumen 1. México.

Flores M. J. 2012. Efectividad biológica de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill sobre *Hansenia pulverulenta* Guer. (HEMIPTERA: FLATIDAE). Tesis profesional. Dto. de parasitología agrícola. UACH. Edo. México. 66 pp.

FNDARFP (Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero), 2014. Panorama de la carne y leche de bovino.

Guerrero, R. E., Lozoya, S. A., Landeros, F. J. (1986) Garrapatas. Folleto 14. Departamento de zootecnia.

Giraldo, J. M. 2006. Uso de hongos entomopatógenos en el control de ectoparásitos. <http://www.monografias.com/trabajos/hongosentomopatogenos/hongosentomopatogenos.shtml>. Consultado: 05 de agosto de 2015.

Gómez C. M. A., Schwentesius R. R., Ortigoza R. F., Gómez T. L., May T. V., López R. U. I., Arreola Q. J. A., Noriega A. G. 2009. Agricultura, apicultura y ganadería orgánicas de México. 1ra ed. Universidad Autónoma Chapingo. CIIDRI.107pp.

González, J.M. 2004. Efectividad biológica de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill y *Metarhizium anisopliae* (Metsch) para el control del gusano blanco del nopal, *Laniifera (Megastes) cicladres (Druce)* Lepidoptera: Pyralidae. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. 46 pp.

Hernández, L, J. R. 2004. Evaluación del factor de resistencia de *H. irritans* a insecticidas organofosforados y piretroides en dos unidades de producción lechera, en Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. 41 pp.

Hernández A. F. 2005. El manejo integrado en el control de garrapatas. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela. 8 pp. fjhernandez@cantv.net.

Higa T., Parr J. F. 1994. Microorganismos Beneficiosos y Provechosos. Centro Internacional de Investigación de Agricultura Natural, Atami, Japón 1994.

Huerta, P. R. A., Villagómez C. J. A. 1990. Garrapatas del ganado bovino en México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México.

IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2008. http://infohub.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/doa_spanish.pdf Último acceso 26 de septiembre del 2015.

INEGI, 2007. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007.

Kumm K. (2002). Sustainability of organic meat production under Swedish conditions. *Agric. Ecosyst. Env.* 88: 95-101.

Lampkin, A. N. 2001. *Agricultura Ecológica*. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. (Reimpresión 2001).

Linares V. S. E. 2010. Manejo integral de las garrapatas una propuesta eficiente y sostenible con el medio ambiente. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Departamento de Salud Animal. [http://www.agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia16\(2\)_3.pdf](http://www.agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia16(2)_3.pdf) Último acceso 5 de agosto del 2015.

López T.R., García R. (2005). Manejo alimenticio de bovinos para carne en agostadero. Memorias del taller Nutrición de Rumiantes en Agostadero. Simp. Int. Manejo de Pastizales. Zacatecas, México. pp. 1-37.

Maldonado, S. E. 2005. Manual de Entomología Veterinaria. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, Estado de México. 76 pp.

Mau F. P. 2006 Una solución ideal para el medio ambiente EM Microorganismos Efectivos. 1ª ed. INTEGRAL. Barcelona. 237 pp.

Mayorga, A. L. 2007. Control biológico de la mosca del cuerno (*Haematobia irritans*), con un hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en un sistema de producción de leche en pastoreo. Tesis profesional. Departamento de zootecnia. UACH. Chapingo, Edo de México. 52 pp.

Ojeda Ch. M. M., Rodríguez V. R. I., Galindo V. E., Lezama G. R., Cruz V. C. 2010. Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). Revisión. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Dto. Parasitología. Mérida, Yucatán, México <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/201104084213.pdf> Último acceso 05/08/2015

OISCA. 2009. Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Manual Práctico de Uso de EM. 1ª ed. Uruguay.

Osorio A. M. y C. J. Segura 2005. Factores que afectan la curva de lactación de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de tabasco, México. Técnica Pecuaria de México. 43: 127-137.

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. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. 8º ed. 53 pp.

Quiroz, R. H. 1986. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Editorial Limusa. México, D.F. México. Pp. 796-802.

Ramos R.G. and S.E.C. Cabezas. 1994. Effective Microorganisms for Controlling Ticks in Cattle. Barramansense Faculty. Barru Mansa RJ, Brazil. 5pp.

Rodríguez-Vivas, R.I., Cob-Galera, L.A., 2005. Técnicas diagnósticas en Parasitología Veterinaria, 2nd ed. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, pp. 179–198.

Rodríguez V. R. I., Alonso D. M. A., Ojeda Ch. M.M., Rosado A. A. 2011. Control integrado de garrapatas. Universidad Autónoma de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México.

SAGARPA. 2007. Ley de desarrollo rural sustentable y reglamento. Distrito Federal, México. p. 19.

SAGARPA, 2012. Panorama nacional pecuario 2007 - 2012.

Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria (SENASA). 2006. Garrapata. www.produccionbovina.com/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/85-garrapata.pdf. Consultado: 05 de agosto de 2015.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).2008a. Garrapata del género *Boophilus*. http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/salud_animal/campanas../Garrapata/FT_Garrapata_Boophilus_300107.pdf Último acceso 5 de agosto del 2015.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).2008b. Garrapata del género *Boophilus*.

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2015. <http://www.senasica.gob.mx/?id=4373> Último acceso 26 de septiembre de 2015

Taylor R. 2008. El uso del EM5 en el control de garrapatas (*B. microplus*) en ganado híbrido en la FPI de la EARTH. Artículo científico. <https://www.yumpu.com/es/document/view/36017289/el-uso-del-em-5-en-el-control-de-garrapatas-boophilus>- Último acceso 20 de agosto del 2015.

Téllez J. A., Cruz R. M. G., Mercado F. Y., Asaff T. A., Arana C. A. 2009.Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Universidad Politécnica de Pachuca. Zempoala, Hidalgo. www.revistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2010/06/7.-TR-141.pdf Último acceso 5 de agosto del 2015.

Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). 2007. Producción de leche orgánica en el municipio de Tecpatán, Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Wharton, R.H., Utech, K.B.W., 1970. The relation between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to assessment of tick numbers on cattle. J. Aust. Entomol. Soc. 9, 171–182. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1440-6055.1970.tb00788.x/epdf> último acceso 23 de septiembre del 2015.

Wood M. T., Miles R., Tabora P. 1997. EM fermented plant extract and EM5 for controlling pickleworm (*Diaphania nitidalis*) in organic cucumber. School of Natural Resources, University of Missouri and EARTH College. Limon, Costa Rica. http://infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C5-7-185.pdf Último acceso 19 de agosto 2015.

Yépez A. S., Shintani M., Tabora P., Botero R., Okumoto S., Tylor R. 2002. Guía práctica para el uso de EM en la producción animal sostenible. Universidad de Earth. Guásimo, Limón, Costa Rica. 89 pp.