

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
POSGRADO CONJUNTO AGRONOMIA-VETERINARIA



**“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A IXODICIDAS Y EFECTIVIDAD DE LA
VACUNA BM86 EN EL GRADO DE INFESTACION POR GARRAPATA
BOOPHILUS SP. EN LAS RAZAS DE GANADO BOVINO CHAROLAIS,
SIMMENTAL, BRANGUS NEGRO Y COMERCIAL”**

TESIS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIA ANIMAL
POR
RAUL TREVIÑO MEDINA

ESCOBEDO, N.L.

SEPTIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
POSGRADO CONJUNTO AGRONOMIA-VETERINARIA



“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A IXODICIDAS Y EFECTIVIDAD DE LA VACUNA BM86 EN EL GRADO DE INFESTACION POR GARRAPATA *BOOPHILUS SP.* EN LAS RAZAS DE GANADO BOVINO CHAROLAIS, SIMMENTAL, BRANGUS NEGRO Y COMERCIAL”

REVISADA POR:

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Diana E. Zamora Avila".

Dra. Diana E. Zamora Avila
Director

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Pablo Zapata Benavides".

Dr. Pablo Zapata Benavides
Co-director externo

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Juan José Zarate Ramos".

Dr. Juan José Zarate Ramos
Co-Director

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Sibilina Cedillo Rosales".

Dra. Sibilina Cedillo Rosales
Co-Director

ESCOBEDO, N.L.

SEPTIEMBRE 2013

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios por haberme dado la oportunidad de trabajar en este proyecto y haberme puesto todos los medios posibles para concluirlo.

Dedico esta tesis al gran amor de mi vida a mi esposa Magda González, que me ha apoyado en todo momento, con este y todos los proyectos de mi vida, gracias por tu paciencia, por tus consejos y sobre todo por tu amor, sin duda que sin ti este trabajo no lo habría logrado, y a mis hijos Bernardo y Leonardo ustedes son mi más grande tesoro y este trabajo se los dedico con todo mi corazón porque ustedes son mi mayor fuente de inspiración y son el motor de mi vida, me motivan a salir adelante, para poder darles lo mejor de mí como padre, los amo.

A mi padre el Sr. Raúl Treviño Santana (+), que a mitad de este proyecto Dios decidió que ya no estuvieras más en este mundo y ese fue un golpe muy duro en mi vida, pero debería seguir adelante haciendo uso de todos tus consejos y echando mano de las enseñanzas que me dejaste y sacando el carácter que formaste en mí para seguir y terminar mis metas, gracias papa te extraño mucho y te amo, pero estoy tranquilo porque sé que estas en la gloria de Dios.

A mi madre la Sra. Mirthala Medina Hernández a ti mamá gracias por todo ese gran amor incondicional que siempre me brindas, por tu paciencia y comprensión y por darme siempre la confianza para salir adelante, hoy te debo todo lo que soy, a ti te dedico todos mis éxitos y logros te amo mamá.

A mis hermanos Mónica y Oswaldo Treviño Medina gracias a los dos estoy muy orgulloso de ser su hermano y que sean mi familia, gracias por todo su amor y su apoyo, el significado de ser su hermano mayor para mí fue siempre una gran responsabilidad y se convirtió en un gran reto dejarles un buen ejemplo de vida, hoy les dedico este trabajo a ustedes, los amo.

A mis suegros el Sr. Ricardo González y la Sra. Magda A. Rodríguez quiero dedicarles también este trabajo y agradecerles por todo ese gran apoyo y el amor que nos tienen a nosotros como familia, muchísimas gracias. A mis cuñados Cristy Evelyn y Ricardo González Rodríguez a mi sobrinita Nataly, a toda mi familia dedico este gran logro en mi vida. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en todo momento por haberme brindado la sabiduría el tiempo y la paciencia de emprender este gran reto en mi vida y haberme dado la oportunidad de terminarlo a pesar de todos los obstáculos que se presentaron tan difíciles.

Agradezco especialmente a mi asesora principal la Dra. Diana E. Zamora Ávila por todo su apoyo y su confianza depositada en mí, porque siempre creyó en mí y nunca dejó de apoyarme, hoy sé que al elegirla como mi asesora principal de este proyecto sé que hice la mejor de las elecciones muchas gracias.

Agradezco a todos mis asesores, al Dr. Juan José Zarate, al Dr. Pablo Zapata y a la Dra. Sibilina Cedillo, por su colaboración, tiempo y apoyo brindados en este trabajo a todos ellos muchas gracias.

Quiero agradecer también especialmente a la Dra. María Eugenia Cienfuegos, quien creyó en mí desde un inicio para que emprendiera este reto en mi carrera.

Agradecer todas las facilidades otorgadas al propietario del rancho San Rafael el Ing. Antonio Manuel García Garza (+) y a sus colaboradores para la realización de este trabajo.

A mis compañeros y amigos gracias por todo su apoyo y amistad.

LUGAR DE TRABAJO

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio Central Regional del Comité para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Nuevo León A.C. en colaboración con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	III
LUGAR DE TRABAJO	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE GRAFICAS.....	X
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACION.....	2
HIPOTESIS.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
ANTECEDENTES.....	5
Generalidades de las garrapatas.....	6
Taxonomía.....	6
Morfología.....	8
Distribución de la garrapata.....	9
Ciclo biológico.....	11
Métodos de control de garrapatas.....	13
Control químico.....	13
Productos usados para el control de garrapatas.....	16

Productos permitidos para el control de la garrapata.....	17
Organoclorados.....	18
Organofosforados.....	18
Piretroides.....	20
Amidinas.....	21
Lactonas macrocíclicas.....	22
Origen y clasificación de las lactonas macrocíclicas.....	24
Ivermectina.....	24
Doramectina.....	25
Desarrollo de resistencia.....	25
Causales de resistencia.....	26
Vacunas.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Lugar de estudio.....	30
Recolección de información del área de estudio a través de cuestionarios.....	30
Recolección e identificación de las garrapatas.....	32
Resistencia a organofosforados, piretroides y amidinas.....	32
Obtención de muestras.....	32
Procesamiento de muestras en el laboratorio.....	33
Bioensayos.....	33
Evaluación de la resistencia.....	34
Diseño y ejecución de un esquema de Vacunación utilizando la vacuna BM86 y análisis de la incidencia.....	34
Determinación del grado de infestación.....	35
Análisis de los datos de garrapatas promedio por animal en la 3era y	

4ta vacunación y entre las diferentes razas.....	35
RESULTADOS.....	36
Información del área de estudio Ganado.....	36
Pastos y alimentación.....	37
Manejo general instalaciones y equipo.....	37
Identificación taxonómica.....	37
Evaluación de la Resistencia de garrapatas a organofosforados, piretroides y amidinas.....	40
Diseño y ejecución de un esquema de vacunación utilizando la vacuna BM86.....	42
Determinación del grado de infestación con garrapatas en las diferentes razas de ganado después del esquema de vacunación.....	43
Análisis de los datos de garrapatas promedio por animal en la 3era y 4ta vacunación y entre las diferentes razas.....	47
DISCUSION.....	49
CONCLUSIONES.....	52
LITERATURA CITADA.....	53

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Garrapata dura (Ixodidae) Garrapata blanda (Argasidae).....	7
Figura 2. Distribución de la garrapata <i>Boophilus spp.</i> en el Territorio Nacional.....	10
Figura 3.Ciclo biológico de la garrapata <i>B. microplus</i>	12
Figura 4. Ciclo biológico de la garrapata <i>A.cajennense</i>	13
Figura 5. Mapa del rancho san Rafael, China Nuevo León. Subdivisiones del rancho y distribución de las razas de ganado.....	31
Figura 6. Diseño del esquema de vacunación.....	43

INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Cronología del ciclo evolutivo de las garrapatas <i>B. microplus</i>	12
Tabla 2. Cronología del ciclo evolutivo de las garrapatas <i>A. cajennense</i>	14
Tabla 3. Plaguicidas restringidos para el control de la garrapata <i>B. microplus</i> en México.....	16
Tabla 4. Organofosforados autorizados por SAGARPA para el control de la garrapata en México	19
Tabla 5. Piretroides autorizados por SAGARPA para el control de la garrapata en México	21
Tabla 6. Endectocidas autorizados por SAGARPA para el control de la garrapata en México.....	23
Tabla 7. Resistencia de las garrapatas obtenidas de las razas Simmental y Charoláis	40
Tabla 8. Resistencia de las garrapatas obtenidas de la raza Brangus.....	41
Tabla 9. Resistencia de las garrapatas obtenidas del ganado comercial.....	42

INDICE DE GRAFICAS

	PÁGINA
Gráfica 1. Resultados de la identificación taxonómica en el ganado Charolais.....	38
Grafica 2. Resultados de la identificación taxonómica en el ganado Simmental.....	38
Grafica 3. Resultados de la identificación taxonómica en el ganado Brangus.....	39
Grafica 4. Resultados de la identificación taxonómica en el ganado Comercial.....	39
Grafica 5. Conteo de garrapatas en el ganado Charolais después de la 3era y 4ta vacunación.....	44
Grafica 6. Conteo de garrapatas en el ganado Simmental después de la 3era y 4ta vacunación.....	45
Grafica 7. Conteo de garrapatas en el ganado Brangus después de la 3era y 4ta vacunación.....	46
Grafica 8. Conteo de garrapatas en el ganado Comercial después de la 3era y 4ta vacunación.....	47

RESUMEN

El control de garrapata es una actividad fundamental en la producción bovina en pastoreo. Estas garrapatas de bovinos están desarrollando resistencia a diferentes plaguicidas provocando cuantiosas pérdidas en la producción ganadera, como es el incremento en la mortalidad por efecto en la transmisión de babesiosis y anaplasmosis, aumento en la población de garrapata, por lo que se ha recurrido a otras alternativas como el uso de vacunas (Gavac Bm86). El objetivo de este trabajo fue determinar la resistencia a ixodícidas y el efecto de la vacunación con Bm86 con el grado de infestación por garrapatas en las razas de ganado Charolais, Simmental, Brangus negro y Comercial. Para cumplir con este objetivo se analizó la información del área de estudio (Rancho San Rafael) a través de encuestas. Se procedió a la identificación taxonómica de las garrapatas colectadas y se evaluó la resistencia de garrapatas a organofosforados, piretroides y amidinas por el método de Stone & Haydock. Se diseñó y realizó un esquema de vacunación utilizando la vacuna BM86 en las diferentes razas de ganado a estudiar para posteriormente determinar el grado de infestación por garrapatas después de la tercera y cuarta vacunación. Se encontró que las especies predominantes en el rancho San Rafael fueron *Boophilus microplus* y *Amblyomma cajennense*, encontrándose en menor proporción *Amblyomma inornatum* por una posible infestación directa con la fauna silvestre que habita en la región. En cuanto a la resistencia a ixodícidas, inicialmente se presentó resistencia al Asuntol y posteriormente al Amitraz. Se realizó un esquema de vacunación con Gavac Bm86 siguiendo las condiciones del fabricante y los conteos después de la tercera y cuarta vacunación revelaron que las razas de ganado Charolais y Simmental presentaron una mayor infestación al momento de la cuarta vacunación, contrario con lo que sucedió con las razas de Brangus y el ganado comercial donde se observó mayor eficiencia de la vacuna al disminuir el grado de infestación con la cuarta vacunación, éstos resultados sugieren resistencia genética asociada a la raza.

INTRODUCCIÓN

Las garrapatas *Boophilus* representan los ectoparásitos de mayor importancia en México y ocasionan año con año grandes pérdidas en las explotaciones ganaderas.

Existen diferentes estrategias utilizadas para el control de garrapata. Una estrategia utilizada para el control de animales infestados por estos ectoparásitos es la aplicación de sustancias químicas sobre el cuerpo a ciertos intervalos de tiempo, los cuales están determinados por región ecológica, eficiencia residual del producto y nivel de infestación. El uso indiscriminado de estos productos ha contribuido a que la garrapata desarrolle resistencia a diferentes plaguicidas, dando lugar a que los programas de control incrementen considerablemente sus costos y aumenten las poblaciones de garrapata, siendo una amenaza para la ganadería. En México la resistencia de la garrapata inicia a partir de los años 80, principalmente la resistencia a los piretroides y organofosforados oscilando entre 50 y 95%.

Debido a los problemas de resistencia a los ixodicidas se ha recurrido a nuevas alternativas de control, donde la vacuna constituye una de las opciones con gran avance y con una posibilidad real de dar resultado sin dañar el medio ambiente. La vacuna utilizada, Gavac BM 86, contiene el antígeno intestinal Bm86 de *B. microplus* y se caracteriza por reducir el número de garrapatas hembras repletas, su peso y capacidad reproductiva. Actualmente el uso de esta vacuna combinado con acaricidas constituye un método muy efectivo para desarrollar programas integrales para el control de garrapata.

Se trabajó en un rancho de la región que cuenta con cría de ganado Charolais, Simmental, Brangus negro y Comercial en donde se recolectaron garrapatas de todas las razas para su identificación taxonómica. Posteriormente se determinó la resistencia de la garrapata a los diferentes ixodicidas y se estableció y ejecutó un esquema de vacunación utilizando la vacuna Gavac BM86 para determinar por medio de un análisis porcentual el efecto que tiene en el grado de infestación por garrapata después de la tercera y la cuarta aplicación en las diferentes razas comprendidas en el estudio.

JUSTIFICACION

El control de garrapata (*Boophilus microplus* y *B. anulatus*) es una actividad fundamental en la producción bovina en pastoreo y una estrategia utilizada es el control químico, donde el incremento incontrolado en la resistencia a los ixodicidas y mosquicidas en muchas áreas del Noreste de México está provocando cuantiosas pérdidas en la producción ganadera, aumento en la población de garrapata, incremento en la mortalidad por efecto en la transmisión de babesiosis y anaplasmosis, dando lugar a que los programas de control incrementen considerablemente sus costos y aumente las poblaciones de garrapata constituyendo una amenaza para la ganadería por lo que actualmente se ha implementado el uso de la vacuna GAVAC Bm86, sin embargo es necesario evaluar la respuesta de esta vacuna en las diferentes razas de ganado, así como conocer los niveles de resistencia a los productos químicos, resaltando la importancia de desarrollar un programa de manejo integral de garrapatas adecuado a las condiciones de cada rancho, ya que se debe considerar

que métodos efectivos en ciertas circunstancias epidemiológicas serán ineficaces en explotaciones o regiones con distintas características.

HIPOTESIS

Existen diferencias asociadas a la raza (**Charolais, Simmental, Brangus negro y Comercial**) del ganado en cuanto a la resistencia a ixodíidas y la efectividad de la vacunación con Bm86 en la incidencia de garrapata.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la resistencia a ixodíidas y el efecto de la vacunación con Bm86 en el grado de infestación por garrapatas en las razas de ganado Charolais, Simmental, Brangus negro y Comercial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información del área de estudio: datos del rancho, ganado, pastos y alimentación, manejo general, instalaciones y equipo.
- Identificar taxonómicamente las garrapatas colectadas.
- Evaluar por el método de Stone & Haydock la resistencia de garrapatas a organofosforados, piretroides y amidinas.

- Diseñar y realizar un esquema de vacunación utilizando la vacuna BM86 en las diferentes razas de ganado a estudiar.
- Determinar el grado de infestación por garrapatas en las diferentes razas de ganado después de la tercera y cuarta vacunación.

ANTECEDENTES

La ganadería es una de las actividades principales en México y constituye una de las fuentes alimentarias de mayor importancia en el mundo (Preston y Hong, 1997). El 70% de la proteína que es consumida por el hombre proviene de los rumiantes, (Minson, 1990). En un reporte emitido por la SAGAR (1999) confirman una población de 30 millones 177 mil reses en el país de México. Uno de los ectoparásitos de mayor importancia a nivel mundial es la garrapata (Davey *et al.*, 1997) ya que transmiten diversos gérmenes al ganado bovino, animales domésticos y silvestres, tales como la anaplasmosis (Xianxun and Wenshun, 1997) y babesiosis (Yeruhan *et al.*, 1998). Se cree que de las 800 especies que se conocen de la garrapata un 10% está establecida en México (SAGARPA, 2006). En México se han identificado 77 diferentes especies de garrapatas que afectan al ganado bovino y al hombre, destacando solo tres variedades por ser las de mayor frecuencia en el ganado bovino: *Boophilus microplus*, *Boophilus annulatus* y *Amblyomma cajennense*. (Solís, 1993; Villaseñor, 2000).

La producción de ganado bovino se ve afectada de diversas maneras, además de la transmisión de enfermedades que les puede causar la muerte como ya se mencionó también causa excoriaciones en la piel de los animales, abortos y anemia (Yeruhan *et al.*, 1998) y se reduce considerablemente la producción de leche y carne (Dreyer *et al.*, 1997).

Para combatir este problema existen diferentes mecanismos alternativos que van desde acaricidas químicos (Davey *et al.*, 1997), agentes biológicos (Kalsbeek *et al.*, 1995 Kaaya *et al.*, 1996), manejo genético (Meltzer, 1996) y vacunas (Morrison 1996).

La garrapata *Boophilus microplus* ha sido la principal especie bajo control en las campañas realizadas en México. Los productos que se han utilizado son Organofosforados, Piretroides, Amidinas y Endectocidas (lactonas macrocíclicas). Estos productos han sido utilizados con éxito en el control de las garrapatas; sin embargo, su uso irracional ha ocasionado la generación de cepas de garrapatas resistentes.

Generalidades de las garrapatas

Los artrópodos son el grupo más numeroso de animales que habitan la tierra y las garrapatas son pertenecientes a este filum y a su vez son caracterizados por tener apéndices articulados. El cuerpo y los apéndices están cubiertos por una cutícula, la cual contiene un polisacárido nitrogenado llamado quitina y una proteína llamada esclerotina la cual le da dureza a la pared corporal. (Prescott et al., 2003)

Las garrapatas son los hematófagos más importantes que existen, ya que transmiten una cantidad muy importante de gérmenes patógenos, contando además con un amplio rango de hospederos: ovipositan una gran cantidad de huevos y carecen de enemigos naturales (Samish y Rehacek, 1999)

Taxonomía

Las garrapatas *B. microplus* y *Amblyomma* pertenecen al Phylum Artropoda, a la clase Aracnida, al Orden Acarina, al Sub Orden Ixodoidea y a la familia Ixodidae (Bautista, 2006). Los miembros pertenecientes a esta especie se caracterizan por ser pequeños y carecer de ornamentación; dentro de esta familia destacan *R. microplus* y *R. annulatus* (Quiroz, 2005).

Las garrapatas se clasifican en dos grupos (Figura 1)

1. Garrapata blanda de la familia Argasidae, no presentan escudo, tienen capitulo ventral, con pedipalpos parecidos a las patas, ojos laterales y en ocasiones cuando se presentan surcos supracoxales hay estigmas muy pequeños (Krantz, 1978).
2. Garrapatas duras de la familia Ixodidae si presentan escudos y capitulo terminal, dimorfismo sexual, el macho adulto puede presentar el dorso parcial o totalmente recubierto por una placa llamada escutum. En las etapas inmaduras y en las hembras, el escudo solo cubre la parte anterior del dorso por detrás del capítulo, el cual esta ornamentado por un patrón de gris o blanco sobre el fondo oscuro o no ornamentado si no presenta patrón.(Harwood and James,1993).

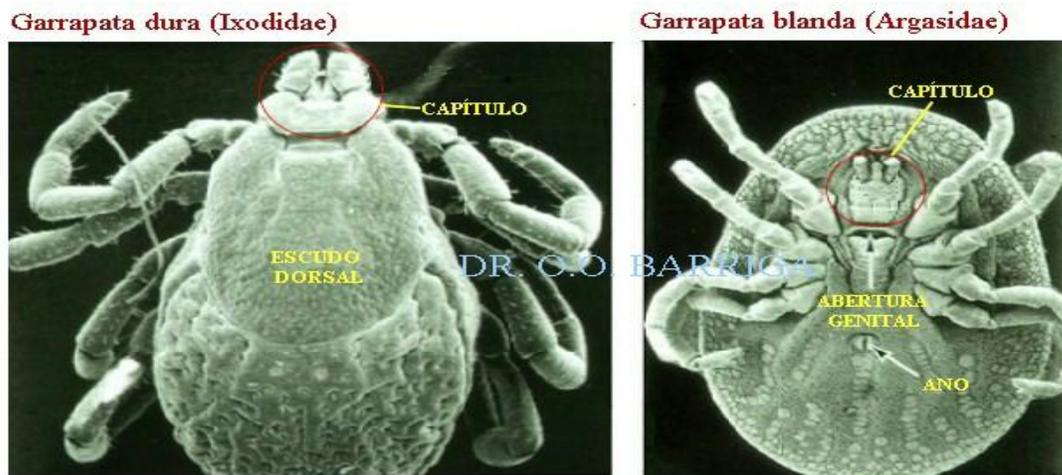


Fig.1. Garrapata dura (Ixodidae) y garrapata blanda (Argasidae).

<http://www.veterinaria.org/revistas/parasitologiaveterinaria/>

El tamaño de la garrapata varia conforme a la especie, sin embargo las hembras que están repletas de sangre rara vez exceden los 20mm. Las garrapatas están diseñadas para impedir la

perdida excesiva de agua cuando se encuentran en el periodo de desecación recuperándose tan solo absorbiendo las acumulaciones del rocío (Howell, 1975).

Hoogstral (1972) menciona que las garrapatas duras, en relación a la cantidad de huéspedes que necesitan para llegar del estadio larval al de adultos, se clasifican de la siguiente manera:

1. Garrapatas de un solo hospedero, como son *B. microplus* y *Dermacentor nitens*.
2. Garrapatas de dos hospederos, ejemplo *Rhipicephalus evertsi*, *Hyalomma marginatum*.
3. Garrapatas de tres hospederos, como son *Amblyomma ssp.*, *Ixodes ssp.* y *Rhipicephalus sanguineus*.

Morfología de las garrapatas

Las garrapatas que pertenecen a la familia Ixodidae se caracterizan por poseer un escudo dorsal, el cual se presenta de manera completa en los machos y de manera incompleta en el caso de las hembras ya que esto permite que el abdomen crezca y se agrande lo suficiente para contener hasta dos centímetros cúbicos de sangre.

En todos los estados evolutivos es característica la presencia de un rostro terminal con hipostoma grande y dentado. Los palpos se insertan a los lados de las piezas bucales y se componen de cuatro segmentos, siendo el segundo de estas piezas importantes para la diferenciación de los géneros. En la parte anterior se localiza el capitulo y es visible dorsalmente, las placas especulares se localizan posterior a la coxa IV.

Los ojos se localizan en la región dorsal y están ubicados cada uno al lado del escudo, a nivel del segundo y tercer par de patas, se cree que los ojos solo perciben luz y movimiento, no todos los géneros de garrapata presentan ojos.

Hay un dimorfismo sexual muy considerado ya que la hembra es de un tamaño mayor considerable en relación al macho. En esta familia Ixodidae existe un órgano adhesivo (ventosa) el cual le permite caminar sobre el animal y al mismo tiempo sostenerse sobre el mismo, dicha ventosa es llamada caruncular, ambulacro o pulvillum, y también se encuentran un par de garras que le permiten afianzarse mejor a cualquier superficie.

Distribución de la garrapata

Las garrapatas *Boophilus microplus* se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales del mundo con un rango de expansión para algunas especies debido a cambios de condiciones climáticas. (Barker y Murrell 2004; Estrada-Pena et al 2006; Olwoch et al 2007)

El clima es un factor importante que interviene directamente en la reproducción y supervivencia de la garrapata, también el género presente de dicha región depende de este factor.

Las condiciones climáticas como humedad relativa, la temperatura, y la vegetación son de mayor importancia y determinantes para la distribución geográfica de especies de garrapatas en México (Figura 2). Algunos otros factores que también se ven involucrados en esta distribución es la altitud, presencia y abundancia de hospederos y las prácticas de control en el que el hombre es participe sobre las poblaciones de las garrapatas.

Las garrapatas *B. microplus* se presenta en el país en una área de muy extensa ya que abarca zonas tropicales, templadas y áridas y se considera que cubre un total de 1,043,772 km² que representa un total del 53% del territorio Nacional.



Figura 2. Distribución de la garrapata *Boophilus spp.* en el Territorio Nacional. <http://www.senaasica.gob.mx>

B. annulatus tiene una mayor preferencia sobre zonas áridas y templadas y abarca aproximadamente un territorio de 539,087 Km² que representa un 27% del territorio nacional. En la actualidad muchos de los municipios de México donde se tenía una erradicación total de *B. microplus* ya se están viendo reinfectadas por el ectoparásito.

A. cajennense es la especie de este género con la mayor distribución en México, cubriendo una superficie total de 609,857km² y representa un 31% del territorio nacional.

Ciclo biológico de las garrapatas

Las garrapatas presentan cuatro estadios y son vitales para su ciclo biológico siendo: el huevo, la larva o pinolillo, la ninfa, y el adulto. Las garrapatas pueden llegar a tener hasta tres hospederos para lograr su desarrollo y se le denominan garrapatas de 1, 2 o 3 hospederos, las garrapatas del género *B. microplus* son solo de un hospedero y consta de dos etapas bien definidas: la parasitaria y la no parasitaria mientras que las garrapatas del género *Amblyomma* son de tres hospederos y presenta tres fases: la fase no parasítica, la fase parasítica y la fase de encuentro (SAGARPA 2006).

La fase parasítica de *B. microplus* inicia cuando la larva sube al hospedero se adhiere e inicia la ingurgitación y muda a ninfa en un lapso de 7 días y posteriormente se convierte en adulto, diferenciándose los machos de las hembras, estos copulan y las hembras quedan grávidas para desprenderse y caer al suelo para comenzar su fase no parasítica. Esta etapa del ciclo biológico dura aproximadamente entre 19 a 21 días en condiciones óptimas. Y las hembras de *B. microplus* llegan a poner entre 2,500-3500 huevecillos. (Figura 3 y Tabla 1) (SAGARPA 2006)

La garrapata del género *Amblyomma* se caracteriza por la utilización en su ciclo biológico de tres hospederos La larva es alimentada por su primer hospedero, posteriormente cae al suelo donde muda del estado larvario para convertirse en ninfa, en este estado ataca a su segundo hospedero, alimentándose hasta estar repleta y caer al suelo para mudar al estado de adulto donde sube a su tercer hospedero en donde se alimenta nuevamente. (Figura 4 y Tabla 2). Una hembra repleta de *A. cajennense* pone de 5,000-6,500 huevos (SAGARPA 2006).

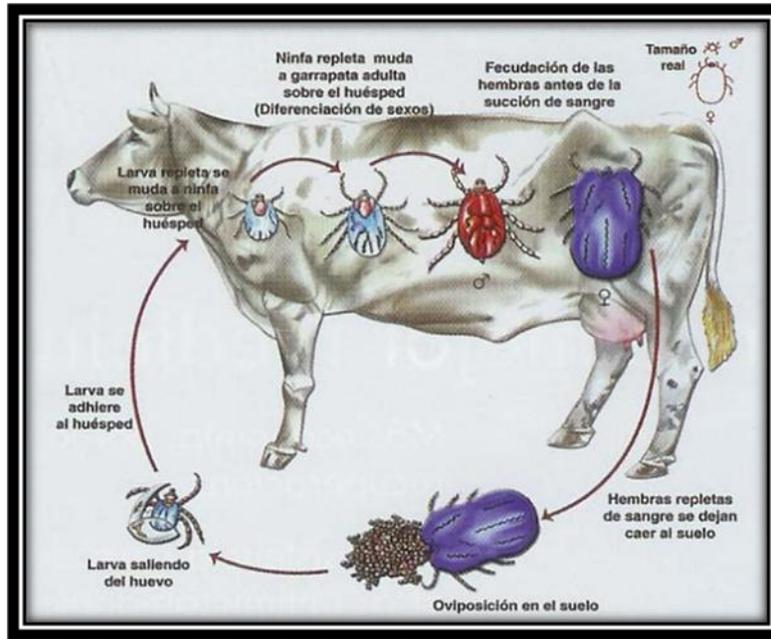


Fig 3. Ciclo biológico de la garrapata *Boophilus microplus* (Garrapata de un hospedero). SAGARPA 2006

Cronología evolutiva	Días
Periodo pre-oviposición	2-39
Periodo de oviposición	4-44
Incubación de huevos	14-146
Alimentación de la larva y muda (metamorfosis)	7-10
Alimentación de la ninfa y muda	5-12
Alimentación de la hembra y muda	5-12
Supervivencia de la larva en ayuno	240 o mas

Tabla 1. Cronología del ciclo evolutivo de la garrapata *B. microplus* (SAGARPA 2006)

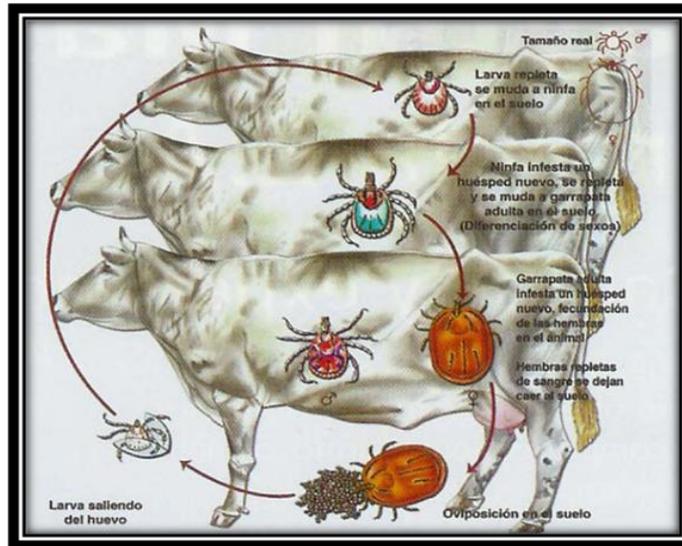


Figura 4. Ciclo biológico de la garrapata *Amblyomma cajennense* (Garrapata de tres hospederos) (SAGARPA 2006)

Métodos de control de garrapatas

Control químico

La práctica más común para el combate de la garrapata descrita por Spickett (1994) es el control químico. Estos tratamientos son utilizados para mejorar la producción ganadera evitando así enfermedades para mantener un buen control sobre la plaga (Duncan, 1997; Davey y George, 1999), sin embargo se ha encontrado también que el uso de estos productos causan daños colaterales en la salud humana y animal ya que se ha detectado contaminación a nivel de la carne, leche y medio ambiente (Lawrence et al., 1996; Canales et al., 1997; Froyd, 1997).

Cronología evolutiva	Días
Periodo de pre-oviposición	9-20
Periodo de incubación de huevos	37-154
Alimentación de la larva	3-7
Muda de larva	10
Alimentación de la ninfa	3-13
Muda de la ninfa	12-105
Alimentación de la hembra	7-12
Supervivencia de la larva en Ayuno	55-386
Supervivencia de la ninfa en ayuno	Más de 405
Supervivencia del adulto en Ayuno	466

Tabla 2. Cronología del ciclo evolutivo de Amblyomma cajennense (SAGARPA 2006)

Los productos que son elaborados con base de cloro, fósforo, carbamatos, piretrinas o amidinas presentan una alta residualidad y toxicidad (Davey y George, 1998) y por esta causa en varios países del mundo se tiene prohibido el uso, sin embargo en algunos otros como México se siguen utilizando en grandes cantidades para el control de esta plaga (Pagoda y Preston, 1997).

Uno de los problemas que se tienen con el uso frecuente de estos acaricidas es la aparición de animales susceptibles a las garrapatas y a las enfermedades provocadas por los hemoparásitos, además de la cantidad de residuos que son encontrados en los productos de la carne y leche como también en el medio ambiente. (Kemp et al., 1991)

Spickett (1998) comenta que los organofosforados actúan sobre la garrapata inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa; la falta de esta provoca que se acumule en las uniones nerviosas y provoque la incoordinación por un exceso de estímulo nervioso. Sin embargo el sistema

inmunológico de la garrapata llega a reconocer el producto y de esta manera se presentan diversas formas de resistencia:

- a) poseer colinesterasa insensible a la inhibición
- b) operar con niveles muy bajos de la misma enzima
- c) desarrollar mecanismos para reducir toxicidad del acaricida.

Corn y colaboradores, (1994) evaluaron el efecto de los acaricidas para reducir las infestaciones de garrapatas en pequeñas especies, esto con el fin de encontrar mejores resultados en los ixodicidas comerciales y se obtuvieron en fases inmaduras de la garrapata. Por otra parte Mekonnen (2000) y (2001) menciona que el uso de amitraz en becerros de 6 a 8 meses de edad es más efectivo ya que después de 18 días no se encontraron garrapatas en los animales tratados.

Los fármacos son la base para el control de los parásitos en los animales domésticos (Awumbila, 1996; Spickett et al 1995); a pesar de que estos productos son de mayor importancia en las enfermedades parasitarias, la tendencia ha cambiado hacia un planteamiento más flexible utilizando otras medidas diversas de control (Williams et al., 1997), algunas de las razones para este cambio son:

- a) Los fenómenos de resistencia de parásitos contra los compuestos químicos
- b) El escaso desarrollo de nuevos productos que no produzcan resistencia
- c) Las leyes ambientales sobre tóxicos y residuos cada vez más estrictas implicando altos costos en la investigación; con bajos beneficios en la industria por la corta vida media de los productos en el mercado.

- d) Un alto costo en los productos nuevos al usuario
- e) Problemas relacionados con toxicidad y contaminación de los productos

Productos usados para el control de garrapatas

Conforme a lo establecido por la Ley Federal de Salud todos los plaguicidas que se comercializan en México deben contar con el registro sanitario que emite la Secretaría de Salud, existen algunos plaguicidas restringidos por considerarse de riesgo para la salud humana y animal (Tabla 3).; otras de las dependencias a las que también se acude para el registro son SEMARNAT, SAGARPA, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, estos a su vez conforman la Comisión Intersecretarial para el control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICLOPLAFEST).

GARRAPATICIDAS		
1,3 Dicloropropeno	Fosforo de aluminio	Alaclor
Aldicarb	Isotiocianato de metilo	Aldicarb
Lindano	Bromuro de metilo	Metam sodio
Clordano	Metoxicloro	Paracuat
Cloropicrina	Mevinfos	Dicofol
Forato	Clorotalonil	Quintozeno
Pentaclorofenol		
Metamidofos		

*Tabla 3. Plaguicidas restringidos para el control de la garrapata *Boophilus microplus* en México.*

Productos permitidos para el control de la garrapata

A consecuencia de la aparición de garrapatas con resistencia a los organofosforados en México en 1986 se permitió la comercialización de nuevos ixodicidas como los piretroides y el amitraz. Siendo los primeros los de mayor uso debido a su gran poder residual y su estabilidad en los baños de inmersión. (Aguirre, et al., 1986)

En México en el año de 1992 se permitió el uso de los siguientes productos químicos para el control de la garrapata: Lindano, Coumaphos, Clorfenvinfos, Diazinon, Flumetrina, Deltametrina y Cipermetrina. (Aguirre y Santamaria. 1992). En 1993 se presentó por primera vez algunos casos de resistencia a los piretroides en los estados de Tabasco, San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas (Ortiz et al.,1995).

El uso del amitraz se incrementa luego de la presencia de la resistencia en los piretroides y los organofosforados, ya que se consideró una alternativa muy prometedora pero a principios del 2001 en la región de los ríos de Tabasco se detecta resistencia a las amidinas. Este descubrimiento de poblaciones multi-resistentes también llamada cepa San Alfonso, es diagnosticada con características toxicológicas de resistencia a las amidinas, piretroides y organofosforados (Soberanes et al., 2002) representando así un problema muy complejo de resolver.

El 88% de los ranchos con garrapatas resistentes a piretroides en el sureste de México también lo son a los organofosforados, lo cual marca una relación estrecha a la resistencia de las dos familias de ixodicidas (Rodríguez-Vivas et al., 2007). En México se sigue expandiendo la resistencia múltiple, esto a raíz de la presión ejercida para el uso de ixodicidas en el

transcurso de los últimos años, en la actualidad la resistencia múltiple ya se ha diagnosticado prácticamente en todo el país (Rosario-Cruz et al., 2009).

Organoclorados

Son considerados la primera clase química de plaguicidas y antiparasitarios del siglo XX. El compuesto DDT (fórmula $(C_{14}H_9Cl_5)$, (dicloro-difenil-tricloroetano), es el primer insecticida orgánico de amplio espectro en la historia y fue descubierto en 1939 por el químico suizo Paúl Hermann Muller.

Los organoclorados actúan sobre la membrana de las células nerviosas perturbando el cierre de los canales de sodio durante la repolarización y con ello la transmisión correcta del estímulo nervioso. Con una concentración baja el ectoparásito sufre de una hiperexcitación y a altas concentraciones se sigue de una parálisis y muerte.

Otro de los antiparasitarios utilizados fue el lindano, recomendado para el control de piojos y sarna en humanos y garrapatas y otros parásitos externos en el ganado y como protector de semilla.

En México a través de la Secretaría de Salud se canceló toda importación de organoclorados por su efecto tóxico desde el año del 2006, se permitió su venta solo hasta agotar la existencia de lo que se tenía ya introducido en el país, cancelando así de manera definitiva el registro. También la SEMARNAT propuso al lindano de entrar al convenio de Estocolmo para ser eliminado mundialmente. (Junquera, 2009).

Organofosforados

A toda sustancia derivada de la molécula del ácido fosfórico se le denomina insecticida organofosforados (IOP) y son del grupo de los insecticidas llamados “de contacto” ya que

estos actúan al absorberse mediante los lípidos de la caparazón de los insectos. (Gisbert JA. Villanueva E.1992)

Su efecto principal es la inhibición de la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (neurotransmisor), esto produce un efecto en el aumento de estímulos nerviosos de los insectos. Son liopofílico, se absorben a través de la piel del humano y se acumulan en el tejido adiposo donde son liberados lentamente a la sangre y permanecen de 4 a 8 días, ingresan al organismo por vía dérmica, respiratoria, digestiva y conjuntiva.

Los medicamentos de mayor uso en este grupo son: Clorfenvinfos, Clorpirifos, Coumafos y Diazinon (Tabla 4).

ORGANOFOSFORADOS		
Producto Comercial	Principio activo	Forma de aplicación
Asuntol liquido	Coumafos	Aspersión, Inmersión
Asuntol polvo	Coumafos	Aspersión, Inmersión
Co-ral flotable	Coumafos	Aspersión, Inmersión
Dursban 24E	Clorpirifos	Aspersión, Inmersión
Ganafos	Coumafos	Aspersión, Inmersión
Link	Clorpirifos	Aspersión, Inmersión
Supona CE	Clorfenvinfos	Aspersión, Inmersión

Tabla 4. Organofosforados autorizados por la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México, para el control de las garrapatas en México.

Piretroides

Los piretroides son insecticidas sintéticos, tienen una similitud en la estructura química de las piretrinas pero con una modificación que las vuelve más estables en el ambiente. Son solubles en el agua y son hidrolizados por los álcalis.

Los piretroides se clasifican en dos grupos:

- Tipo I: Carecen del grupo alfa-ciano en su molécula tales como lo son: aletrina, permetrina, tetrametrina, cismetrina y d-fenotrina.
- Tipo II: este grupo cuenta con la molécula alfa-ciano como son: cipermetrina, deltametrina, fenvalerato y fenpropatrin.

Los productos comerciales que son derivados de piretrinas y piretroides generalmente utilizan derivados del petróleo como disolvente. Además algunos contienen compuestos organofosforados y organoclorados que actúan como sinergistas para mejorar su efecto insecticida.

El mecanismo de acción de los piretroides se produce provocando un bloqueo de la actividad motriz o bien por la producción de excitabilidad, incoordinación de movimientos irritabilidad, parálisis, letargo y muerte del insecto. Los piretroides tienen un efecto residual de 15 días. Entre los fármacos más frecuentes de este grupo se encuentran: la cipermetrina, deltametrina y flumetrina (Tabla 5).

PIRETROIDES

Producto Comercial	Principio activo	Forma de aplicación
Barricada CE	Cipermetrina	Aspersión, inmersión
Batestan Plus	Cipermetrina	Aspersión, inmersión
Batestop	Deltametrina	Pour on
Bayticol Baño	Flumetrina	Aspersión, inmersión
Bayticol PO	Flumetrina	Pour on
Butox	Deltametrina	Aspersión, inmersión
Cypermil aspersion	Cipermetrina	Aspersión
Cypermil pour on	Cipermetrina	Pour on
Elantik 25	Zeta Cipermetrina	Pour on
Elantik 62.5	Zeta Cipermetrina	Aspersión, inmersión
Panecto pour on	Alfa Cipermetrina	Pour on
Renegade pour on	Alfa Cipermetrina	Pour on
Ticoff	Cipermetrina	Aspersión, inmersión
Ultimate	Alfa Cipermetrina	Aspersión, inmersión
Ultimate pour on	Alfa Cipermetrina	Pour on

Tabla 5. Piretroides autorizados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México, para el control de las garrapatas en México.

Amidinas

Las amidinas o formamidinas son una clase de sustancia especial activas con acción parasiticidas y tienen actividad de contacto contra las garrapatas, ácaros y piojos, esta

actividad insecticida-acaricida es descubierta en los años sesenta del siglo XX (Soberanes y Santamaría, 2002).

El amitraz pertenece a la familia química de las amidinas (Tabla 6) que se utiliza en medicina veterinaria y en la agricultura como insecticida parasiticida y acaricida. La principal sustancia activa de esta clase es el amitraz al 12.5% y es utilizado en el ámbito ganadero como un antiparasitario externo usado principalmente en contra de las garrapatas, ácaros y piojos en bovinos, ovinos y porcinos (Rodríguez et al., 2006).

El mecanismo de acción de las amidinas aún no es muy claro y se ha propuesto un mecanismo de interferencia en la fosforilación oxidativa inhibe la acción de la enzima monoamino oxidasa al afectar la transmisión de fibras nerviosas adrenérgicas e interfiere en el metabolismo de las catecolaminas. En las garrapatas actúa inhibiendo la octopamina lo cual provoca hiperexcitabilidad, parálisis y muerte. Esto hace que las garrapatas no se puedan fijar a los hospederos y se suelten, también tiene un efecto repelente lo que hace que muchas de las garrapatas se desprendan del hospedador antes de morir, lo que se conoce como acción de derribe (Miller et al., 2007).

Lactonas macrocíclicas

Las lactonas macrocíclicas pertenecen a dos grandes familias según sea el actinomiceto de cuya fermentación provienen:

- *Streptomyces avermitilis*: avermectinas: Abamectina
Ivermectina
Doramectina
Eprinomectina

Selamectina

- Streptomyces cyaneogriseus: Milbemicina :Nemadectina

Moxidectina

Milbemicina B41 D

Streptomyces

Hygroscopicus

Milbemicina 5-Oxima

AMIDINAS

PRODUCTO COMERCIAL	PRINCIPIO ACTIVO	FORMA DE APLICACIÓN
Bombard	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Bovitraz	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Drastic	Amitraz	Aspersión, Inmersión
GAmitraz	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Nokalt	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Preventick solución	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Taktic	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Trak	Amitraz	Aspersión, Inmersión
Triatix	Amitraz	Aspersión, Inmersión

Tabla 6. Endectocidas autorizados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México, para el control de las garrapatas en México

Origen y clasificación de las lactonas macrocíclicas (Lifschitz y col 2002).

Las lactonas macrocíclicas comparten algunas propiedades fisicoquímicas muy generales: hay pequeñas diferencias en las estructuras químicas entre avermectinas y milbemicinas o incluso dentro del mismo grupo de las avermectinas hay cambios en el comportamiento farmacocinético el cual, se refleja en la eficacia y persistencia antiparasitaria de las mismas (Lifschitz y col 2002).

Las lactonas macrocíclicas más utilizadas para el control de ectoparásitos son:

Ivermectina

Es el resultado de la fermentación bacteriana del *Streptomyces avermitilis*, esto se obtuvo en el año de 1979 por primera vez. La ivermectina es un fármaco liposoluble y poco hidrosoluble por lo tanto las vías de aplicación más recomendadas son la (SC) subcutánea, intramuscular (IM) y tópica (pour on) (Lifchitz y col 2002).

La ivermectina es la lactona macrocíclica de mayor difusión y utilización en las diferentes especies de animales en todo el mundo, por lo tanto es la más estudiada con respecto a sus características farmacodinámicas y farmacocinéticas. Dentro de sus propiedades fisicoquímicas están la de su alto peso molecular y la alta lipofiliidad, a lo que en farmacocinética se refiere en un alto volumen de distribución, con una gran afinidad de grasa corporal y su prolongada acción en el organismo (Sumano y Ocampo 2006), el tiempo de la liberación de la ivermectina es de 7 días después del tratamiento SC en bovinos (Lifschitz y col 2007).

Doramectina

Es una lactona macrocíclica muy similar a la ivermectina, solo que posee una disponibilidad plasmática por un periodo más prolongado a la ivermectina (Sumano y Ocampo 2006).

La doramectina cuando es administrada por vía subcutánea ha demostrado una eficaz respuesta en contra de parásitos y ectoparásitos, la concentración es más alta que otras ivermectinas en la luz intestinal. La mayor parte del fármaco administrado por vía intramuscular o por vía subcutánea no se metaboliza, encontrándose doramectina aun después de tres a veintiún días sin cambios en un 58-70% en tejidos, en un 91% en grasa, en heces después de 14 días en un 87% cuando es administrada por vía subcutánea y en un 1% en orina (Lifschitz y col 2007)

Desarrollo de resistencia

La resistencia es la capacidad que adquieren los individuos de una población parásita que les permite sobrevivir a los químicos que para una población normal serían letales (Woodham y col 1983; Nari y Hansen, 1999). También se define como “la evolución de una condición en una población de insectos y artrópodos que les permite tolerar dosis de tóxicos que serían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de una misma especie” (SAGARPA, 1994; Nari y Hansen, 1999). La resistencia cruzada (RC) es el mecanismo que utilizan las especies resistentes para sobrevivir a la exposición de insecticidas relacionados químicamente, usando una línea de detoxificación genérico (Metcalf 1989). La resistencia múltiple (RM) es la utilización de diversos mecanismos hacia la acción de varias clases de insecticidas no relacionados químicamente (Metcalf 1989). En México desde el año de 1981 se ha reconocido la presencia de garrapatas resistentes a ixodicidas Organofosforados, la

cuales comprenden las áreas tropicales bajas del golfo de México y la península de Yucatán.
(Aguirre y Santamaría, 1996)

Causales de resistencia

El uso irracional de los ixodicidas ha causado la aparición progresiva de cepas de garrapatas resistentes en campo, se dice que la resistencia es un proceso evolutivo el cual actúa por selección genética y consta de 3 etapas (Lee et al 1999):

- Etapa de establecimiento: esta fase considera la aparición del alelo de resistencia en una población de garrapatas, dicho evento se da a través de mutaciones naturales e independientes a la presión de selección y se manifiesta por una tasa proporcional al tamaño de la población, en algunos casos este alelo ya está presente antes del primer contacto de las garrapatas al acaricida contra el cual se producirá la resistencia.
- Etapa de desarrollo: en esta fase se tiene un incremento en el número de individuos resistentes que se da gracias a la sobrevivencia de estos a los compuestos químicos en relación con la tasa de mortalidad de individuos susceptibles.
- Etapa de emergencia: aquí el alelo de resistencia ya se considera un gen común y es distribuido entre la población de garrapatas el cual repercutirá directo en campo y se notara en la ineficacia de los productos utilizados para el control de la garrapata. Esta etapa es considerada la más rápida.

Algunos de los mecanismos de resistencia a los ixodicidas que ocurren en las garrapatas se mencionan:

- Insensibilidad en el sitio de acción: en este elemento de defensa, el artrópodo cambia el sitio de acción del ixodicida con la intención de contrarrestar la toxicidad del

ingrediente activo del producto químico. un ejemplo muy común es la mutación en la garrapata en el gen del canal de sodio que crea resistencia a los piretroides.

- Proceso metabólico.: en este mecanismo se distingue por la destoxificación enzimática del ixodicida que es degradado como consecuencia de la acción de las enzimas que participan en el proceso de destoxificación del artrópodo (LEE et al., 1999).

Vacunas

Actualmente se le conoce como inmunidad inducida a la respuesta inmunológica protectora contra los parásitos basada en la inmunización de un hospedero con los antígenos que provienen de órganos o tejidos de parásitos que regularmente no intervienen en las interacciones hospedero-huésped (Rodríguez, 2000).

Esta inmunización es capaz de inducir de una respuesta en los animales vacunados y tiene como objetivo obtener una mayor duración y protección además de evitar impactar negativamente en el medio ambiente a diferencia de los métodos de control tradicional como lo son los químicos, aunado a que su costo no es muy elevado. (Khalafallah y Elakabaway, 1996; Canales, *et al.*, 1997). Este método surge de tomar como antecedente la respuesta inmune natural que montan algunos animales que presentan una resistencia adquirida ante la presencia reiterada de los parásitos, provocando una disminución en el número de garrapatas por animal, este grado de resistencia es muy variable dependiendo el tipo de razas de ganado vacuno por ejemplo el *Bos indicus* y *Bos Taurus*, la cruce entre estos se genera un llamado F1 que resulta con una inmunidad mayor a la de *Bos Taurus* pero menor a la del *Bos indicus*. Esta resistencia generada por mejoramiento genético no es muy exitosa y la desventaja es que nunca se mantiene un control contra las infestaciones

por el parasito y no logran detener los grandes problemas causados por estos ectoparásitos en la ganadería (Rodríguez 2000).

El uso de las vacunas nos otorga un método más efectivo de control de garrapatas, obteniendo con ello una reducción de costos de producción y operación y un mejor manejo de los animales (Morrison, 1996; Aeschilmann *et al.*, 1989).

A principios de los 90s se desarrollaron las vacunas que indujeron la protección inmunológica de huéspedes vertebrados contra las infestaciones de garrapatas. Estas vacunas contenían el antígeno intestinal recombinante de *B. microplus* Bm86 (Willadsen 2006, De la Fuente J.2003). Dos vacunas con Bm86 recombinante se registraron posteriormente en América (GAVAC) y Australia (TickGARD) durante los años de 1993 y 1997(De la Fuente J. 2007). Estas vacunas se caracterizan por reducir el número de garrapatas hembras repletas, su peso y su capacidad reproductiva, también el efecto en la reducción de las infestaciones de larvas de generaciones posteriores (de la Fuente J *et al.*, 2003, de la fuente *et al.*, 1998).

El mecanismo de acción de la vacuna Bm86 en bovinos es de la siguiente manera: los anticuerpos presentes en la sangre penetran a través del capítulo y la boca, llegando al intestino donde reaccionan con las moléculas blanco provocando la inhibición de la función biología de las mismas. Los anticuerpos que se producen contra Bm86 son capaces de reconocer solamente la membrana plasmática de las células del intestino de la garrapata. En estudios realizados a nivel histológico, se ha demostrado que el efecto de la vacuna en bovinos, es el rompimiento de las células digestivas y que las células del hospedero penetran en la hemolinfa del parasito sin provocar algún daño en los tejidos productores de

la saliva, los anticuerpos inducidos por la vacuna causa daños en el estado adulto del parásito, daños que no han sido detectados en estado larval (Rodríguez 2000).

Hoy en día se sabe que la inmunización de ganado con la vacuna Bm86 se ha convertido en un método altamente efectivo si es utilizado como parte de un programa integral para el control de la garrapata combinado con acaricidas simultáneamente de acuerdo al índice detectado de infestación en el ganado (De la Fuente J *et al.*, 1998, Rodríguez M *et al.*, 2004).

Uno de los beneficios que se han notado con el uso de las vacunas es la reducción de la capacidad reproductiva de las hembras repletas y la frecuencia de los tratamientos acaricidas, la ejecución de estos programas utilizando GAVAC implica un esquema de vacunación que se inicia con la administración de tres dosis en la semana 0, 4, 7 seguida de un refuerzo a los seis meses y posteriormente anual (Rodríguez M *et al.*, 2004, de Moura Souza R *et al.*, 2005). Utilizando el método de inmunización, se demostraron altos títulos de anticuerpos en bovinos sin importar raza, sexo o categorías de reproducción (Enríquez A. *et al* 1999).

En la actualidad son las vacunas las que tienen acaparada la atención de científicos y técnicos (Labarta *et al.*, 1996; Canales *et al.*, 1997; Bowman *et al.*, 1997).

Aun no se obtienen reportes sobre el costo beneficio de la aplicación de la vacuna. En un trabajo realizado en campo donde aplicaron la vacuna Gavac a 260,000 animales se obtuvo una reducción del 60% de las aplicaciones de acaricidas químicos teniendo un costo por animal de \$23.4 dólares por animal al año (Vega and Díaz, 1985).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en el estado de Nuevo León, México, en el municipio de China en el rancho San Rafael, con una posición geográfica de Latitud 25° 24' 48.1" y una Longitud 98° 31' 3.5", es una zona con un clima cálido y seco, la temperatura máxima es de 39° y una mínima de 9°, los meses más cálidos son de mayo a septiembre y los más fríos son de noviembre a febrero, la precipitación anual es de un promedio de 303 mm/ año. El mapa de este rancho, las subdivisiones del mismo y la distribución de las razas de ganado se observa en la Fig.5.

La actividad económica del rancho es principalmente la ganadería, se cuenta con cría de ganado Charolais, Simmental, Brangus negro y Comercial.

Recolección de información del área de estudio a través de cuestionarios

Para recabar información básica referente al área de estudio se generó un formato de cuestionario que abarca los siguientes aspectos:

-Datos del rancho: Propietario, dirección, nombre del rancho, municipio, estado, ubicación, georeferencia, tipo de propiedad, tipo de explotación, superficies total, de pastos y agostadero, agricultura y número de personas que trabajan en el rancho.

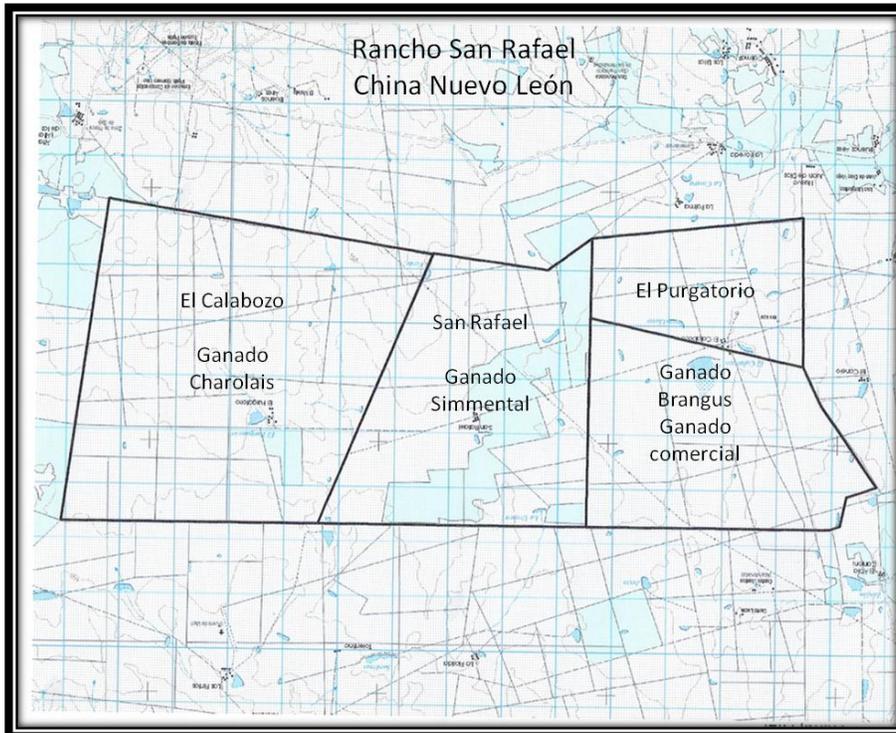


Fig.5. Mapa del rancho san Rafael, China Nuevo León. Subdivisiones del rancho y distribución de las razas de ganado.

-Ganado: Total de animales (número de vacas, vaquillas, toros, becerros, reemplazos, crías, borregos, cabras, equinos), fauna silvestre existente en el predio, razas o cruza que se manejan, introducción de animales de otros ranchos (procedencia).

-Pastos y Alimentación: Tipo de alimento que proporciona al ganado (pasto a libre acceso, agostadero, balanceado), tipo de pasto que tiene (Buffel, nativo, otro), forrajes, granos, suplementos proteicos, aditivos nutricionales y no nutricionales, suplementación con sal mineralizada, fuente de agua para tomar (arroyo, rio, presa, pozo, piletas, otras), análisis del agua y tipo de análisis.

-Manejo general, instalaciones y equipo: Tipo de manejo, presencia de carril o shut, prensa, báscula, existencia de garrapata, promedio de garrapatas por animal, aplicación de baños,

frecuencia de tratamientos, qué método utiliza, cuenta con baños de inmersión, indicador de nivel de agua para recargas, cómo determina la necesidad de carga o recarga del baño. Que garrapaticida utiliza, cual ha usado con anterioridad, fallas del comportamiento de los garrapaticidas, pruebas de resistencia, problemas de piroplasmosis o anaplasmosis, animales muertos por estas enfermedades.

Este cuestionario fue llenado por el dueño del rancho y posteriormente se analizaron los datos.

Recolección e identificación de las garrapatas

En este estudio se incluyeron 340 bovinos Charolais, 350 bovinos Simmental, 70 bovinos de la raza Brangus negro y 153 bovinos comerciales.

Se realizó una inspección visual al ganado bovino, y un conteo de garrapatas para determinar el grado de infestación por raza. Posteriormente se realizó una colecta de dichas garrapatas para determinar la identificación taxonómica, la identificación de las garrapatas se hizo mediante el uso de un microscopio estereoscopio en el laboratorio del Comité para el Fomento y Protección Pecuaria del estado de Nuevo León utilizando las claves de Hoostral (1956); para *Boophilus* y de Jones *et al.*, (1972) para *Amblyomma* y de la SAGARPA (1996) para la familia Ixodidae y Argasidae.

Resistencia a Organofosforados, piretorides y amidinas

Obtención de muestras

Para la prueba de resistencia se hizo una colecta de al menos 30 teologinas de *R. microplus* con ingurgitamiento total. Las garrapatas se colectan con el desprendimiento manual a

contrapelo del bovino, mismas que fueron depositadas en recipientes y previamente identificadas con el nombre del lote de ganado que se trabajó. Los recipientes utilizados para la colecta se manejaron bajo el estándar sugerido por la FAO (2005), los botes de plástico se perforaron de la parte superior para su ventilación, así y con su cámara húmeda, las garrapatas fueron enviadas para su cultivo al Laboratorio Central Regional del Estado de Nuevo León.

Procesamiento de muestras en el laboratorio.

En el laboratorio las teologinas se incubaron para ovopositar en una cámara completamente oscura con una temperatura sugerida de 27 °C y una humedad relativa de 80%. Después de 14 días los huevos se depositaron en un frasco de vidrio y se mantuvieron bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad hasta la eclosión larvaria. Esto ocurre aproximadamente a unos 35 días después de la colección (FAO, 1999).

Bioensayos

Para determinar la resistencia a ixodicidas en este estudio, se utilizó la prueba de PPL descrita por Stone y Haydock (1962) y estandarizada por la FAO (1999): para esto se utilizaron larvas de 7 a 14 días de edad. La prueba utilizó las dosis discriminantes para amidinas (0.0002%) propuesta por Santamaria (1992). La lectura de la prueba se efectuó a las 72 horas posteriores de la incubación de las larvas en estufas de cultivo. Al momento de la lectura, se registró la conducta de cada uno de los paquetes en relación al principio activo al que fue evaluado.

Evaluación de la resistencia

El resultado de los paquetes de larvas consiste en el conteo de la supervivencia de las larvas.

El criterio de respuesta que se evalúa en la PPL es la mortalidad larvaria. Todas las larvas que pudieron caminar o deslizarse al momento del conteo se consideran vivas.

La resistencia se lee y se interpreta de la siguiente manera

0 a 25 +++++ es de 0 a 25 larvas muertas de 100

26 a 50 ++++ es de 26 a 50 larvas muertas de 100

51 a 75 +++ es de 51 a 75 larvas muertas de 100

76 a 90 ++ es de 76 a 90 larvas muertas de 100

91 a 99 + de 91 a 99 larvas muertas de 100

Diseño y ejecución de un esquema de Vacunación utilizando la vacuna

BM86 y análisis de la incidencia

Para el uso de la vacuna se diseñó un calendario de vacunación el cual constó de cuatro aplicaciones de 2 ml de antígeno (100 mg) por dosis del inmunógeno Bm86, la primer dosis a la semana 0, la segunda dosis a la semana 4, una tercer dosis a la semana 8 y una cuarta dosis a los 6 meses después de la primera dosis. La población vacunada fue la totalidad del ganado a partir de un mes de edad.

Después de aplicar la vacunación se realizó un conteo que determinara el grado de infestación con garrapata en los bovinos a tratar.

Determinación del grado de infestación

El conteo de las garrapatas se realizó después de la tercera y cuarta vacunación, con un muestreo aleatorio del 10% del total de hato aproximadamente se cuentan las garrapatas repletas por un solo lado del animal, el conteo se determina pasando la palma de la mano sobre el cuerpo del bovino así detectando las garrapatas repletas que tienen un tamaño entre 4 y 8 mm. Posteriormente se cuentan, se suman y se saca un promedio de infestación del hato en ese momento.

Análisis de los datos de garrapatas promedio por animal en la 3era y 4ta vacunación y entre las diferentes razas

Los datos obtenidos del grado de infestación se analizaron por medio de un análisis porcentual de las garrapatas promedio por animal después de la tercera y cuarta vacunación en la misma raza y entre las diferentes razas incluidas en el estudio.

RESULTADOS

Información del área de estudio

El estudio inició en el año 2009, recabando información básica del rancho a través de la aplicación de cuestionarios, los cuales fueron contestados por el dueño del rancho, arrojando los siguientes datos principales para cada categoría:

-Datos del rancho

Nombre del rancho: San Rafael

Municipio: China

Estado: Nuevo León

Ubicación: Carretera China Méndez km 75 + 20 al oriente

Superficie total del rancho: 5000 has (1500 hectáreas de pastos y 3500 hectáreas de agostadero)

-Ganado

Total de animales: 913

Charolais: 36.69%

Simmental 38.22%

Brangus 8.32%

Comercial 16.75%

Fauna silvestre: venado, jabalí, mapache

-Pastos y alimentación

El ganado recibe como alimento pasto buffel a libre acceso en el agostadero. No se administran aditivos nutricionales y si se suplementa con sal mineralizada. El agua suministrada a los animales proviene de presas y pozos.

-Manejo general instalaciones y equipo

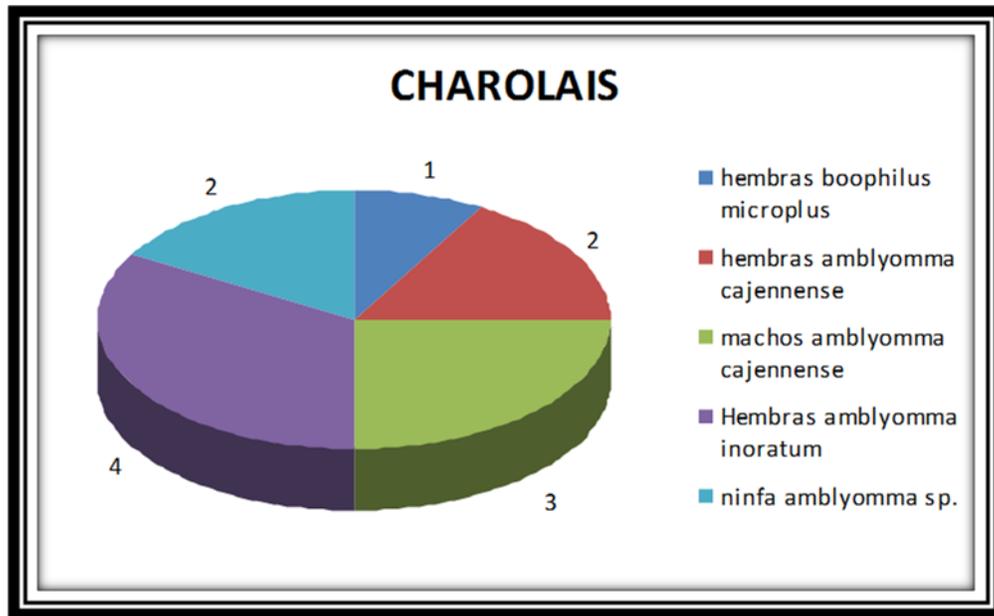
El rancho cuenta con corrales de manejo, carril, shut, prensa ganadera y bascula.

Reporta existencia de garrapata, de 50 en promedio por animal en el mes de abril. Se baña por aspersión el ganado contra la garrapata cada 30 días. Existe un baño de inmersión de una capacidad de 10,000 litros pero no se utiliza. El garrapaticida que se utiliza actualmente para el combate de las garrapatas es el Tactic (amitraz). Anteriormente han utilizado asuntol, pero cambiaron por ineffectividad del producto ya que no disminuía el número de las garrapatas. Se han realizado pruebas de resistencia y el resultado fue positivo a organofosforados y piretroides.

Se han presentado problemas de anaplasma y piroplasma (fibre de garrapata), causando la muerte de 9 animales en la época de abril-mayo. Los meses críticos de infestación de garrapata son de abril a octubre.

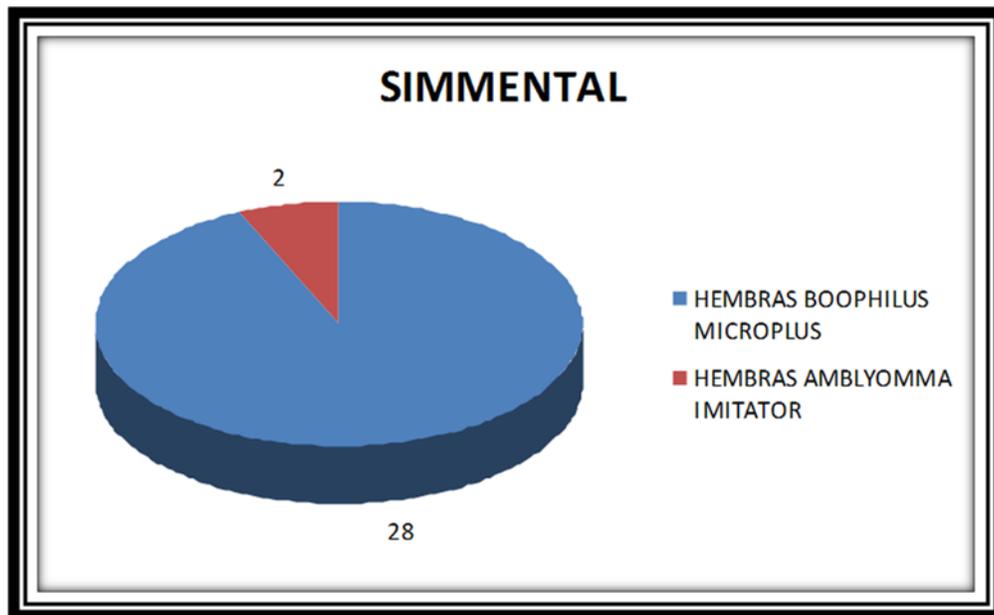
Identificación taxonómica de garrapatas

En la colecta realizada para determinar la identificación taxonómica en ganado Charolais, se colectaron 12 garrapatas, entre las cuales se encontraron 1 hembra de *Boophilus microplus*, 2 hembras y 3 machos de *Amblyomma cajennense*, 4 hembras de *Amblyomma inoratum* y 2 ninfas de *Amblyomma spp.* (Ver grafica 1).



Grafica 1. Resultados de identificación taxonómica en el ganado Charolais

En el ganado Simmental de 30 garrapatas recolectadas 28 fueron del género *B. microplus* y 2 del genero *A. imitator*. Ver grafica 2.



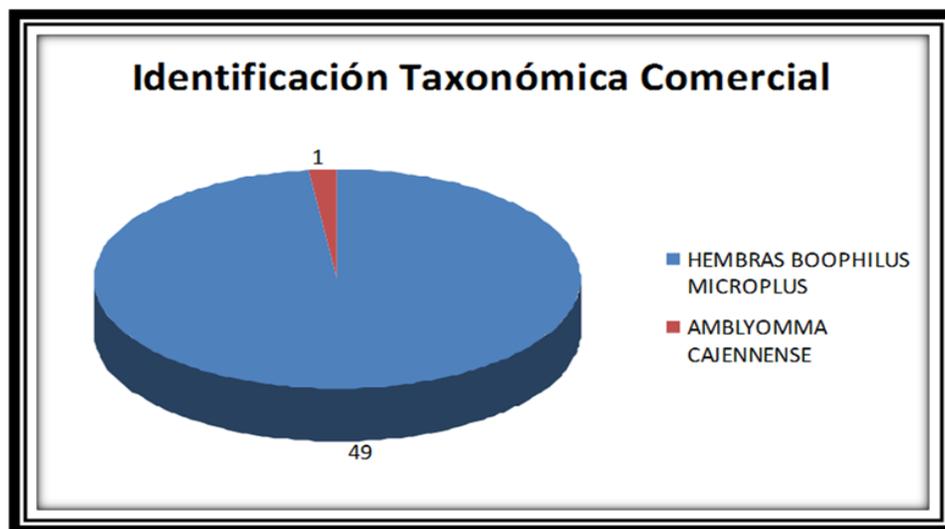
Grafica 2. Resultados de identificación taxonómica en el ganado Simmental

En la raza Brangus se colectaron un total de 70 garrapatas obteniendo un total del 100% del genero *B. microplus*. Ver grafica 3.



Grafica 3. Resultados de la identificación taxonómica en el ganado Brangus negro.

Del ganado comercial se muestrearon 50 garrapatas siendo 49 de ellas del género *B. microplus* y 1 del genero *A. cajennense*. Ver grafica 4.



Grafica 4. Resultados en la identificación taxonómica en el ganado Comercial

Evaluación de la Resistencia de garrapatas a organofosforados, piretroides y amidinas.

En el estudio de resistencia a ixodicidas por el método de Stone & Haydock se determinó lo siguiente: las garrapatas obtenidas de las razas Simmental y Charolais no presentan resistencia alguna a los ixodicidas del grupo de los Organofosforados (coumaphos y clorfenvinphos), en cambio, presentan principios de resistencia (+) a los del grupo de los piretroides y amidinas, como se puede observar en la Tabla 6.

GRUPO	IXODICIDA	RESULTADO	
ORGANOFOSFORADOS	COUMAPHOS	N	SUCEPTIBLE
	CLORFENVINPHOS	N	SUCEPTIBLE
	DIAZINON	S	+
PIRETROIDES	FLUMETRINA	S	+
	DELTAMETRINA	S	+
	CIPERMETRINA	S	+
AMIDINAS	AMITRAZ	S	+

Tabla 7. Resistencia de las garrapatas obtenidas de las razas Simmental y Charolais N: negativo, S: susceptible

En la raza Brangus de igual manera el resultado es negativo para el grupo de los organofosforados es decir, no se presenta resistencia, para los piretroides y amidinas el resultado fue positivo, observando en el Amitraz (amidina) y Diazinon (piretroide) una resistencia de (+), a la Flumetrina y Cipermetrina (piretroides) una resistencia más elevada

que la anterior(++) y para la Deltametrina una resistencia de un porcentaje más elevado que las dos anteriores, (+++) es decir la resistencia está más desarrollada que en los otros ixodicidas, como se puede observar en la Tabla 7.

GRUPO	IXODICIDA	RESULTADO	
ORGANOFOSFORADOS	COUMAPHOS	N	SUCEPTIBLE
	CLORFENVINPHOS	N	SUCEPTIBLE
	DIAZINON	S	+
PIRETROIDES	FLUMETRINA	S	++
	DELTAMETRINA	S	+++
	CIPERMETRINA	S	++
AMIDINAS	AMITRAZ	S	+

Tabla 8. Resistencia de las garrapatas obtenidas de las razas Brangus. N: negativo, S:susceptible

Para el ganado comercial también encontramos un resultado negativo al grupo de los Organofosforados, es decir, las garrapatas no presentan resistencia a este grupo, no así para los piretroides y amidinas donde encontramos el nivel más bajo en el Diazinon(+), un porcentaje más elevado en el grupo de piretroides y amidinas como la Deltametrina Cipermetrina y Amitraz (++) y la resistencia más desarrollada es en el grupo de los piretroides la flumetrina (+++), como se puede observar en la Tabla 8.

GRUPO	IXODICIDA	RESULTADO	
ORGANOFOSFORADOS	COUMAPHOS	N	SUCEPTIBLE
	CLORFENVINPHOS	N	SUCEPTIBLE
	DIAZINON	S	+
PIRETROIDES	FLUMETRINA	S	+++
	DELTAMETRINA	S	++
	CIPERMETRINA	S	++
AMIDINAS	AMITRAZ	S	++

Tabla 9. Resistencia de las garrapatas obtenidas para el ganado comercial. N: negativo, S:susceptible

Diseño y ejecución de un esquema de vacunación utilizando la vacuna

BM86

El periodo de vacunación inició el 27 de Mayo del 2009 y terminó el 30 de octubre del mismo año. El protocolo utilizado para la vacunación fue el indicado por el fabricante, donde mencionan que el uso recomendado para un uso adecuado de la vacuna es con una primer dosis a la semana cero, una segunda dosis a la semana cuatro y una tercer dosis a la semana ocho y una cuarta dosis a los seis meses de la primera vacunación, cada una de las dosis contiene 100mg del antígeno Bm86 en 2 ml de una fase oleaginosa (Figura 6).

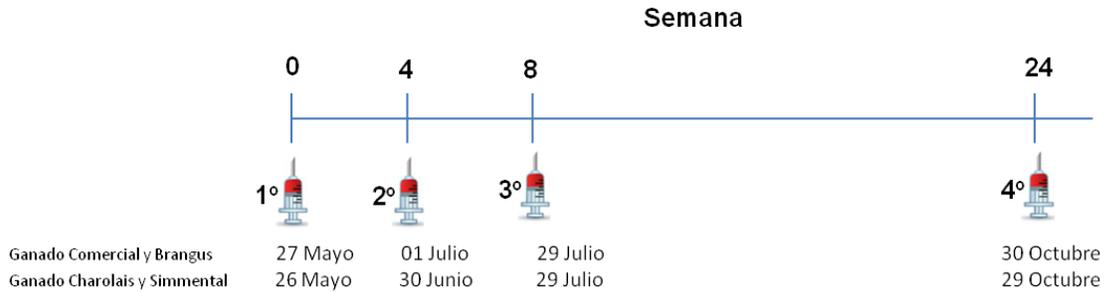


Fig6. Diseño de esquema de vacunación con Gavac Bm86 para las diferentes razas de ganado

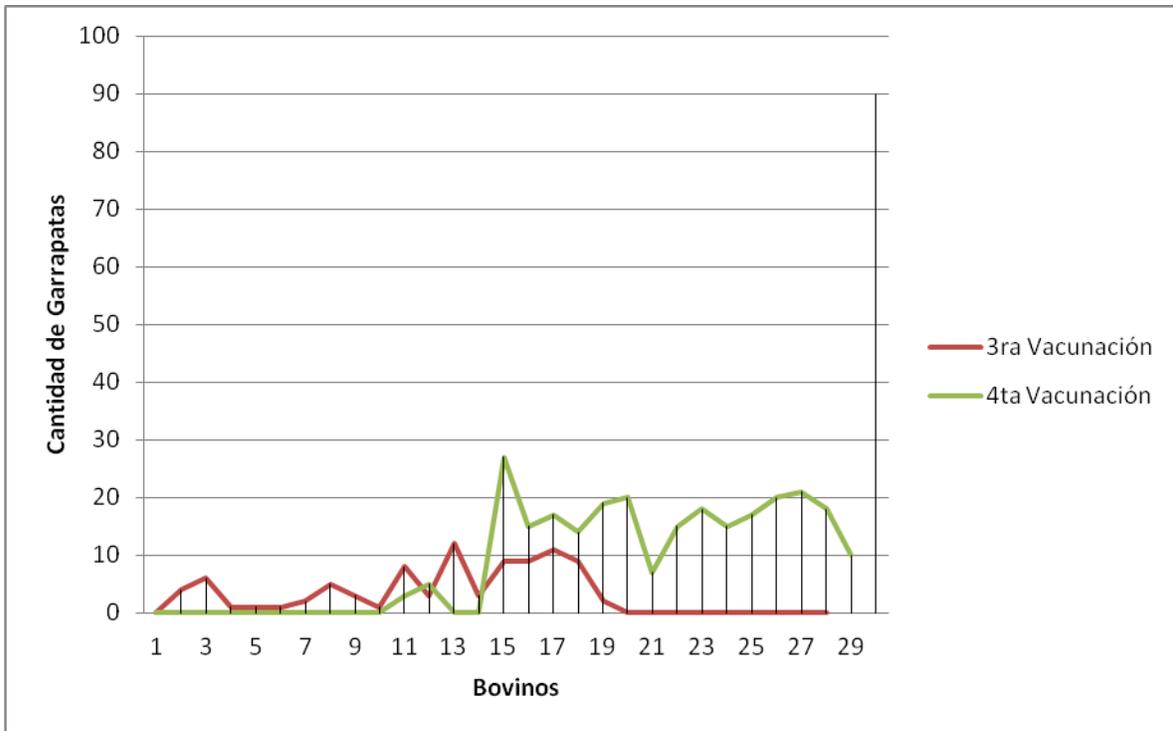
Determinación del grado de infestación con garrapatas en las diferentes razas de ganado después del esquema de vacunación

El grado de infestación se determinó con el conteo realizado a la tercera y cuarta vacunación del ganado obteniendo el siguiente resultado para el ganado Charolais:

-A la tercera vacunación: muestreo aleatorio en 27 bovinos con un total de 90 garrapatas del genero *Boophilus microplus* promediando 3.33 garrapatas por animal

-A la cuarta vacunación el conteo se hizo en 28 bovinos y encontramos 261 garrapatas promediando 9.32 garrapatas por animal.

Estos datos pueden observarse en la Gráfica 5, donde se refleja que el mayor grado de infestación, representado por un mayor número de garrapatas repletas (261) se presenta al momento de la cuarta vacunación en comparación con la tercera vacunación (90).



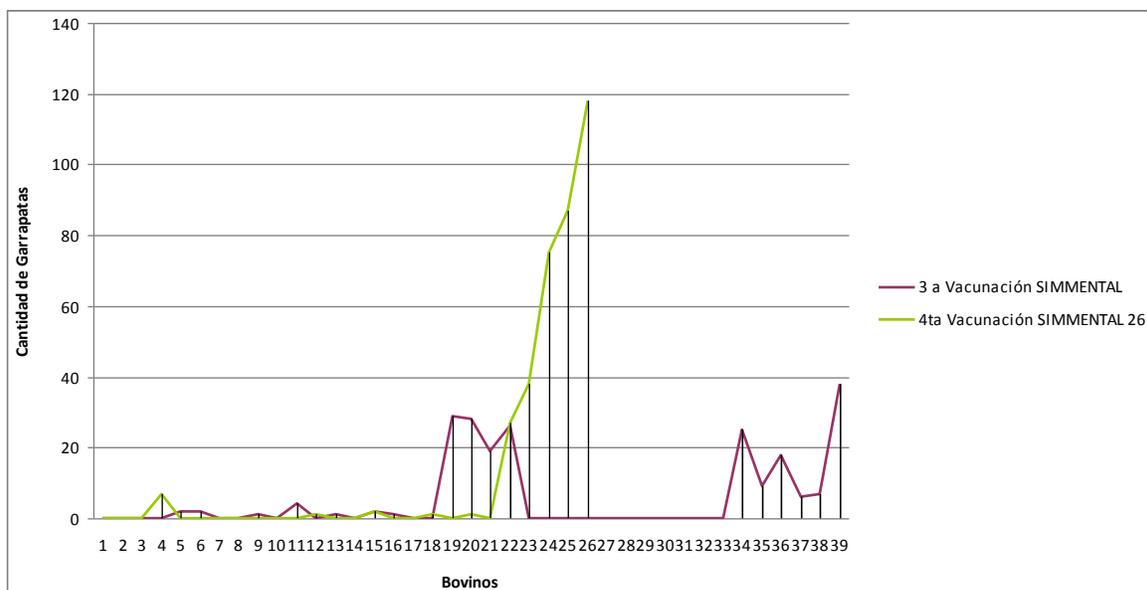
Grafica 5. Conteo de garrapatas en el ganado Charolais después de la 3era y 4ta vacunación

Los siguientes son los resultados obtenidos en el ganado Simmental:

- A la tercera vacunación se hizo un conteo aleatorio a un total de 39 bovinos obteniendo como resultado un total de 218 garrapatas del genero *Boophilus microplus* y un promedio del 5.58 garrapatas por animal

-A la cuarta vacunación se muestreo un total de 26 bovinos con un total de 357 garrapatas y un promedio de 13.76 garrapatas por animal.

Estos datos pueden observarse en la Gráfica 6, donde se refleja que el mayor grado de infestación, representado por un mayor número de garrapatas repletas (357) se presenta al momento de la cuarta vacunación en comparación con la tercera vacunación (218).

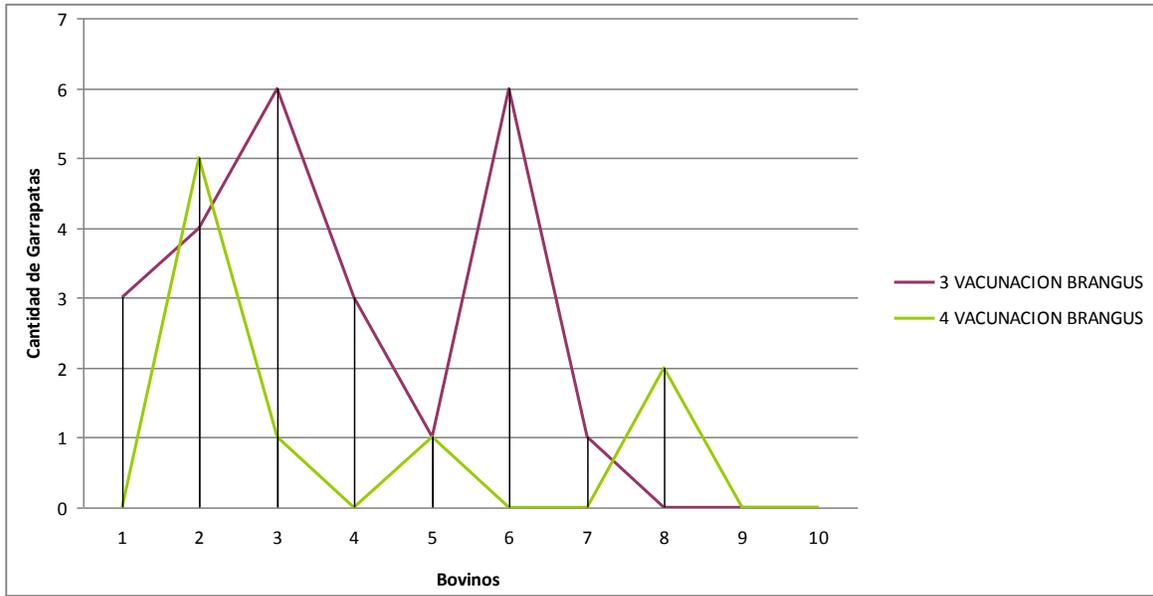


Grafica 6 .Resultado de conteo de garrapatas en el ganado Simmental después de la 3era y 4ta vacunación

En el ganado Brangus negro los resultados del conteo de garrapatas fueron los siguientes:

- A la tercera vacunación, con un total de 8 bovinos muestreados al azar, se obtuvo un total de 24 garrapatas *Boophilus microplus* con un promedio de 3 garrapatas por animal
- A la cuarta vacunación se obtuvo un total de 9 garrapatas con un promedio de 1.125 garrapatas por animal con el mismo número de animales muestreados.

Estos datos pueden observarse en la Gráfica 7, donde se refleja que el mayor grado de infestación, representado por un mayor número de garrapatas repletas (24 especímenes) que se presenta al momento de la tercera vacunación en comparación con la cuarta vacunación donde el número de garrapatas es de 9 en total.



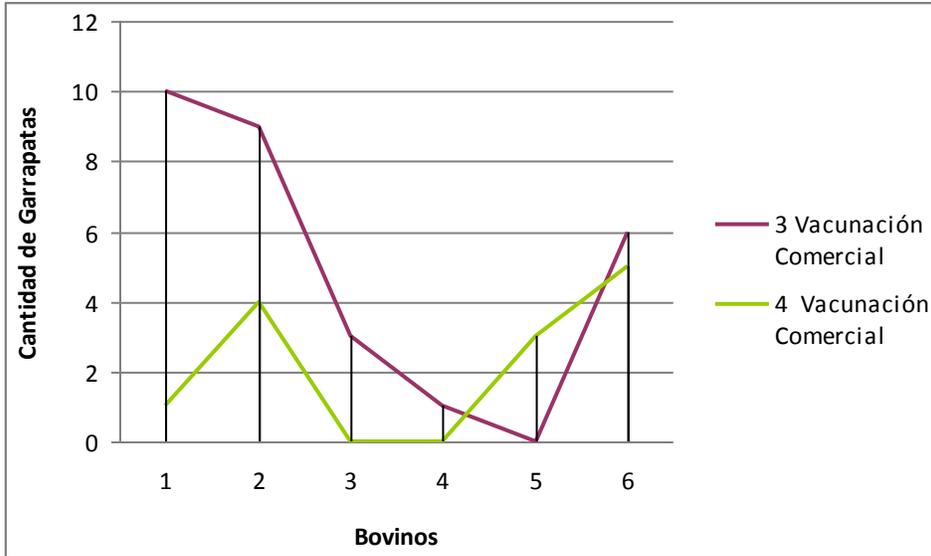
Grafica 7. Resultado de conteo de garrapatas en el ganado Brangus negro después de la 3era y 4ta vacunación

Para el ganado comercial se obtuvieron los siguientes datos:

-A la tercera vacunación en una población muestreada de 6 bovinos se obtuvo un total de 23 garrapatas y un promedio de 4.3 garrapatas por animal

-A la cuarta vacunación se muestrearon 5 bovinos con un total de 8 garrapatas y un promedio de 1.125 garrapatas por bovino.

Estos datos pueden observarse en la Gráfica 8, en donde se observa que al momento de realizarse los conteos de las garrapatas repletas en los bovinos encontramos un mayor número de garrapatas repletas a la tercera vacunación con relación a la cuarta vacunación.



Grafica 8 .Resultado de conteo de garrapatas en el ganado comercial después de la 3era y 4ta vacunación

Análisis de los datos de garrapatas promedio por animal en la 3era y 4ta vacunación y entre las diferentes razas

Al comparar los resultados de garrapatas promedio por animal del grado de infestación después de la tercera y cuarta vacunación , observamos que en dos de las razas el grado de infestación por garrapata disminuyó en la cuarta vacunación con respecto a la tercera: en la raza Brangus, el grado de infestación disminuyó en un 62.5% y en el ganado comercial disminuyó un 73.8% y en dos de las razas se observó un incremento en el grado de infestación: en la raza Simmental de in 146.6% y en Charolais un 179.9%.

Comparando los resultados de garrapatas promedio por animal entre las diferentes razas incluidas en el estudio observamos que en la tercera vacunación con respecto a la raza Brangus quien presentó el menor grado de infestación, observamos que el ganado

comercial tenía 30.2% más garrapatas, la raza Simmental un 46.2% más y Charolais un 99.9% más.

Analizando los datos obtenidos, en la cuarta vacunación con respecto a la raza Brangus y Comercial las cuales presentaron de igual forma el menor grado de infestación, el ganado Simmental tuvo un 91.8% más y Charolais un 87.9% más.

DISCUSION

Las especies de garrapatas recolectadas e identificadas en las diferentes razas de ganado bovino que se analizaron en este proyecto, fueron *Boophilus microplus* y *Amblyomma cajennense* las cuales han sido reportadas como predominantes en el ganado bovino de la región noreste del país, sin embargo, en el ganado Charolais se identificaron garrapatas de la especie de *Amblyomma inornatum*, el área de distribución de esta especie fue reportada por Cooley y Kohls en 1994 principalmente en el suroeste de los Estados Unidos donde parasita a una gran cantidad de mamíferos pero principalmente se han encontrado en perros y conejos.

Según Gladney, W. J y colaboradores, algunos de los animales que pueden ser hospederos de esta especie son el coyote, el venado cola blanca y el jabalí entre otras especies, éstos dos últimos son parte de la fauna silvestre que habita en el rancho donde se realizó el presente estudio, sugiriendo que al compartir el mismo hábitat esos animales pudieran interactuar, lo cual podría explicar la presencia de esta especie de garrapata poco común en el ganado bovino.

Nuestros resultados de resistencia a la garrapata en las cuatro razas de ganado estudiadas, empiezan a marcar una ligera resistencia hacia el amitraz, siendo este uno de los productos más utilizados para el control del ectoparásito. Las garrapatas colectadas de las cuatro razas presentaron niveles diferentes de resistencia en los piretroides y lo que destacó fue la susceptibilidad hacia los organofosforados (coumaphos y clorfenvinphos) en las cuatro razas, donde uno de los productos comerciales más conocidos es el Asuntol.

En el rancho San Rafael la problemática de infestación por garrapata es muy alta y con el intento de controlar esta plaga se han practicado muchas formas para combatir este

problema que durante el transcurso del tiempo, se había venido haciendo sin una asesoría profesional, solo los baños por inmersión y aspersion con venenos de marcas comerciales que realizaban los mismos vaqueros del rancho. El primer químico utilizado fue el asuntol, este producto fue utilizado hasta que los trabajadores del rancho se percataron que después del tratamiento el resultado ya no era el mismo, debido a que ya se desarrollaban los primeros signos de resistencia a este producto por lo que dejaron de utilizarlo y la creencia de que ese producto ya no tenía efecto se ha asumido hasta la actualidad.

En México desde el año de 1981 se ha reconocido la presencia de garrapatas resistentes a ixodidas organofosforados (Aguirre y Santamaría, 1986), sin embargo en esta ocasión, ninguna de las razas presentó resistencia a este grupo, específicamente al Asuntol, producto que alguna vez fue utilizado como el principal para el control de la garrapata hasta que creara resistencia y hoy en día es el producto al que las garrapatas son susceptibles.

En los conteos de garrapatas realizados en los bovinos de las cuatro razas, en las razas de Charolais y Simmental se coincide en un aumento del número de garrapatas al momento de la cuarta vacunación en relación a la tercera vacunación, pero en las razas de Brangus negro y Comercial esta condición fue diferente ya que en la tercera vacunación es donde el número de garrapatas es mayor con relación a la cuarta vacunación, el mecanismo de acción de esta vacuna se manifiesta principalmente sobre las formas adultas de la garrapata *B. microplus*. Las lesiones provocadas por la vacuna afectan el proceso de ovogénesis afectando así el ciclo biológico para las siguientes generaciones provocando una reducción en las poblaciones de garrapata tanto en el huésped como en los potreros de los ranchos, condición que se vió reflejada solo en la raza de *Brangus negro* según lo marcado en la literatura. Enríquez y col.

(1999) describe los títulos de anticuerpos de la vacuna Bm86 en donde a la tercera vacunación se presenta un título medio de anticuerpos anti-Bm86 de $13\ 775 + 1\ 573$ contra un $2\ 694 + 905$ en la cuarta vacunación, basándonos en estos títulos descritos por el autor y con lo que se mostró en el trabajo de campo en tres de las cuatro razas se muestra esta condición donde vemos una infestación de garrapata más alta al momento de la cuarta vacunación donde los títulos anti-Bm86 son más bajos que en la tercera vacunación, en la raza *Brangus negro* el resultado es diferente ya que el grado de infestación es más alto en la tercera vacunación con relación a la cuarta donde es menor la infestación, el artículo describe que estos títulos pueden variar según algunas condicionantes como lo son el manejo, la alimentación, la altura y la humedad relativa estas dos últimas son variables no controlables. En relación a estas variables las cuatro razas están en la misma condición excepto en la alimentación ya que el *Brangus negro* se encuentra en una parte del rancho donde no hay pastas de zacate buffel como en el resto del rancho donde los animales se rotan en potreros donde hay pastas y agostaderos, esta podría ser una variable en las condiciones que explique la diferencia en esta raza.

Esta diferencia puede explicarse por lo que se ha reportado de resistencia genética asociada a la raza, las razas de ganado Charolais y Simmental pertenecen al *Bos taurus* mientras que las razas de Brangus y el ganado comercial tienen influencias de *Bos indicus*. El ganado comercial es ganado cruzado de Cebú, y el Brangus negro tiene conformación de 3/8 de Brahman y 5/8 de Angus, es decir tiene un 37.5% de sangre de Cebú. El Cebú tiene una variación importante en la resistencia a garrapata (*Boophilus microplus*), con índices de herencia moderados lo que indica una posibilidad de selección para esta característica de resistencia (Andrade *et al.*, 1998) y la resistencia genética en este caso jugó un papel importante al momento de monitorear el grado de infestación ya que previamente se ha reportado que el *Bos indicus* presenta mayor resistencia genética en relación con el *Bos taurus*.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye que:

- Las especies de garrapatas que infestan al ganado bovino en el rancho San Rafael son las que predominan en el estado como lo son *Boophilus microplus* y *Amblyomma cajennense*, sin embargo en el estudio se encontró también la especie de garrapata *Amblyomma inornatum* posiblemente por una infestación directa con la fauna silvestre que habita en la región como lo es venado cola blanca, jabalí, mapache etc.

-Referente de la resistencia de las garrapatas a compuestos químicos, ésta varió con el tiempo, ya que al principio del estudio la resistencia reportada en el rancho era con los productos de organofosforados específicamente el Asuntol como producto comercial, y al final este producto resulta como el más susceptible para las garrapatas presentando una resistencia a los demás productos como el amitraz, producto al cual cambiaron al reportarse la resistencia en el asuntol.

-En la vacunación con Gavac Bm86, los datos que arrojaron los conteos después de la tercera y cuarta vacunación marca una tendencia similar en la razas de ganado Charolais y Simmental estas dos razas pertenecientes al *Bos taurus*, al tener una mayor infestación al momento de la cuarta vacunación, esto quiere decir que el grado de infestación fue creciendo con relación a la tercera vacunación, contrario con lo que sucedió con las razas de Brangus y Comercial estas dos razas con influencias de *Bos indicus*.

LITERATURA CITADA

- Aeschilmann, A., M. Brossard, T.Haug y B. Rutti. (1989).¿tick vaccine? Vakzine gegen zecken? Verh Deutsche Zoology Gesellschaft,; 82: 95-110
- Aguirre E J, V M Santamaría. (1996). Purificación y caracterización toxicológica de garrapatas *B. microplus* resistentes a ixodicidas organofosforados y organoclorados. *Memorias de IV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Parasitología Veterinaria.*; 4.
- Aguirre, E.J., Sobrino, L., Santamaría, V.M., Aburto, S., Roman, E., Hernandez, M., Ortiz, M., Ortiz, N.A. (1986). Resistencia de garrapatas en Mexico. In Seminario Internacional de Parasitologia Animal, Memorias (ed. Cavazzani, A.H., Garcia, Z.), 282–306. Cuernavaca, Morelos, México.
- Andrade A.B.F.,R.G. da Silva,A.J.Costa,U.F.Rocha and V.J.C. Landim.1998. Genetic and environmental aspects of the resistance of zebu cattle to the tick *Boophilus microplus*. In: Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to livestock production. Armidale Australia.
- Awumbila, B. (1996). Acaricides in tick control in Ghana y methods of application. *Tropical Animal Health and Production*, 28: 50-52.
- Barker, S.C., Murrell, A. (2004). Systematics and evolution of ticks with a list of valid genus and species names. *Parasitology*. 129:15-36.
- Bautista Garfias, R. 2006. Entomología Veterinaria Esencial. INIFAP. p. 24-46

- Bowman, A.S., L.B. Coons, G. R. Needham y J.R. Sauer. (1997). Tick saliva: recent advances and implications for vector competence. *Medical and Veterinary Entomology*; 11: 277-285.
- Canales, M.,A. Enriques, E, Ramos, D. Cabrera, H. Dandie, A. Soto, V. Falcon, et al. (1997), Large-scale production in *Pichia pastoris* of the recombinant vaccine Gavac tm against cattle tick. *Vaccine*; 414-422.
- Cooley, R.A., and Kohls, G.M. (1944). The genus *Amblyomma* in the United States., *The Journal of Parasitology* 30: 77–111
- Corn, J.L., Snyder B.D., Barre N. and Garris G.I. (1994). Effect of acaricide treatment of cattle on *amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae), Infestation of mongooses (Carnivora: Viverridae: *Herpestes auro-punctatus*) in Guadeloupe, French West Indies. *Journal of Medical Entomology*. 31 : 490-495.
- Davey, R.B. and George J.E (1999). Efficacy of coumaphos applied as a dip for control of an organophosphorus-resistant strain of *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) on cattle. *Journal of Economic Entomology*,92:1384-1391.
- Davey, R.B., Ahrens E.H. y George J.E. (1997). Comparative effectiveness of coumaphos treatments applied by different methods for the control of *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) *Journal of Agricultural Entomology*; 45-54.
- Davey,R.B. and George J.E. (1998). In vitro evaluations of a strain of *boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) selected for resistance to permethrin. *Journal of Medical Entomology*, 35: 1013-1019.

- De la Fuente J, Almazán C, Canales M, Pérez de la Lastra JM, Kocan KM, Willadsen P (2007). A ten-year review of commercial vaccine performance for control of tick infestations on cattle. *Anim Health Res Rev*, 8:23-28.
- De la Fuente J, Kocan KM. (2003) Advances in the identification and characterization of protective antigens for development of recombinant vaccines against tick infestations. *Expert Rev Vaccines*, 2:583-593.
- De la Fuente J, Rodríguez M, Redondo M, Montero C, García-García JC, Méndez L, Serrano E, Valdés M, Enríquez A, Canales M, Ramos E, de Armas CA, Rey S, Rodríguez JL, Artiles M, García L (1998). Field Studies and cost effectiveness analysis of vaccination with Gavac™ against the cattle tick *Boophilus microplus*. *Vaccine*, 16:366-373.
- De Moura Souza R, Scatamburlo R, Teixeira MH, dos Reis AJ, Seoane G, Castillo E, Rodríguez M, Machado H, Borroto C, Leonart R (2005). Empleo exitoso de un programa de control integrado en garrapatas del bovino (*Boophilus microplus*) en el estado de Río de Janeiro, Brasil. In International Congress Biotechnology Havana, Havana, Cuba Edited by: Arrieta J, 58-59, “In Spanish”.
- Dreyer, K, Fourie L.J. and Kok D.J. (1997) Predation of Livestock ticks by chickens as a tick- control method in a resource- poor urban environment Orderseerpoort. *Journal of Veterinary Research*; 64: 273-276.
- Duncan, B.C.G. (1997). Dynamics and impact of tick-borne disease of cattle. *En: Tropical animal health production*. 29: 15-35.

- Enríquez A, Boué O, Redondo M, Montero C, Machado H, Joglar M, Soto A, Rodríguez M, de la Fuente J. (1999). Desarrollo y aplicación en bovinos de la nueva formulación vacunal Gavacplus contra la garrapata *Boophilus microplus*. *Biotecnología Aplicada*, 16:15-17, “In Spanish”.
- Estrada-Peña A, Bouattour A, Camicas JL, Guglielmone A, Horak I, Jongejan F, Latif A, Pegram R, Walker AR (2006) The known distribution and ecological preferences of the tick subgenus *Boophilus* (Acari: Ixodidae) in Africa and Latin America. *Exp Appl Acarol* 38:219–235
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1999). Resistance of ecto- and endo-parasite: current and future solution, 67th General session. International Committee. OIE. Paris, France. pp. 17-21
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2005). Estado actual de la Resistencia de *Boophilus microplus* en América Latina y el Caribe. Perspectivas de aplicación del control integrado. ISBN 92-5-304967-7, ISSN 1014-1200.
<http://www.fao.org/docrep/006/y4813s/y4813s03.htm#TopOfPage>
- Froyd, J.D. (1997). Can synthetic pesticides be replaced with biological –based alternatives? –an industry perspective. *Journal of Industrial Microbiology y Biotechnology*, 19: 192-195.
- Gisbert JA, Villanueva E. (1992) Intoxicaciones por plaguicidas. En: Gisbert Calabuig JA. *Medicina Legal y Toxicología*. 4ª ed. Barcelona: Masson-Salvat Medicina,. p. 696-707

- Gladney, W.J., Dawkins, C.C. & Price, M.A. (1977). *Amblyomma inornatum* (Acarina: Ixodidae): natural hosts and laboratory biology. J. Med. Entomol.,14:85-88.
- Harwood R.F. y James M.T. (1993). Entomología Medica y Veterinaria. 1a Ed. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 447 pp.
- Hoogstraal, H.(1972).The influence of humany activity on tick distribution, density and diseases. Wiad. Parazytol. 18:501-11.
- Howell, F.G.(1975). The roles of host –related stimuli in the behavior of argas cooleyi (Acarina: Argasidae). J. Med. Entomol. 11:715-23.
- Junquera P (2009). Parásitos del ganado. www.parasitosdelganado.net
- Kaaya, G.P., E.N. Mwangi y E.A. Ouna. (1996). Prospects for biological control of livestock ticks, *Rhipicephalus appendiculatus* y *Amblyomma Variegatum*, using the entomogenous Fungi *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Journal of Invertebrate Pathology. 67: 15- 20
- Kalsbeek, V.; F.Frandsen y T. Steenberg. (1995). Entomopathogenic fungí associates with Ixodes ricinus ticks. Experimental & Applied Acarology; 24: 913-926.
- Kemp D.H. Willadesen P. and Cobon, G.S. (1991).Development of a vaccine againstthe tropical cattle tick *Boophilus microplus*. En garrapatas y enfermedades que transmiten. Segundo Seminario Internacional de Parasitología Animal. Oaxtepec, Morelos pp 9-11.
- Khalafallah, S.S. and Elakabawy. (1996). Immunization of cattle against *Boophilus annulatus* ticks using adult female tick antigen. Deutsche Tiererztliche Wochenschrift. 103: 219-221.

- Kocan, K.M., Blouin E.F., Palmer G.H., Eriks I.S., Edwards W.L and Claypool P.L. (1996). Preliminary studies on the effect of *Anaplasma marginale* antibodies ingested by *Dermacentor andersoni* ticks (Acari: Ixodidae) with their blood meal on infections in salivary glands. *Experimental and Applied Acarology*; 20: 297-311.
- Krantz, G.W.(1978). *A Manual of Acarology*, 2 Ed. O.S. U. Book Stores, Inc; Corvallis, Ore 509 pp.
- Labarta, V., Rodriguez M., Penichet M., Leonart R., Luaces L.L. and Delafuente J. (1996). Simulation of control strategies for the cattle tick *Boophilus microplus* employing vaccination with a recombinant BM86 antigen preparation *Veterinary Parasitology*; 63:131-160.
- Lawrence, J.A., Musini F.L., Mfitlodze M.W., Tjornehoj K., Whiteland A.P., Kafuwa PT. and Chamambala K.E. (1996). Integrated tick y tick borne disease control trails in crossbred dairy cattle in Malawi. *Tropical Animal Health & Puction*, 28:280-288.
- Lee D., Park Y., Brown M.T., Adams E.M. (1999). Altered properties of neuronal sodium channels associated with genetic resistance to pyrethroids. *Mol Pharmacol.* 55:581-593
- Lifschitz A, Virkel G, Imperiale F, Pis A, Lanusse C. (2002). Farmacosendectocidas: avermectinas y milbemicinas. En: Botana LM, Landoni F, Matin-Jimenez T (eds). *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, España, 545-558.

- Lifschitz A, Virkel G, Ballent M, Sallovitz J, Imperiale F, Pis A, Lanusse C. (2007). Ivermectin (3.15%) long-acting formulations in cattle: absorption pattern and pharmacokinetic considerations. *Vet Parasitol* 147, 303-310.
- Mekonnen, S (2001). In vitro evaluation of amitraz against ticks under field conditions in Ethiopia. *Journal of the South African Veterinary Medical Association*, 72: 4445.
- Mekonnen, S. (2000). Efficacy of flumethrin 1% pour on against ticks on cattle under field conditions in Ethiopia Onderstepoort. *Journal of Veterinary Research*, 67: 235-237.
- Meltzer, M.I. (1996). A Possible Explanation of the apparent Breed- Related Resistance in Cattle to Bont Tick (*Amblyomma Hebraeum*) Infestations. *Veterinary Parasitology*. 67:275-279.
- Metcalf R L. (1989). Insect resistance to insecticides. *Pesticide Sci*;26: 333-358.
- Miller, R.J., Davey, R.B., White, W.H., George, J.E. (2007). A comparison of three bioassay techniques to determine amitraz susceptibility in *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*. 44:283-294.
- Minson, D.J. Forage in Ruminant nutrition. En: New York Academic Press 1990; 1: 2-7.
- Morrison W.I. (1996) Subunit vaccines for complex tick-borne pathogens – dream or reality. *British Veterinary Journal*. 152: 617-619.
- Nari A, H J Hansen. Resistencia de los ecto y endoparásitos: soluciones actuales y futuras. *67ª sesión general. Organización Internacional de Epizootias*. París, Francia.

- Olwoch JM, Van Jaarsveld AS, Scholtz CH, Horak IG (2007). Climate change and the genus *Rhipicephalus* (Acari: Ixodidae) in Africa. Onderstepoort J Vet Res 74:45–72
- Ortiz, E.M. Santamaría, V.M., Ortiz, N.A., Soberanes, C.N., Osorio, M.J. Franco, B.R., Martínez, I.F., Quezada, D.R., Fragoso, S.H. (1995). Characterization of *Boophilus microplus* resistance to ixodicides en Mexico. In: Seminario Internacional de Parasitología Animal. Acapulco, Gro. México. pp58-66
- Pagoda, J.M. and Preston S.M.(1997). Household pesticides and risk of pediatric brain tumors. Environmental Health Perspectives, 105: 1214-1220.
- Prescott L.M, Harley J P, Klein D.A (2003). Microbiología. 4Edición; Madrid: Mc Graw-Hill;805-835
- Preston, P.M. and Y. Hong. (1999). Proceedings of the European Union. En: International symposium on tick-borne diseases. Tropical Animal Health Production, 1997. 6:29.
- Quiroz R. H. (2005). Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Editorial Limusa. México, DF. p. 760-800.
- Rodríguez Valle Manuel, (2000). Respuesta Inmunológica contra garrapatas. Biotecnología aplicada.
- Rodríguez M, Méndez L, Valdéz M, Redondo M, Espinosa CM, Vargas M, Cruz RL, Barrios HP, Seoane G, Ramírez ES, Boué O, Vigil JL, Machado H, Nordelo CB, Piñeiro M (2004). Integrated control of *Boophilus microplus* ticks in Cuba based on vaccination with the anti-tick vaccine Gavac. Exp Appl Acarol. 34:375-382.

- Rodríguez V. R. I., Rosado A. A., Basto E. G., García V. Z.S., Rosario C. R., Fragoso S. H. (2006). Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. UADY-CONACYT-INIFAP. Pub. Téc. 4:4-20.
- Rodriguez-Vivas, R.I., Rivas, A.L., Chowell, G., Fragoso, S.H., Rosario-Cruz, R., Garcia, Z., Smith, S.D., Williams, J.J., Schwager, S.J. (2007). Spatial distribution of acaricide profiles (*Boophilus microplus* Straits susceptible or resistant to acaricides) in southeastern Mexico. *Veterinary Parasitology*. 146:158-169.
- Rosario-Cruz, R., Almazan, C., Miller, R.J., Domínguez-García, D.I., Hernandez-Ortiz, R., de la Fuente, J. (2009). Genetic basis and impact of tick acaricide resistance. *Frontiers in Bioscience*. 14:2657-2665.
- SAGARPA, (2006). Manual técnico para el control de las garrapatas en el ganado bovino CENID- Parasitología Veterinaria; Publicación técnica No 4
- Samish, M. and J. Rehacek (1999). Pathogens and predators of ticks and their potential in biological control. *Annual review of Entomology*, 44:159-182.
- Santamaria, V.M. (1992). Determinación de las dosis discriminantes a tres piretroides sintéticos en la cepa *B. microplus* susceptible. II Congreso Nacional de Parasitología Veterinaria Veracruz, Ver. Mex.
- Soberanes, C.N., Santamaria, V.M., Fragoso, S.H., Garcia, V.Z., (2002). Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. *Técnica Pecuaria en México*. 40:81-92. Solís, S.S (1993). Diversidad, Distribución y Abundancia de garrapatas en México: Programa de acreditación

de MVZ: Campaña contra la garrapata. Normas y procedimientos.

SARH/CNMVZM, México, D.F.; 27-38

- Spickett ,A.M.(1998) .Acaricides and resistance.VeterinaryEctoparasitology and Protozoology, 1: 1-13.Spickett, A.M. (1994). Tick ecology. Internacional Journal for parasitology, 24:845-849.
- Spickett, A.M., I.G. Horak,Heyne and L.E.O. Braack. (1995) The effect of severe drought on the abundance of ticks on vegetations and on scrub hares in the Krueger National Park.Journal Koedoe, 38:59-64
- Stone B. F., Haydock J. (1962). The genetics of resistance by ticks to acaricides. Aust Vet J 48:345-350.
- Sumano LH, CL Ocampo. (2006). *Farmacología Veterinaria*. 3ra ed. MacGraw-Hill Interamericana, Mexico D.F., Mexico, Pp 481-482.
- Vega, R. de la y G. Díaz. (1985). Efecto de las garrapatas en el ganado y pérdidas económicas. Revista Cubana de Ciencias Veterinarias; 121-126.
- Villaseñor A.A. (2000). Garrapatas del ganado bovino. Revista Mundo Agropecuario; 38: 12-15
- Willadsen P(2006). Tick control: thoughts on a research agenda. *Vet Parasitol*, 138:161-168.
- Williams, L.A.D., M.T. Gardner, P.D.A. Singh, T.L. The, C.K. Fletcher,L Caledwiiliams and W. Kraus(1997). Mode of action studies of the acaricida agent, Epingaione. *Invertebrate Reproduction & Development*,31: 231-236.

- Woodham C B, O A González, L A López, M R Guereña. (1983). Progresos en la erradicación de las garrapatas *Boophilus* en México 1960-1980. *Rev Mund Zoot*; 48: 18-24.
- Xianxun, L. y L. Wenshun. (1997). Cattle *Theileriosis* in China. En *Tropical animal health production*; 29: 4-7.
- Yeruhan, I, A. Hadani y F Galker. (1998). Some epizootiological and clinical aspects ovine babesiosis caused by *Babesia ovis*- a review. *Veterinary Parasitology*; 74:153-163