



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN SALUD Y PRODUCCIÓN ANIMAL SUSTENTABLE

**SITUACIÓN SANITARIA DE LA BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS EN LA
GANADERÍA LECHERA EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

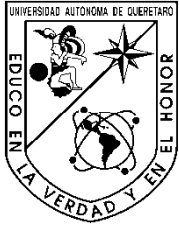
TESIS INDIVIDUAL

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable**

Presenta

MVZ. María Elena Lozano Herrera

Querétaro, Qro. 31 de Julio 2014.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN SALUD Y PRODUCCIÓN ANIMAL SUSTENTABLE



Situación sanitaria de la babesiosis y anaplasmosis en la ganadería lechera en tres sistemas de producción

TESIS INDIVIDUAL

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable

Presenta

MVZ. María Elena Lozano Herrera

Dirigido por

Dr. Feliciano Milián Suazo

Asesores

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón

Dra. Gabriela Aguilar Tipacamú

M en C. María del Pilar García Franco

Dr. Juan Augusto Hernández Rivera

Santiago de Querétaro, 31 de Julio de 2014.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

“Situación sanitaria de la babesiosis y anaplasmosis en la ganadería lechera en tres sistemas de producción”

TESIS INDIVIDUAL

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable

Presenta

MVZ. María Elena Lozano Herrera

Dirigido por:

Dr. Feliciano Milián Suazo

SINODALES

Dr. Feliciano Milián Suazo
Presidente

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón
Secretario

Dra. Gabriela Aguilar Tipacamú
Vocal

M. en C. María del Pilar García Franco
Suplente

Dr. Juan Augusto Hernández Rivera
Suplente

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Directora de la Facultad

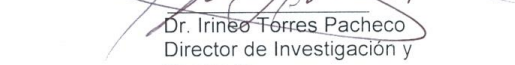

Firma


Firma


Firma


Firma


Firma


Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Julio 31, 2014
México

Resumen

La babesiosis bovina es una enfermedad transmitida por uno de los artrópodos más importante del mundo, la garrapata. Las especies prevalentes de babesia son: *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, ambas se encuentran distribuidas en regiones tropicales y subtropicales. La anaplasmosis de los bovinos es una enfermedad infecciosa no contagiosa que afecta principalmente a animales adultos. En México se presentan brotes severos, ya sea por babesia o por anaplasma. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue identificar, medir y conocer la distribución de la babesiosis y la anaplasmosis en tres sistemas de producción de leche en México e identificar los principales factores de riesgo asociados a la prevalencia. En el presente estudio se utilizó un diseño de muestreo estratificado bi-etápico, considerando que la población de ganado lechero está ubicada en cuencas, cada una de ellas fue considerada como un estrato y se seleccionaron de manera aleatoria. Las cuencas consideradas fueron: en lechería intensiva: La Laguna, entre Durango y Coahuila, Delicias en Chihuahua, Aguascalientes, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato; en lechería familiar: Jalisco y en lechería de doble propósito: Veracruz, Chiapas y Sinaloa. El tamaño de muestra se determinó considerando una población de 2 millones de cabezas de ganado especializado en producción de leche con un margen de error del 1% y un nivel de confianza del 95%, el método de diagnóstico que se utilizó fue la prueba de ELISA. Los resultados indican que la mayor prevalencia de babesiosis y anaplasmosis se encuentra en el sistema de doble propósito, ganadería localizada en zonas tropicales de México (36% y 45% para *B. bovis* y *B. bigemina* respectivamente). En cuanto a factores de riesgo, solo el "sistema de producción" estuvo asociado significativamente, con una razón de momios de 41.6 (33.5; 51.6) para el sistema "doble propósito" y 3.9 (3.03; 5.11), para el sistema "familiar", respectivamente. Para anaplasmosis la prevalencia general del presente estudio fue menor, 13%, para el análisis de la anaplasmosis se usó la información de 5356 animales pertenecientes a 181 hatos. Considerando el sistema de producción la menor prevalencia se observó en el sistema intensivo y el familiar (6.5% y 12% respectivamente), en el sistema de doble propósito se observó la prevalencia más alta 22%.

Palabras Clave: *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Babesiosis*, *Anaplasmosis*.

Abstract

Bovine babesiosis is a disease transmitted by one of the world's most important arthropods, ticks. The prevalent species of *Babesia* are *Babesia bovis* and *Babesia bigemina*, both are distributed in tropical and subtropical regions. Anaplasmosis in cattle is a noncontagious infectious disease that primarily affects adult animals. In Mexico, severe outbreaks occur either babesia or Anaplasma. Therefore, the main objective of this study was to identify, measure and understand the distribution of babesiosis and anaplasmosis in three systems of milk production in Mexico and identify the main risk factors associated with prevalence. Used a stratified sampling design bi-etápico. In the present study, considering that the dairy cattle population is located in basins, each of which was considered as a stratum and randomly selected. The basins were considered: in intensive dairy: La Laguna, between Durango and Coahuila, Chihuahua Delicias, Aguascalientes, Querétaro, Hidalgo and Guanajuato; in family enterprises: Jalisco dairy and dual purpose: Veracruz, Chiapas and Sinaloa. The sample size was determined considering a population of 2 million cattle specialized in milk production with a margin of error of 1% and a confidence level of 95%, the diagnostic method used was the ELISA test. The results indicate that the higher prevalence of babesiosis and anaplasmosis in the system is dual-purpose livestock located in tropical Mexico (36% and 45% for *B. bovis* and *B. bigemina* respectively). Regarding risk factors, only the "production system" was significantly associated with an odds ratio of 41.6 (33.5, 51.6) for the system "dual purpose" and 3.9 (3.03, 5.11) for the "family system" respectively. For anaplasmosis overall prevalence in this study was lower, 13% for the analysis of information anaplasmosis 5356 animals belonging to 181 herds were used. Whereas the production system the lowest prevalence was observed in the intensive system and family (6.5% and 12% respectively), in the dual-purpose system the highest prevalence was 22%.

Keywords: *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, *Babesiosis*, *Anaplasmosis*.

Nota: Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto SAGARPA-CONACYT No.

Dedicatorias

Sin duda alguna, todo lo que hago día a día por superarme lo realizo pensando en mi familia, dedico este trabajo a mis hijos Isaac y Pablo que me impulsaron a dar este paso en mi carrera, los amo ustedes son el motor de mi vida, gracias por ser gran parte de su tiempo para que asistiera a clases y para culminar este sueño, a Víctor mi esposo que pese a todo me brindo apoyo desde el inicio, gracias por tus palabras de aliento, que me hicieron saber que cuando se quiere alcanzar un objetivo se debe perseverar hasta conseguirlo. Gracias! Edwin, deseo que este logro sea un ejemplo para que tú alcances tus sueños...

Agradecimientos

Gracias a Dios por amarme tanto, y por darme la oportunidad de llegar a la meta.

Al Doctor Feliciano Milián por permitirme ser parte de este trabajo, muchas gracias por pensar en mí, la oferta llegó a tiempo, gracias por su valiosa ayuda en cada paso para la realización de esta tesis.

A los Doctores Rubén Hernández Ortiz, Francisco Preciado de la Torre, Miguel Angel García Ortiz, José A. Ramos Aragón del CENID-Parasitología del INIFAP por los análisis de laboratorio de las muestras de suero colectadas.

Al Doctor Cantó, sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible, gracias por creer en mí y por esta oportunidad.

A mis Asesores, gracias por tomarse el tiempo para la revisión de mi tesis. A cada uno de mis profesores que durante la maestría me transmitieron su conocimiento y me hicieron saber que mis neuronas aún funcionan, gracias por su tiempo y por el empeño que ponen en cada una de sus clases. A mis compañeros y amigos: Agustín, Jorge, Miguel Angel, Norica, Oscar, Mony, Carlos y Nacho, (aclaro el orden de mención es por edades a todos los quiero igual) gracias por sus consejos, por su ayuda, por las risas y los buenos momentos, lo mejor es que terminamos juntos y la amistad continúa

Maria Elena

CONTENIDO TEMÁTICO

Aprobación.....	i
Resumen.....	ii
Abstract.....	iii
Dedicatorias.....	ii
v	
Agradecimientos	v
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
I.INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Definición.....	5
2.2. Antecedentes	7
2.3 Taxonomía de babesia y anaplasma.	7
2.4. Distribución geográfica.....	8
2.5 Transmisión.....	8
2.6 Ciclo biológico de la <i>Babesia</i>	12
2.7 Patogenia.....	14
2.8. Signos clínicos.....	15
2.9 Diagnóstico	17
2.10 Prevención y Control.....	18
2.11 Sistemas de producción.....	20
3. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo General	23
3.2 Objetivos específicos	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1 El tamaño de la muestra (TM).	24

4.2. La selección de municipios y lugares de muestreo.....	24
4.3. El diagnóstico	25
4.4. Georeferenciación de hatos	25
4.5. Factores de riesgo	26
5. RESULTADOS.....	26
6. DISCUSIÓN.....	30
7. CONCLUSIONES.....	32
8. LITERATURA CITADA	49

LISTA DE CUADROS

1. Especies de babesia en bovinos.....	6
2. Clasificación taxonómica de los géneros <i>Babesia</i> y <i>Anaplasma</i>	7
3. Prevalencia general de babesiosis (<i>B. bovis</i> y <i>B. bigemina</i>) y anaplasmosis (<i>A. marginale</i>) en la ganadería lechera de México.....	33
4. Prevalencia de babesiosis bovina (<i>B. bovis</i> y <i>B. bigemina</i>) por estado en la ganadería lechera de México.....	35
5. Prevalencia de babesiosis (<i>B. bovis</i> y <i>B. bigemina</i>) bovina por sistema de producción en las principales cuencas lecheras de México.....	37
6. Factores de riesgo asociados a la prevalencia de babesiosis bovina (<i>B. bovis</i>) en ganado de diferentes regiones lecheras de México.....	37
7. Factores de riesgo asociados a la prevalencia de la babesiosis bovina (<i>B. bigemina</i>) regresión logística binomial (multivariada).....	41
8. Prevalencia de babesiosis (<i>B. bovis</i> y <i>B. bigemina</i>) bovina por Estado en las principales cuencas lecheras de México.....	43
9. Prevalencia de anaplasmosis bovina (<i>Anaplasma marginale</i>) por estado en las diferentes regiones lecheras de México.....	44
10. Prevalencia de anaplasmosis bovina por sistema de producción en las principales cuencas lecheras de México.....	47
11. Factores de riesgo en anaplasmosis regresión logística binomial (multivariada).....	47

LISTA DE FIGURAS

1.Ciclo biológico de <i>Babesia bovis</i> (Mosqueda et. al., 2012).....	12
2. Situación actual de la campaña contra la garrapata	33
3. Prevalencia de babesiosis (<i>B. bovis</i>) bovina en los hatos muestreados en las diferentes regiones lecheras de México.....	34
4. Predicción espacial de la prevalencia de la babesiosis bovina (<i>B. bovis</i>) en las diferentes regiones lecheras de México.....	36
5. Condiciones climáticas que favorecen la presencia de babesiosis (<i>B. bovis</i>) bovina en las principales cuencas lecheras de México. Colores rojos favorables, colores azules desfavorables.....	38
6. Distribución de la prevalencia de babesiosis bovina (<i>B. bigemina</i>) en los hatos muestreados en las diferentes cuencas lecheras de México.	39
7. Predicción espacial de la prevalencia de babesiosis (<i>B. bigemina</i>) bovina en las diferentes cuencas lecheras de México.....	40
8. Condiciones climáticas que favorecen la presencia de babesiosis (<i>B. bigemina</i>) bovina en las principales cuencas lecheras de México. Colores rojos favorables, colores azules desfavorables.....	42
9. Distribución espacial de la prevalencia de anaplasmosis bovina (<i>Anaplasma marginale</i>) en las principales cuencas lecheras de México.	44
10. Predicción espacial de la prevalencia de anaplasmosis bovina en México.....	47
11.Condiciones climáticas que favorecen la presencia de anaplasmosis bovina en las principales cuencas lecheras de México.....	47

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el objetivo de la ganadería moderna es producir más con menos. Cada vez se colocan más animales en menos espacio, se les exige mayor cantidad de producto por unidad de alimento ingerido y se les administran fármacos para acelerar o mejorar los procesos de producción, como consecuencia de esto, el estrés para los animales es mayor (FAO, 2003). Tanto el estrés, como en ocasiones los medicamentos, tienen un efecto sobre los sistemas de defensa del animal, incrementando la susceptibilidad a enfermedades o favoreciendo cambios genéticos en los patógenos, ambos con severas consecuencias para el animal.

Por otra parte, los efectos sociales y económicos, son con frecuencia clasificados como directos e indirectos. El impacto más directo de las enfermedades es por la muerte de los animales, la baja de la producción y/o la productividad y la consiguiente pérdida de ingreso de los productores. La pérdida de bienestar de los productores será usualmente menor que el valor del producto perdido, excepto si el productor tiene pocas alternativas o si depende totalmente del producto afectado, siendo este último caso bastante frecuente en los países en desarrollo, en especial en las unidades de producción familiares. Por lo tanto, las pérdidas directas son el resultado de la enfermedad misma, que pueden ser muy altas cuando la tasa de mortalidad es del 50% al 100%, o por el costo de las medidas de sanidad (Le Gall, 2006).

La producción lechera en México ocurre en básicamente tres sistemas de producción: a) el familiar, b) el intensivo y c) el de doble propósito. El sistema de lechería familiar se localiza principalmente en regiones semiáridas y templadas. En el caso de México, está representado en las unidades de producción del estado de Jalisco, en la región de los Altos. Entre sus características destaca el aprovechamiento de los recursos de las familias rurales como mano de obra y residuos de las cosechas de sus parcelas agrícolas, así como del pastoreo en tierras de agostadero. El ganado es principalmente de raza Holstein mantenido en semiestabulación. La producción de leche de este sistema es en promedio de 3000 kg/vaca/año (Cuevas *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2007; Medina y Montalvo, 2004).

El sistema especializado o intensivo se localiza principalmente en zonas semiáridas. Se caracteriza por grandes hatos de ganado Holstein, alimentado con forrajes irrigados, principalmente alfalfa, granos y subproductos. El equipo e instalaciones son especializados y la ordeña es mecánica. La producción de leche es de alrededor de 8,000 kg/vaca/año (Barrera y Sánchez, 2003; Nuñez *et al.*, 2004; Villamar y Olivera, 2005). Las unidades de producción bajo este sistema se ubican en la zona centro y centro norte de México, desde el Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, la región de La Laguna y hasta Chihuahua, incluyendo la región de Tijuana, en Baja California.

El sistema de doble propósito se localiza principalmente en las áreas tropicales. Entre sus características destacan el tamaño pequeño o mediano de las unidades de producción, el pastoreo principalmente de gramíneas tropicales introducidas con el ganado Cebú con Holstein o Pardo Suizo para la producción de leche y becerros. La producción de leche es alrededor de 700 kg/vaca/año (Villa-Godoy y Arreguín, 1993; De Dios, 2001; Rosete *et al.*, 1993; Villagómez, 2000; Román-Ponce, 1995). Este sistema está representado en las costas del país, principalmente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche en el Golfo de México, el estado de Chiapas y en menor proporción en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca en la costa del pacífico.

Los costos directos de las enfermedades son con frecuencia muy inferiores a los costos indirectos y se relacionan directamente con la contención rápida de los brotes: los estudios de casos prácticos muestran que la detección temprana y la ejecución de medidas apropiadas en el caso de un brote son esenciales para ayudar a minimizar las pérdidas. Por el contrario, las medidas de control y erradicación inapropiadas son las responsables de situaciones endémicas, cuyo control y erradicación es mucho más difícil y costoso.

Las enfermedades son también causa de la pérdida de acceso a mercados, regionales e internacionales, con frecuencia tiene consecuencias económicas más graves que las meras pérdidas de producción. Por el contrario, la erradicación de ciertas enfermedades para facilitar el acceso a mercados de "alto valor" para las exportaciones puede traer considerables beneficios (Le Gall, 2006; De la Roque, 2008; Armbruster, 2005). Dos de las enfermedades que destacan por su impacto económico sobre la industria ganadera son **la babesiosis** (Larrauri, 2003) y la **anaplasmosis**.

La babesiosis bovina es una de las principales enfermedades hemotrópicas, donde su etiología en México corresponde principalmente a dos especies: *Babesia bovis* (*B. bovis*) y *Babesia bigemina* (*B. bigemina*). Estos protozoarios intraeritrocíticos son transmitidos por garrapatas del género *Boophilus* (FAO, 1978).

Las especies *B. bigemina* y *B. bovis* tienen alta prevalencia a nivel mundial (Morilla, 1981) y han sido plenamente identificadas en el continente americano. Recientemente se encontró tanto a *B. bovis* como a *B. bigemina* en el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en México. Aunque no se conoce a ciencia cierta la importancia de este hallazgo, se ha considerado que animales distintos al ganado bovino generalmente no tienen importancia epidemiológica como reservorios (Cantu et al., 2007). Las pérdidas económicas por éstos dos organismos son considerables, particularmente en países subdesarrollados (Acha y Szyfres, 2003). Los principales vectores de *B. bigemina* son *Rhipicephalus microplus* (anteriormente *Boophilus microplus*) y *R. annulatus* (anteriormente *Boophilus annulatus*) (Beaver et al., 1984).

La anaplasmosis por su parte, es una enfermedad infecciosa no contagiosa. La infección se caracteriza por formar cuerpos de inclusión intraeritrocíticos, su etiología es atribuida a la rickettsia del género *Anaplasma* (*A. marginale* y *A. centrale*) en bovinos (Aboytes, 1988). Durante los últimos años la incidencia de la piroplasmosis y la anaplasmosis en México ha avanzado de forma considerable, donde el traslado de animales de zonas tropicales a zonas templadas ha tenido un papel fundamental. En este proceso ha sido notoria la plasticidad de los artrópodos y

ectoparásitos responsables de su transmisión, se observa una adaptación notoria a climas poco propicios para su desarrollo, por ello es importante conocer la distribución de estas enfermedades con el fin de tomar o intensificar las acciones preventivas para reducir su impacto en la ganadería nacional. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo el conocer la prevalencia y la distribución de estas enfermedades en los diferentes sistemas de producción de leche en México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Definición

La babesiosis bovina o piroplasmosis es una infección parasitaria transmitida por garrapatas que causa alta morbilidad y mortalidad en ganado bovino. Es la enfermedad transmitida por artrópodos más importante del mundo (Bock et al., 2004) causada por protozoarios intraeritrocíticos del género *Babesia spp.* Las manifestaciones clínicas de la enfermedad incluyen fiebre, anorexia, depresión, debilidad, ataxia, hemoglobinuria, anemia, ictericia y la presencia de parásitos intraeritrocíticos (Ristic, 1981) y a menudo la muerte (McCosker, 1981).

Las sinónimos de *Babesia* son: Piroplasmosis, Ranilla, Tristeza y Fiebre de Texas (Quiroz, 1994). Existe evidencia de que las especies de *Babesia* en el ganado bovino son seis, sin embargo, en este trabajo sólo se tratarán dos (Cuadro 1), de las cuales *B. bovis* es la más patógena. Estos parásitos pueden presentarse en forma redondeada, anillada, alargada y de pera (piriforme) (Larrauri, 2003). En frotis sanguíneos, las células parasitadas tienden a situarse en grupos. La forma redondeada mide 1 a 2.5 micras y la piriforme de 2 a 2.5 micras (Purnell, 1981).

Babesia spp pueden causar un amplio rango de manifestaciones clínicas debido a las diferencias en virulencia y patogenicidad de las cepas dentro de cada especie. Las infecciones de *B. bovis* siempre causan un síndrome agudo, aunque de severidad variable (Wright, 1981). El tamaño y la morfología son los principales parámetros para el diagnóstico de la especie causal. Así, el método de diagnóstico más simple y más frecuentemente utilizado, es la observación directa del microscopio de los parásitos intraeritrocíticos presentes en sangre (Ristic, 1981). Frecuentemente ocurre en combinación con otros parásitos y expresa una patogenicidad sinérgica, causando casos agudos de la enfermedad cuando alcanza una parasitemia del 1.0% o mayor (Purnell, 1981).

Cuadro 1. Especies de *Babesia* que afectan a los bovinos.

Especie	Sinónimo
<i>Babesia bovis</i> (Aboytes, 1988)	<i>Babesia argentina, B. berbera, B. colcicha</i>
<i>Babesia bigemina</i> (Aboytes, 1988)	<i>Pyrosoma bigeminum, Apiososma begeminum</i>

La anaplasmosis bovina es también una enfermedad infecciosa no contagiosa. Se presenta principalmente en animales adultos ocasionando una anemia hemolítica extravascular derivada de la destrucción de una gran cantidad de glóbulos rojos infectados por parte del propio sistema inmune del bovino en el periodo crítico. La infección puede ir desde un curso subclínico hasta la muerte, dependiendo de la carga parasitaria, la edad, el estado general del animal y el medio ambiente. Las especies de *Anaplasma* que afectan a los bovinos son *A. marginale*, *A. centrale* y *A. caudatum* (Aboytes, 1988). En México sólo *A. marginale* está presente, por lo que en lo sucesivo sólo se habla de esta especie. Esta enfermedad es más frecuente en áreas donde el desarrollo de vectores tales como garrapatas, moscas y mosquitos es alta, lo que ocurre en pantanos y riveras de los ríos. La anaplasmosis afecta a todas las razas de bovinos y otros rumiantes, aunque raras veces se desarrolla en forma aguda o fatal. Los animales que sobreviven a la infección inicial permanecen como portadores de la enfermedad y, por lo tanto, quedan como reservorios (Gasque, 2008).

Anaplasma mide de 0.8 a 1.0 micras (Aboytes, 1988); al microscopio se observa a uno o dos organismos sin estructura definida por eritrocito, no tiene citoplasma aparente y puede presentar tres formas: a) cuerpos extraeritrocíticos con un tapón en el extremo; b) formas lisas de anaplasma en el interior de los eritrocitos y c) formas rugosas de anaplasma, cada una conteniendo 8 cuerpos como esporas, también dentro de los eritrocitos. La presencia de cuerpos iniciales en los eritrocitos de los animales portadores indica la supervivencia de los parásitos en el caso de preinmunidad (Gasque, 2008).

2.2. Antecedentes

La babesiosis fue reportada por primera vez en 1888 por Victor Babes en Rumania, quien detectó la presencia de cuerpos de inclusión intraeritrocíticos en sangre de ganado infectado (Babes, 1888). Babes falló en reportar la presencia de garrapatas en animales enfermos, pero en 1893 Theobald Smith y Frederick Kilbourne, de la oficina de la industria animal de Estados Unidos, publicaron los resultados de una serie de experimentos que demostraban garrapatas *Boophilus (Rhipicephalus) annulatus* en ganado del sur. Estas garrapatas caían del ganado infectado y fueron identificadas como responsables de transmitir una enfermedad llamada “fiebre de las garrapatas” en ganado (Smith y Kilbourne, 1893). Esta observación es considerada la primera que describe al vector artrópodo como portador de la enfermedad. Las observaciones de Smith y Kilbourne fueron tomadas por Cooper Curtice para su hipótesis de que eliminando las garrapatas del ganado podían eliminar la enfermedad, lo que eventualmente constituyó las bases del programa de erradicación de garrapata. En Estados Unidos la erradicación de la garrapata en el ganado del sur y la babesiosis se logró en 1943 (Larrauri, 2003), aunque la frontera sur con México es una zona de cuarentena donde hay brotes esporádicos de garrapatas y babesia (Larrauri, 2003). Esto es considerado como la única erradicación exitosa de garrapata que ha existido en el mundo.

2.3 Taxonomía de babesia y anaplasma.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de los géneros *Babesia* y *Anaplasma*.

	<i>Babesia</i>	<i>Anaplasma</i>
Reino:	Protista	Procariota
Subreino:	Protozoa	Gracilicute
Phylum III:	Apicomplexa	
Clase:	2, Sporozoa	Stocobacteria
Subclase:	3, Piroplasmia	
Orden:	1, Piroplasmida	Rickettsia
Familia:	Babesiidae	III, Anaplasmatacea
Género:	<i>Babesia</i>	<i>Anaplasma</i>
pecies:	<i>B. bovis</i> <i>B.</i> <i>bigemina</i>	<i>A. marginale</i>

2.4. Distribución geográfica

La **babesiosis** bovina se puede encontrar en cualquier lugar donde existan garrapatas, ya que estas fungen como su principal vector, por lo que es más frecuente en zonas tropicales y subtropicales (Acha y Szyfres, 2003), donde también se encuentran las garrapatas *Rhipicephalus microplus* (antes *Boophilus microplus*) y *R. annulatus* (antes *Boophilus annulatus*) (Quiroz, 1994). Esto representa un problema para la introducción y el establecimiento de razas mejoradas en regiones tropicales (Ristic, 1981).

La **anaplasmosis**, por su parte, es considerada un problema de distribución mundial, aunque se localiza con mayor frecuencia en zonas tropicales y subtropicales. En Norte América (Canadá, México y Estados Unidos), los tipos de *Anaplasma* que se han identificado son *A. marginale* y *A. caudatum*. *A. caudatum* sólo ha sido reportada en Estados Unidos (Aboytes, 1988). En México solo se presentan brotes severos en animales susceptibles que son introducidos a zonas endémicas del trópico mexicano y en hatos donde se ha perdido la estabilidad enzoótica.

2.5 Transmisión

La transmisión de la *Babesia* representa un proceso complejo, el cual está conformado por tres elementos: vector, parásito y hospedero. Además de que existen una serie de factores que modifican su transmisión (Álvarez y Cantó, 1985). *Babesia* spp se nutre por pinocitosis dentro del eritrocito, a partir de la hemoglobina, la cual es hidrolizada; además de metabolizar la glucosa del ácido láctico, manosa y proteínas (Cordero y Rojo, 1999). El desarrollo y la alimentación de la garrapata vector tienen una influencia importante en la transmisión de la *Babesia*. En la transmisión de *B. bovis* por garrapata de un solo huésped (*Rhipicephalus* spp.), el patrón de transmisión es únicamente a través del estado larvario. La transmisión de *B. bovis* desde una generación de garrapatas a la siguiente únicamente es posible si la garrapata hembra adulta se alimenta de un huésped infectado (Larrauri, 2003).

Dentro de la garrapata, los cigotos de *Babesia* se multiplican como “vermículos” que invaden muchos de los órganos de la garrapata, incluidos los ovarios, así, la *Babesia* pasa fácilmente a la siguiente generación de garrapatas en el huevo (Bock et al., 2004). Estos parásitos a veces pueden transmitirse por vía transovárica a varias generaciones, aunque esto varía según la especie de *Babesia* y la de la garrapata. Algunos de los factores a considerar en el ciclo de la *Babesia* son:

Infección del vector. La infección de la garrapata del género *Rhipicephalus* spp con la *Babesia* inicia desde que esta ingiere la sangre de un huésped infectado (Larrauri, 2003). Cuando una garrapata infectada se adhiere a un nuevo huésped, la *Babesia* completa su maduración. Los parásitos *B. bovis* generalmente pueden ser infecciosos 2 a 3 días posteriores a que se prenden a las larvas de las garrapatas y se pueden transmitir a través de las larvas (Bock et al., 2004).

Edad de las garrapatas. Las larvas de *R. microplus* que son expuestas a temperaturas de 14°C con 95% de humedad relativa, han sido capaces de mantener la viabilidad de *B. bovis* durante 65 días, aunque las larvas pueden sobrevivir en esas condiciones hasta por 200 días (Álvarez y Cantó, 1985).

Factores físicos. Temperatura; la ovoposición a temperaturas de 30° C a 37° C inducen el desarrollo de estadios infectivos de *B. bovis* en *R. microplus*. La humedad relativa es uno de los factores más importantes para el desarrollo de la garrapata, aunque no lo es tanto para el desarrollo de la *Babesia*, se considera como óptima la humedad relativa del 80% (Álvarez y Cantó, 1985).

Factores del hospedero: Genético. Se ha demostrado la diferente susceptibilidad a infecciones con *Babesia* por determinantes genéticos. Se sabe que el ganado *Bos indicus* es más resistente que el *Bos taurus* (Larrauri, 2003). Edad; los becerros son más resistentes a la enfermedad debido a la ingestión de anticuerpos calostrales; además, los animales que nacen de hembras

susceptibles son más resistentes a la enfermedad hasta los 8 meses de edad (Trueman y Bligh, 1978; Álvarez y Cantó, 1985).

Inmunidad: activamente se adquiere por exposición del hospedero al parásito vivo o inactivado, e incluso por productos de los mismos. La respuesta inmune del hospedero controla la parasitemia destruyendo los parásitos, los eritrocitos e interrumpiendo la multiplicación de la *Babesia*. Si los animales sobreviven a la fase aguda de la infección, quedan inmunes a la reinfección (Mahoney y Goodger, 1972; Álvarez y Cantó, 1985).

En general, los brotes de babesiosis pueden presentarse mediante dos condiciones:

- a) Exposición de ganado susceptible. Esto ocurre al cambiar o introducir ganado infestado a zonas libres, ocasionando que las garrapatas se distribuyan en lugares en que normalmente no se encuentran, o al contrario, se introducen animales susceptibles a explotaciones infestadas (Larrauri, 2003).

- b) Inestabilidad enzoótica. Esto es el estado de desequilibrio entre el proceso infeccioso y la adquisición de la inmunidad por parte de los hospedadores bovinos. La *Babesia* también se puede transmitir entre animales por inoculación directa. Las moscas y los fómites contaminados por sangre infectada podrían actuar como vectores mecánicos, aunque se piensa que éste método de transmisión no tiene gran importancia epidemiológica (Barros y Figuera, 2008).

Especies susceptibles de *Anaplasma* y su transmisión. Los bovinos *Bos taurus* desarrollan la enfermedad de forma más severa con *A. marginale* que el *Bos indicus*. En borregos y cabras se desarrolla la infección de forma inaparente, debido a la habilidad de *A. marginale* de infectar sus células sanguíneas. En América, algunas especies son severas y crónicas, el agente etiológico se mantiene en el

medio ambiente. Otros rumiantes salvajes como el búfalo americano (*Bison bison*) y el alce (*Alces alces*), pueden también ser infectados (Aboytes, 1988).

Los factores epidemiológicos son importantes en áreas de riesgo y la forma de transmisión de la Anaplasma puede explicar la variación en la prevalencia de la enfermedad. Algunas especies de artrópodos son involucrados en la transmisión de anaplasmosis. En Estados Unidos, la garrapata *D. andersoni* es aparentemente el vector biológico. Kocan et al., (1986) demostró que bajo condiciones experimentales *A. marginale* puede replicarse en *D. andersoni*. Estos autores demostraron también que *A. marginale* puede sobrevivir por largos periodos de tiempo en tejidos de garrapatas vivas infectadas. Este dato se deriva de experimentos en los cuales se infectaron ninfas con *A. marginale*. Las garrapatas adultas son capaces de transmitir el agente a animales susceptibles. Más evidencias muestran que *A. marginale* se replica en garrapatas, esto ha sido reportado por el uso de clonación de *A. marginale* y en pruebas de ADN se ha detectado *A. marginale* en extractos de garrapatas (Goff et al., 1988).

Experimentalmente se ha demostrado que numerosos artrópodos son capaces de transmitir la anaplasmosis; por lo menos 19 especies de garrapatas la transmiten, la mayoría únicamente como vectores mecánicos. Las garrapatas son los principales vectores naturales en muchas áreas ya que la enfermedad hace su aparición tres o más semanas después de su nacimiento en la primavera y tiene gran incidencia cuando el ganado esta engarrapatado. Aún en ciertas zonas libres de garrapatas, la enfermedad es enzoótica; ahí las moscas de los caballos parecen ser el principal vector (Gasque, 2008).

Otros vectores mecánicos en la transmisión de *A. marginale* son otros insectos chupadores de sangre, tales como *Tabanus* spp., *Chrysops* spp., *Stomoxys calcitrans* y *Psorophora* spp. Los insectos chupadores de sangre son considerados los factores epidemiológicos más relevantes en la transmisión en áreas donde las condiciones ambientales no son adecuadas para las garrapatas (Aboytes, 1988). La

contaminación iatrogénica también juega un factor importante en la transmisión de anaplasmosis (Blood et al., 1983).

2.6 Ciclo biológico de la *Babesia*.

La mayoría de los ciclos de vida de la *Babesia spp* no están completamente estudiados; sin embargo, las especies económicamente importantes como *B. bovis* y *B. bigemina* han sido estudiadas intensamente (Larrauri, 2003).

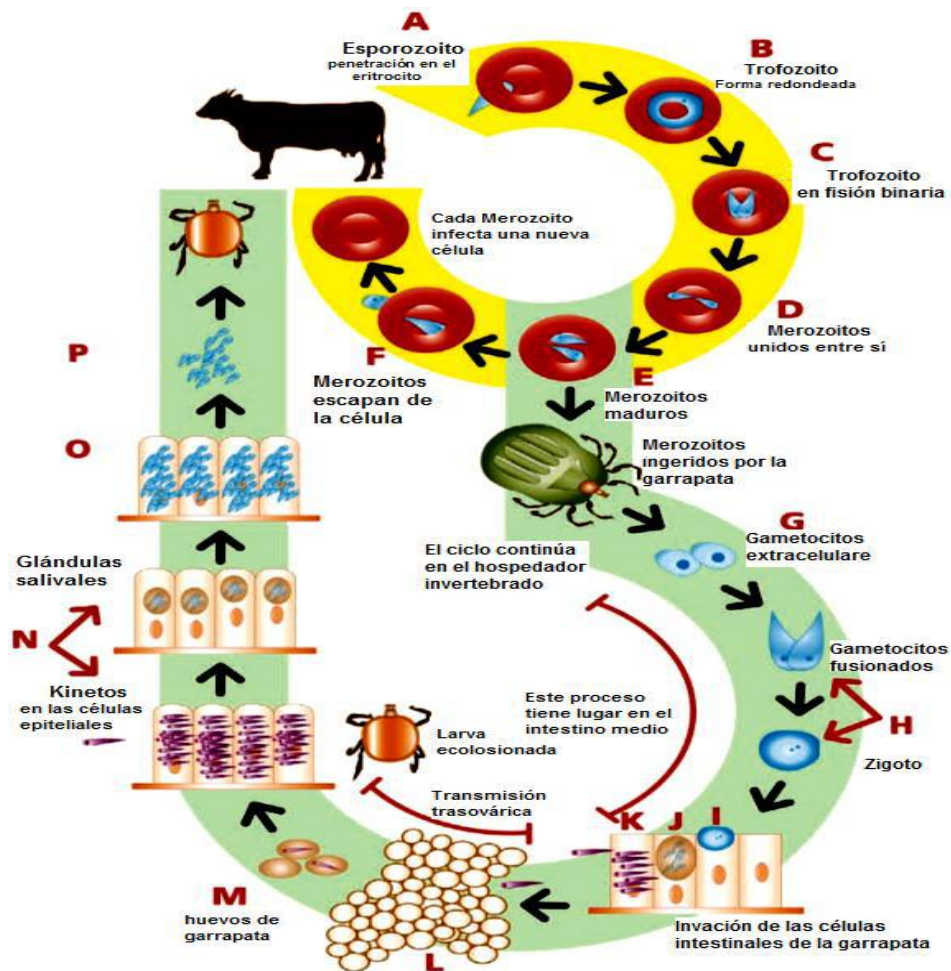


Figura 1. Ciclo biológico de *Babesia bovis* (Mosqueda et. al., 2012).

La forma infecciosa de *Babesia spp* es inoculada al huésped por la garrapata al momento de alimentarse, penetrando al eritrocito en forma de merozoito por un proceso activo (Jack y Ward, 1981). Para su estudio el ciclo puede dividirse en cuatro etapas:

- 1) **Fisión binaria de eritrocitos.** Se forma una vacuola parasitófora que se diferencia para formar el trofozoito (estado de alimentación), el cual se divide en fisión binaria longitudinal formando los merozoitos que abandonan a la célula para invadir otra. Esta división continúa hasta que el huésped muere, se elimina el parásito o es ingerido por otra garrapata (Quiroz, 1994).

- 2) **Fisión múltiple en el epitelio intestinal y túbulos de malpigi.** La garrapata adquiere infección al ingerir la sangre infectada en las últimas horas antes de desprenderse. Los eritrocitos son destruidos liberando a los parásitos en el lumen intestinal de la garrapata, donde muere una proporción y un pequeño porcentaje de las formas sanguíneas sobrevive a la digestión. Estas forman un cuerpo de fisión donde liberan hasta 200 formas conocidas como “vermículos” o quinetos en el lumen intestinal. Pasan al intestino, migrando hacia la hemolinfa de garrapata, llegando a las células de túbulos de malpigi, donde se redondean (Smith, 1978).

- 3) **Fisión múltiple en ovarios e invasión de huevos.** Los quinetos pasan a los ovarios donde se dividen e invaden los huevos antes de que sean cubiertos por quitina y permanecen en el vitelo (Smith, 1978).

- 4) **Fisión múltiple en intestino y glándulas salivales de larva o ninfa.** Después de la ovoposición y durante el desarrollo del embrión dentro del huevo los vermículos invaden las células del intestino formando otro cuerpo de fisión y liberando otra generación de quinetos (Smith, 1978). Estos alcanzan mediante la hemolinfa las células de las glándulas salivales, donde ocurre otra división con la liberación de miles de cuerpos anulares que se transforman en peras, las cuales forman las formas infectantes de la *Babesia* que inoculan las larvas en el caso de *B. bovis* (Friedhoff y Smith, 1981).

2.7 Patogenia

En la infección por *B. bovis*, lo que generalmente ocurre es una gran liberación de sustancias farmacológicamente activas que provocan vasodilatación, éstasis sanguínea y choque, además de una coagulación intravascular diseminada y trombosis pulmonar mortal (Callow, 1984). *B. bovis* produce una enzima que activa la presencia de calicreína en varios órganos, especialmente en el estroma de células rojas. Las cininas producidas tienen efectos vasodilatadores e hipotensivos que incrementan la permeabilidad vascular. Estos fenómenos ocurren temporalmente y preceden a la aparición de la parasitemia. La actividad de las cininas simultáneamente con otros productos porfirínicos degradados induce las lesiones al corazón y riñones (Wrihgt, 1973). Los antígenos de *Babesia* forman complejos con el fibrinógeno e inducen aglutinación y adherencia a las células rojas sanguíneas parasitadas en la pared vascular incrementando así la acumulación de eritrocitos (Cordero y Rojo, 1999).

El flujo sanguíneo es obstruido y existe distensión capilar principalmente en riñones y corteza cerebral. La coagulación diseminada se complica con trombosis pulmonar con formación de trombos en riñones e hígado (Morel, 1989). El factor primario en los casos fatales se ha relacionado con la magnitud del cuadro anémico y la consecuente anoxia; sin embargo, estudios posteriores señalan a ciertas enzimas proteolíticas (esterasas y proteasas) de origen parasitario como las responsables de los signos clínicos y las alteraciones tisulares, además que *B. bovis* involucra también al sistema nervioso central (Larios et al., 1984).

En la anaplasmosis, después de la inoculación de sangre infectada en animales susceptibles hay un período de incubación que generalmente varía de 14 a 15 días, aunque se han reportado períodos más largos. No se conoce definitivamente si hay multiplicación del agente dentro de las células de la médula ósea roja en los órganos internos de los huéspedes antes de que los cuerpos del anaplasma aparezcan en la sangre periférica. La proporción de sangre periférica junto con las células parasitadas aumenta en forma definida hasta que aparece

dentro de los eritrocitos durante ocho a trece días; posteriormente, hay una declinación del porcentaje de las células parasitadas, hasta que los cuerpos de anaplasma son muy difíciles de localizar en un frotis sanguíneo. No se observa hemoglobinuria en casos de anaplasmosis sin complicaciones, puede ocurrir el aborto, y algunos animales muestran trastornos cerebrales, llegando a excitarse en algunas convalecencias. La mortalidad puede variar de 5 a 10%, llegando incluso a 50 y 60%. Las variaciones de estos cuadros típicos se observan en becerros con infección de tipo medio, en los cuales hay depresión temporal, pérdida del apetito, pérdida del brillo del pelo, pérdida de carnes, constipación y algunas veces, fuertes descargas mucopurulentas por ojos y nariz. La mayoría de los signos pueden pasar inadvertidos; sin embargo, se ha notado que las infecciones en animales jóvenes los hace portadores sanos. Casos más severos son vistos en animales de un año, aunque la mortalidad es baja. La anaplasmosis crónica puede presentarse después de un ataque severo en algunos pacientes con vitalidad reducida o baja capacidad regenerativa sanguínea. En estos casos los cuerpos marginales disminuyen lentamente cuando los eritrocitos jóvenes aparecen, pero síntomas con anorexia, fiebre leve, sed, pulso aumentado, ictericia y emaciación pueden continuar por algunas semanas o meses. La recuperación es lenta y la anaplasmosis puede convertirse en anaplasmosis crónica cuando la anemia e ictericia son extremas (Gasque, 2008).

2.8. Signos clínicos

La infección produce un síndrome que puede tener un curso benigno con recuperación espontánea, o bien progresar a una segunda fase y producir una condición debilitante que finaliza con la muerte del animal. Esto es evidente en infecciones con *B. bovis* (Kuttler, 1988; Larios, 1989). Los signos clínicos varían según la edad del animal, la especie y la cepa del parásito. La mayoría de los casos de babesiosis se observan en adultos, los animales menores de 9 meses generalmente no presentan síntomas. La patogenicidad de las cepas varían considerablemente, aunque *B. bovis* en general es más virulento que *B. bigemina* (Bock et al., 2004).

En general, los animales infectados por *B. bigemina* desarrollan anorexia y fiebre alta, signos que pueden presentarse antes de que aparezcan otros signos clínicos. Los signos clínicos son causados por hemólisis y anemia. Los animales pierden apetito, pueden separarse del resto, se debilitan, se deprimen y rehúsan a moverse. Las membranas mucosas se presentan pálidas y aumenta la frecuencia respiratoria y cardíaca. Generalmente se desarrolla anemia con rapidez, que suele estar acompañada de hemoglobinuria y hemoglobinemia. En casos agudos se presenta ictericia. También se puede observar diarrea o estreñimiento y puede manifestarse un síndrome de insuficiencia respiratoria con disnea en animales afectados gravemente (Bock et al., 2004; Alonso et al., 1990; Quiroz, 1994).

La fiebre puede producir abortos en vacas preñadas y los toros a veces presentan una disminución temporal de fertilidad. Los signos en el sistema nervioso central no son frecuentes en las infecciones con *B. bigemina*. Algunos bovinos mueren, pero en los animales que sobreviven, la crisis anémica suele cesar en una semana; estos pueden estar débiles y en malas condiciones, aunque generalmente se recuperan por completo. También se conservan infecciones subagudas, con signos menos notorios (Bock et al., 2004).

Las infecciones con *B. bovis* son similares, pero generalmente son más graves. Sin embargo la hemoglobinuria y la hemoglobinemia son menos frecuentes que en los animales infectados con *B. bigemina*. La infección intrauterina con *Babesia* puede derivar en el nacimiento de un ternero febril, débil, anémico, con ictericia y deshidratado, que posiblemente tenga convulsiones u otros signos neurológicos (Bock et al., 2004).

La anaplasmosis, es una infección caracterizada por la presencia de cuerpos de inclusión intraeritrocítica, clínicamente cursa con anemia progresiva, acompañada de fiebre de 41°C, emaciación, constipación, abortos y muerte. Los signos en los

animales pueden desarrollarse en cuadros hiperagudos, agudos o de infección crónica.

2.9 Diagnóstico

La serología es una herramienta útil para analizar la epidemiología de la babesiosis bovina, los estudios seroepidemiológicos son apropiados para el conocimiento de la distribución geográfica (Álvarez y Cantó, 1991). Se debe sospechar la existencia de babesiosis en bovinos que presentan fiebre, anemia, ictericia y hemoglobinuria, aunque la babesiosis se asemeja a otras enfermedades que producen fiebre y anemia hemolítica. El diagnóstico diferencial incluye anaplasmosis, hemoglobinuria bacilar, leptospirosis, intoxicación crónica por cobre, intoxicación por col y nabo (García et al., 1999). La babesiosis se puede diagnosticar por identificación de los parásitos en la sangre o los tejidos por PCR, por pruebas serológicas o por métodos experimentales. Mediante las pruebas de PCR se pueden detectar y diferenciar las especies de *Babesia*, estas pruebas resultan útiles para detectar portadores del parásito. El diagnóstico de portadores también se puede realizar mediante cultivos *in vitro*. Se pueden detectar animales enfermos mediante serología, la cual se utiliza con mayor frecuencia en vigilancia y certificación de exportaciones. Los anticuerpos contra *Babesia* generalmente se detectan mediante las pruebas de inmunofluorescencia indirecta o ELISA (Wikel, 1988). También se utiliza la prueba de fijación del complemento y se han descrito pruebas de aglutinación en látex. Las reacciones cruzadas pueden complicar la diferenciación de algunas especies en pruebas serológicas (Buening, 1991).

En el caso de anaplasmosis, el diagnóstico presuntivo esta basado en el reconocimiento de anemia e ictericia en animales de más de un año de edad. La incidencia estacional (época de lluvias) en el diagnóstico positivo de un animal sospechoso depende de la demostración de anaplasmas a través de la observación microscópica de los frotis sanguíneos teñidos. Los anaplasmas pueden disminuir en la sangre circulante y su número ser indetectable en algunos casos antes de la anemia, dificultando su observación, sin que esto elimine la posibilidad de su

presencia; casos sobreagudos y agudos deben ser diferenciados de otras afecciones severas, como la fiebre carbonosa, los envenenamientos y los disturbios gastroentéricos. Cuando la anemia es manifiesta, la enfermedad debe ser diferenciada de leptospirosis y hemoglobinuria bacilar, lo mismo que de piroplasmosis en áreas donde éstas enfermedades son enzoóticas. El diagnóstico se basa en la presencia de los cuerpos marginales en glóbulos rojos. Es posible confundirlos cuando se examina la sangre de los animales jóvenes o anémicos en los que se encuentran los cuerpos de Jolly y éstos aparecen como núcleos degenerados en eritrocitos inmaduros. Se ha reportado el uso de anticuerpos fluorescentes para detectar anaplasmas esparcidos en la sangre (Gasque, 2008).

2.10 Prevención y Control

Las estrategias dirigidas a interferir en la transmisión y el desarrollo del hemoparásito en la garrapata están dirigidas a tres niveles de acción:

- Mecanismos que afectan la alimentación y la biología del vector, con un efecto secundario de reducción en la población del hemoparásito.
- Mecanismos que afectan directamente al hemoparásito, con un efecto secundario de reducción en la infección y el desarrollo en la garrapata, así como en la transmisión a partir del vector.
- Una combinación de estos dos mecanismos (Kalhl et al., 1982). En los países en los que la erradicación no es viable, el control de las garrapatas puede disminuir la incidencia de la enfermedad. El desarrollo de resistencia a los acaricidas puede resultar una preocupación. Modificaciones ambientales también puede destruir el hábitat de las garrapatas pero, en algunos casos, esto puede resultar difícil e indeseable desde el punto de vista ecológico. Las vacunas dirigidas contra el vector o los hemoparásitos, parecen ser una alternativa a considerar en los programas de control. Las inmunoglobulinas desarrolladas por el hospedero pueden pasar al vector y cruzar las células epiteliales del intestino del invertebrado y alcanzar la hemolinfa sin sufrir desnaturalización. De este modo, se espera que al inmunizar al ganado contra las garrapatas y/o estadios del hemoparásito presentes en el vector, el bovino

produzca anticuerpos dirigidos contra ellos. Estas vacunas presentan problemas de seguridad, tales como su potencial de virulencia en animales adultos, posible contaminación con otros patógenos y reacciones de hipersensibilidad a las proteínas sanguíneas. Es mejor utilizarlas en animales menores de un año para minimizar el riesgo de que contraigan la enfermedad.

La utilización de ganado bovino genéticamente resistente, como *B. indicus*, también puede disminuir la incidencia de la enfermedad. La estabilidad endémica natural no es confiable como única estrategia de control, puesto que ésta puede verse afectada por el clima, los factores relacionados con los huéspedes y el manejo. Los bovinos expuestos a infestaciones repetidas de garrapata desarrollan un tipo de resistencia que afecta al vector. Los efectos están representados por una disminución en la engurgitación, retardo en el comienzo de la ovoposición y reducción en la concentración de huevecillos (Larrauri, 2003).

En zonas endémicas, los animales enfermos se deben tratar lo antes posible con antiparasitarios. El tratamiento posiblemente resulte más eficaz si la enfermedad se diagnostica temprano y puede fallar si el animal se debilita por anemia. Se ha informado sobre la eficacia de algunos fármacos contra la *Babesia*, pero muchos de estos se retiraron del mercado por problemas de seguridad o de residuos. Las dosis elevadas de medicamentos pueden eliminar a los parásitos de los animales portadores, como así también controlar los signos clínicos. En ocasiones es necesario hacer transfusiones de sangre y otras terapias de sostén. La quimioprofilaxis con un fármaco (imidocarb) puede proteger a los animales contra la enfermedad clínica y, a la vez, permitir una respuesta inmunológica (Kokan, 1995).

La erradicación completa de anaplasmosis es difícil debido al gran número de garrapatas e insectos involucrados. En áreas enzoóticas la norma es el control de garrapatas. Una forma de control se basa en la premunición, para la cual se recurre a: 1) vacunación con sangre que contenga anaplasmas. Esto provoca una reacción moderada en los animales y sólo se hace en áreas en donde se sabe existe

Anaplasma centrale, 2) vacunación con vacuna preparada con sangre conteniendo *Anaplasma centrale* muertos. Se recomienda dos vacunas espaciadas por 6 semanas. Como tratamiento se ha reportado el uso de la aureomicina contra anaplasmas, la droga fue dada inicialmente a la dosis de 10 mg/kg seguido de 5 mg cada 12 horas durante 5 días. Algunos han considerado el uso de tetraciclinas, como la oxitetraciclina, bajo condiciones de campo. El uso de la vacuna de anaplasma se encuentra en etapa de confirmación experimental y promete grandes ventajas. Es necesario considerar que el control de artrópodos hematófagos juega un papel importante para disminuir la incidencia de ésta enfermedad (Gasque, 2008).

2.11 Sistemas de producción

Sistema de producción familiar o de traspatio. Los pequeños productores mantienen a veces producciones de traspatio con un pequeño número de vacas mantenidas por la misma familia y donde éste no es la única o principal actividad económica. La ordeña es manual o mecanizada. La alimentación se basa en el pastoreo y el uso de esquilmos agrícolas, tales como el rastrojo de maíz, que se produce en la misma granja, y/o el ensilaje de maíz. En menor cantidad se usan también los alimentos balanceados, maíz molido, pasta de soya, cascarilla de soya y suplementos minerales. Cuando las vacas están en pastoreo los costos son bajos pero durante la época de secas los costos pueden ser muy altos, al grado de resultar muy difícil alimentar al ganado. Al no contar con tanques enfriadores generalmente se les paga precios muy bajos por la leche "caliente", lo que afecta económicamente a los productores. En algunos lugares, los productores se organizan en cooperativas y entregan la leche a un termo enfriador, el cual es mantenido en forma comunitaria, con lo que se logra un mejor precio. Los niveles de producción son generalmente bajos por la falta de calidad genética del ganado, una nutrición no adecuada y por no contar con un programa de manejo reproductivo formal. Es común la falta de asesoría técnica y esto se refleja en la falta de un programa alimenticio adaptado a las necesidades del productor. La producción de leche depende de varios factores, tales como la genética, la alimentación y la reproducción. Si esto se lleva a cabo de

manera óptima, entonces la producción de leche es un negocio rentable. Es la experiencia del autor que, con un buen manejo y una buena alimentación, la producción de traspatio puede ser una alternativa interesante para una familia, sobretodo si se le puede dar un valor agregado a la leche, ya sea como la producción artesanal de queso, yogurt, crema y mantequilla (Santos, 1991).

La pequeña producción pecuaria puede y genera una parte importante de los alimentos necesarios para el mercado interno de los países de América Latina y el Caribe, mejorando la seguridad alimentaria y nutricional y, por ende, contribuye significativamente al desarrollo nacional. También contribuye al crecimiento del producto interno bruto, en algunos casos ayuda a dinamizar las exportaciones de productos pecuarios, genera empleos y, lo más importante, genera nutrientes para el consumo y es factor clave en la lucha contra la inseguridad alimentaria y el desarrollo rural sustentable (Villamar, 2005).

Sistema de producción intensiva. Bajo los sistemas de producción intensiva se encuentran los especializados (que son los establos lecheros más tecnificados) y los sistemas semiespecializados (que son una mezcla de producción intensiva y pastoreo estacional). Los sistemas de producción intensiva permiten un mejor manejo y control de la alimentación, lo que ha llevado a altas producciones de leche, pero a un costo relativamente alto. Los márgenes de utilidad por litro de leche producido pueden ser muy pequeños, de unos \$0.20 por litro, pero gracias al mayor nivel de producción, pueden mantener utilidades atractivas para el productor. Un aspecto muy importante de la producción intensiva es que su capacidad de crecimiento es muy grande, llegando a los varios miles de vacas (Díaz et al., 2009). Este proceso de crecimiento implica cambios en las economías de escala, es decir, cada vez que se crece se obtiene mayor cantidad de leche, pero a su vez se requieren mayores inversiones en salas de ordeña, corrales, maquinaria, personal, etc. Las granjas integradas enfrentan también varios problemas inherentes al manejo estabulado, como son el hacinamiento de los animales y el acumulo de estiércol. Las vacas presentan más problemas de ubre y de patas, así como mayor incidencia de enfermedades infecto-contagiosas y abortos. Los establos lecheros tienen costos de

producción más altos, debido principalmente a los altos costos de energéticos para preparar y llevar el alimento a las vacas y posteriormente para retirar el estiércol producido (Cuevas et al., 2007).

Sistema de producción de doble propósito. La producción de leche en el trópico se basa en la ordeña de vacas y la venta de becerros al destete. Este sistema genera más utilidades que la producción pura de leche o la de sólo crías. De gran importancia es el manejo reproductivo, donde la vaca debe tener un intervalo entre partos de 12 meses y por lo menos 70% de las vacas deben quedar gestantes en el tiempo adecuado. La vaca debe quedar cargada 2 a 3 meses después del parto y las crías se destetan a los 9 a 10 meses, cuando la vaca tiene 7 meses de lactancia, para tener un período seco de 2 meses antes del siguiente parto (Román-Ponce, 1995).

Las gestaciones van coordinadas con las épocas de lluvias, se busca que los becerros nazcan durante la época de secas, antes de las lluvias, para que se nutran en una etapa inicial de la leche de la vaca y que se desteten cuando el pasto ya ha empezado a crecer (Villa-Godoy y Arreguín, 1993). En este tipo de sistema las razas preferidas son las cruces de ganado europeo (*Bos taurus*) productor de leche con ganado cebuino (*Bos indicus*), que confiere rusticidad y resistencia a los parásitos. Generalmente se utilizan razas europeas como Holstein y razas cebuinas como el Brahman, o las razas más lecheras cebuinas (Gyr, Nelore, Guzerat). De gran interés es el ganado Pardo Suizo, que tiene mayor rusticidad y puede reproducirse y mantener lactancias moderadas incluso bajo los altos niveles de humedad y calor. En este sistema, los becerros se mantienen con su madre durante el día y la ordeña, pero después de los 4 meses se separan. Como todos los sistemas lecheros, los niveles de leche dependen de la etapa de lactancia y la disponibilidad de alimento. Las dietas se basan en pastoreo de gramíneas nativas y/o introducidas (Villagómez, 2000).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Identificar, medir y conocer la distribución de la anaplasmosis y babesiosis en tres sistemas de producción (intensivo, familiar y doble propósito) en la ganadería lechera en México.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la prevalencia de la piroplasmosis y la anaplasmosis en la ganadería lechera en México con base en un diseño epidemiológico de muestreo representativo.
- Identificar los principales factores de riesgo asociados a la prevalencia de la piroplasmosis y la anaplasmosis en la ganadería lechera en México.
- Conocer la ubicación espacial de la problemática zoonosaria de la piroplasmosis y la anaplasmosis en la ganadería lechera en México con apoyo de sistemas de información geográfica (GIS) y modelos geoestadísticos.
- Predecir la distribución espacial de la piroplasmosis y la anaplasmosis en la ganadería lechera en México de acuerdo a las condiciones climáticas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir los objetivos propuestos, el trabajo se enfocó a los tres sistemas de producción del país (intensivo, familiar y doble propósito). Se utilizó un diseño de muestreo estratificado bi-etápico. Esto es, considerando que la población de ganado lechero está ubicada en cuencas, cada una de ellas fue considerada como un estrato, luego, en una segunda etapa, dentro de cada cuenca se seleccionaron también de manera aleatoria los hatos a muestrear, para posteriormente muestrear por conveniencia a los animales dentro de cada hato. Las cuencas consideradas fueron: en lechería intensiva, Aguascalientes, Delicias en Chihuahua, Hidalgo, La Laguna, entre Durango y Coahuila y Querétaro; en lechería familiar, Jalisco y en lechería de doble propósito, Chiapas, Sinaloa y Veracruz.

4.1 El tamaño de la muestra (TM).

El número de animales a muestrear, estimado con una proporción hipotética del 10% utilizando como base a la brucelosis, un margen de error del 1% y un nivel de confianza del 95%, fue de 3,500 animales. El TM se determinó considerando una población de 2 millones de cabezas de ganado especializado en producción de leche, la formula utilizada fue:

$$n = \frac{N z^2 p q}{E^2(N - 1) + z^2 p q}$$

Donde:

N= tamaño de la población (2 millones de cabezas)

z^2 = Valor de Z asociado al nivel de confianza (1.96 para un 95% de confiabilidad)

p = Prevalencia esperada

q= 1-p

E= margen de error aceptado en la estimación

Para reducir la varianza total del muestreo, primero se determinó la fracción muestral por estrato (cuenca) dividiendo el total de la muestra entre el total de la población ($3500/2000000=0.0018$). Posteriormente, para determinar el número de animales a muestrear por estrato se multiplicó la fracción muestral por el tamaño de la población de cada estrato. La población de animales especializados en la producción de leche se obtuvo del último censo agropecuario en México.

4.2. La selección de municipios y lugares de muestreo

En un intento primario por determinar un marco muestral, se obtuvo el padrón de ranchos ganaderos de los estados considerados en el estudio para la selección de los municipios más representativos en términos de producción de leche, considerando que ésta no es una actividad distribuida de manera uniforme en el territorio de cualquier estado. Para esto se utilizaron censos ganaderos de INEGI o censos ganaderos estatales detectados en diferente tipo de reportes en internet, donde de acuerdo al número de cabezas de ganado reportado como especializado en leche y/o a la producción de leche por municipio, se seleccionaron los municipios más representativos en la actividad en cada cuenca. La selección de cada hato a

muestrear se dejó al criterio del personal responsable del muestreo, con la recomendación de que los hatos muestreados deberían estar lo más distribuidos territorialmente posible en el municipio. Las cuencas consideradas fueron, de lechería intensiva: Aguascalientes, Delicias, La Laguna, Hidalgo, Guanajuato y Querétaro. De lechería familiar, Jalisco y de doble propósito, Chiapas, Sinaloa y Veracruz. El principal material biológico utilizado fue suero.

4.3. El diagnóstico.

El método de diagnóstico que se utilizó fue la prueba de ELISA (enzyme-Linked Immunosorbent assay). Esta prueba se utiliza para medir o detectar anticuerpos o el antígeno. Se utilizan placas de poliestireno con pozos que se llenan de una solución conteniendo el antígeno. Las proteínas se unen firmemente al poliestireno, formando una capa fina que permanece después de varios lavados. Las placas forradas pueden ser almacenadas hasta su análisis. Cuando se evalúa el suero, éste se adiciona a cada pozo. Si hay anticuerpos específicos, estos se unen al antígeno de la capa. Se incuba y se lava para eliminar anticuerpos sobrantes. Se adiciona una solución que contiene los anticuerpos antiglobulina unidos químicamente a una enzima. Esta antiglobulina se une al anticuerpo y después de incubaciones y lavados el complejo se mide adicionando un sustrato para la enzima. Este sustrato y la enzima se seleccionan para que la reacción resulte en un color que pueda ser cuantificado. La cantidad de color es proporcional a la cantidad de enzima, que es proporcional a la cantidad de anticuerpo presente en la muestra. Esto es determinado por espectrofotometría (Coleman y Tsongalis, 2006).

4.4. Georeferenciación de hatos

La georeferenciación de los hatos se realizó con apoyo de sistemas GPS, teléfonos celulares con este servicio y, en aquellos casos en que no se contó con aparatos de estas características, se utilizaron las coordenadas de la comunidad más cercana a la explotación muestreada utilizando Google Earth®.

4.5. Factores de riesgo

Para determinar los factores de riesgo asociados a la prevalencia de las enfermedades se obtuvo información sobre las características, condiciones y manejo general del hato obtenido a través de una encuesta aplicada a productores o encargados de la unidad de producción. La información incluyó el manejo, la participación en campañas oficiales, las medidas de bioseguridad y las medidas de prevención implementadas en la explotación. Con la información generada se elaboraron mapas geográficos, especificando la prevalencia y la distribución espacial de las dos enfermedades analizadas en esta etapa.

El resultado serológico de las enfermedades fue la variable de respuesta o dependiente, la cual fue considerada como dicotómica (positivo = “1”, o negativo = “0”), las variables independientes se consideraron como “expuestos” o “no expuestos” (1 y 2 respectivamente). Cuando fue necesario las variables continuas fueron categorizadas para elaborar cuadros de frecuencia. Para seleccionar las variables a incorporar en el modelo multivariado de regresión logística, se realizó primero un análisis bivariado de todas las variables independientes con la variable dependiente, aquellas con un valor de $P=0.20$ o menor fueron consideradas para el modelo. Los análisis se realizaron en Epiinfotm7.1.0.6 y SPSS.

5. RESULTADOS

BABESIOSIS

La prevalencia general de la piroplasmosis bovina fue de 36% y 45% para *B. bovis* y *B. bigemina* respectivamente (Cuadro 3). Aunque para las zonas tropicales, endémicas de garrapatas *Rhipicephalus*, estas altas prevalencias no sorprenden, para el caso de las zonas templadas que incluyen a Aguascalientes (33%), Chihuahua (15%), la Región de La Laguna (6%), Guanajuato (43%), Hidalgo (49%) y Querétaro (25%), consideradas libres de garrapatas, las prevalencias están muy por encima de lo esperado (Cuadro 4). Esto sugiere que si bien el vector no se ha establecido en las zonas templadas, la movilización y tránsito de animales con

garrapatas y/o positivos a babesiosis hacia esas zonas es un evento más frecuente de lo que se cree, situación que indudablemente pone en riesgo a la ganadería local. El mapa que muestra la ubicación y la prevalencia de la babesiosis por *Babesia bovis* se muestra en la figura 3.

El 82% de los hatos tuvieron por lo menos un animal positivo, en Veracruz, Sinaloa y Chiapas todos los hatos fueron positivos. En la figura 4 se muestra el mapa de predicción de la prevalencia de babesiosis bovina causada por *B. bovis*, donde se observa una predicción de prevalencia del 33 al 100% de la enfermedad en las costas del país. La zona centro y norte centro tienen una prevalencia predicha de 13% o menor.

La prevalencia para *B. bigemina* es mayor que para *B. bovis*. En el sistema intensivo la prevalencia de babesiosis fue menor con respecto a los otros dos sistemas de producción (doble propósito y familiar). Únicamente los estados de Guanajuato e Hidalgo, que se clasifican como de sistema intensivo, mostraron el porcentaje de prevalencia más alto (43% y 49% respectivamente). El Sistema doble propósito ubicado principalmente en Sinaloa, Veracruz y Chiapas tuvo un 73% de prevalencia (Cuadro 8).

En cuanto a factores de riesgo, el análisis bivariado de chi-cuadrada indicó a 15 de 16 elementos relacionados con la seropositividad a *B. bovis*; no obstante, solo el "sistema de producción" estuvo asociado significativamente, con una razón de momios de 41.6 (33.5; 51.6) para el sistema "doble propósito" y 3.9 (3.03; 5.11), para el sistema "familiar", respectivamente (Cuadro 6).

El Modelo MAXENT

Para elaborar mapas de predicción de zonas de riesgo de presentación de casos de *Babesia* de acuerdo a variables climáticas, se utilizó el modelo Maxent v.3.3, donde se incluyeron las variables ambientales presentes en BIOCLIM 2006 (www.worldclim.org/bioclim). La imagen de la figura 5, utiliza colores que indican la

probabilidad de condiciones climáticas favorables para la presencia de casos de babesiosis, el color rojo señala las áreas con alta probabilidad, el verde señala condiciones típicas de lugares donde la enfermedad ha sido reportada y los tonos de azul indican baja probabilidad. Así, el mapa de la figura 5 muestra que las condiciones para la presentación de casos son más favorables en la región costera de Veracruz en el Golfo de México, el Istmo y algunas regiones del occidente de México. Aunque en el caso de Sinaloa las condiciones climáticas son poco favorables, la prevalencia de la enfermedad para ambas especies fue alta, 21% para *B. bovis* y 23% para *B. bigemina*.

La prevalencia promedio general de babesiosis por *B. bigemina* fue superior a la de *B. bovis*, con una diferencia porcentual de 10 puntos (Cuadro 3). La menor prevalencia fue para la región norte centro y centro del país, con un rango del 6% al 13%. En Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo y Jalisco la prevalencia se encontró en un nivel de 26% a 49%; la prevalencia para Sinaloa, Veracruz y Chiapas fue por arriba del 63% (Cuadro 4; Figura 6). El mapa de predicción de prevalencia, muestra que, igual que ocurre con *B. bovis*, la prevalencia promedio mas alta es para las costas y disminuye en el centro y centro norte del país (Figura 7). También *B. bigemina* es también más alta en el sistema de producción de doble propósito (Cuadro 5), seguido de la familiar y la de producción intensiva.

El análisis bivariado para *B. bigemina* incluyó 15 elementos estadísticamente significativos ($P \geq 0.05$), entre los cuales se incluyeron 13 factores de manejo y serología positiva a anaplasmosis y babesiosis por *B. bovis*; no obstante, en el análisis logístico, el modelo solo incluyó 5 factores de riesgo: serología positiva a *B. bovis*, introducción de animales, tipo de calostro, presencia de ectoparásitos y sistema de producción (Cuadro 7). Este resultado indica que animales con serología positiva a *B. bovis* corren un riesgo de 2.2 veces más (IC: 1.7-2.7) a ser positivos a *B. bigemina* que animales libres de *B. bovis*. La introducción de animales tiene un riesgo 4 veces mayor de sufrir babesiosis por *B. bigemina* (IC: 2.7-6) en hatos donde se introducen más de 30 animales al año. El tipo de calostro mostro efecto

sobre la presencia de la enfermedad, animales que consumen calostro fresco tienen 5 veces mayor riesgo (IC: 3.5-10.1) que aquellos que lo consumen tratado.

La figura 8 utiliza colores para indicar la probabilidad de condiciones favorables para la presencia de casos de *B. bigemina*, el color rojo señala áreas con alta probabilidad, el verde indica condiciones típicas de lugares donde la enfermedad ha sido encontrada y los tonos claros de azul indican una baja probabilidad de condiciones climáticas favorables. De manera similar a *B. bovis*, la variable ambiental con la ganancia más alta fue la temperatura estacional.

ANAPLASMOSIS

En relación a anaplasmosis, se observaron prevalencias desde 6% hasta 21%. Estudios anteriores han reportado prevalencias superiores al 50% en zonas tropicales, mientras que en las zonas templadas las prevalencias varían del 10% al 50% y en las zonas áridas menores al 10%. Sin embargo, es de notar que dichos estudios se han realizado en bovinos especializados en producción de carne y de doble propósito ubicado en zonas endémicas de la enfermedad. La prevalencia general del presente estudio fue menor, 13% (Cuadro 3), muy seguramente por la alta proporción de ganado especializado en leche de zonas templadas, ubicado generalmente en zonas no endémicas de la enfermedad (Figura 9).

Para el análisis de la anaplasmosis se usó la información de 5356 animales pertenecientes a 181 hatos (Cuadro 9). El 77% de estos hatos fueron positivos a anaplasmosis. En Sinaloa y Chiapas más del 92% de los hatos resultaron positivos, en el resto de los estados se encontró de 62% a 84% de hatos positivos. Considerando el sistema de producción la menor prevalencia se observó en el sistema intensivo y el familiar (6.5% y 12% respectivamente), en el sistema de doble propósito se observó la prevalencia más alta 22% (Cuadro 10).

En el análisis bivariado para determinar factores de riesgo asociados a la prevalencia de anaplasmosis se incluyeron 15 variables, de las cuales los factores

tipo de sistema de producción y origen del reemplazo no fueron significativos ($P>0.05$); sin embargo, se incluyeron en el modelo final multivariado por considerarse importantes en la epidemiología de esta enfermedad.

Los resultados del modelo de regresión logística se muestran en el cuadro 11. En este análisis se detectaron seis factores de riesgo importantes: tipo de sistema de producción, animales en unidades de producción cerradas tienen 1.4 (IC: 1.38 – 2.13) veces más riesgo de ser seropositivos a anaplasmosis; la adquisición de animales de otro hato (mismo estado u otro estado), incrementa el riesgo de ser seropositivo a anaplasmosis 3.1 veces (IC: 1.574 – 6.165). La introducción mensual de animales, la eliminación mensual de animales, la presencia de ectoparásitos, el sistema de producción por estado, a pesar de haberse incluido en el modelo no fueron significativos.

La figura 11 muestra los resultados del análisis maxent, el color rojo señala las áreas con alta probabilidad de condiciones favorables para la presentación de la enfermedad, el verde indica condiciones típicas de lugares donde la enfermedad ha sido encontrada y los tonos claros de azul indican baja probabilidad de condiciones favorables. La variable climática con la ganancia más alta fue la temperatura media anual.

6. DISCUSIÓN

El principal objetivo del estudio fue el identificar, medir y conocer la distribución de la anaplasmosis y la babesiosis en tres sistemas de producción (intensivo, doble propósito y familiar) en la ganadería lechera en México. Los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado por Acha y Szyfres, 2003, Villa-Godoy y Arreguín (1993); De Dios (2001), Rosete et al., (1993), Villagómez (2000); la babesiosis es más común en zonas tropicales y subtropicales, como lo muestran los resultados el sistema de doble propósito, tiene 41 veces más probabilidades de ser positivo a *B. bovis* que el sistema intensivo; mientras que el

sistema familiar solo 4 veces más. Para *B. bigémina* el sistema de doble propósito representa 3.3 veces más probabilidad de ser positivo.

Los resultados indican que estas dos enfermedades tienen una distribución más amplia a lo esperado, zonas tradicionalmente libres presentan prevalencias de consideración, como es el caso de la región de La Laguna, Chihuahua y algunas regiones del centro de México. Esto sugiere una discriminada movilización de animales de los trópicos a estas regiones, lo que aunado a la resistencia que tiene la garrapata *Rhipicephalus microplus* a los acaricidas como el amitraz, la cipermetrina y otros (Fernández, et al., 2012), representa un riesgo par la ganadería nacional.

En cuanto a Anaplasma el sistema doble propósito tiene 2 veces más probabilidades de ser positivo que el intensivo. De acuerdo con lo reportado por el plan estratégico de la campaña nacional contra la garrapata *Rhipicephalus* spp. en México, 2008-2012, las especies de mayor importancia para el ganado bovino en México son *R. microplus* y *A. cajennense*. Se consideran como áreas libres de *Rhipicephalus* spp, parte de los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Aguascalientes, Baja California, Tlaxcala, Sonora y el Distrito Federal. Las áreas en fase de control se encuentran en el sur del territorio nacional y abarcan aproximadamente el 51.5 % del territorio nacional. Se encuentran delimitadas por el cordón fitozoosanitario del norte del país que se inicia al noroeste del país en el litoral del Golfo de Baja California entre los límites de los Estados de Sonora y Sinaloa y termina en el litoral del Golfo de México. (www.conasamexico.org.mx/conasaplanestratgarrap.pdf). La presencia de casos de babesiosis y anaplasmosis en varios de estos estados es un indicativo de que los sistemas de prevención de diseminación de estas enfermedades de los trópicos del resto del país pueden estar fallando y que los efectos del cambio climático pueden llevar a la formación de nichos apropiados para el establecimiento de la garrapata vector en zonas tradicionalmente limpias, con efectos adversos para la ganadería nacional.

7. CONCLUSIONES

La babesiosis, ocasionada por *B. bigemina* y *B.bovis*, en zonas endémicas tienen alta prevalencia, como era de esperarse, sin embargo, la zona templada del país, donde la presencia de garrapata es casi nula, los mapas de predicción de ambas enfermedades marcan prevalencias promedio de hasta un 30%. Esto puede ser un indicativo de movilización de ganado de zonas endémicas a zonas limpias.

Como se observa la prevalencia para *B. bovis*, es mayor que para *B.bigemina* donde el sistema doble propósito y el familiar muestran un mayor porcentaje de prevalencias. En cuanto a anaplasma, se identificó a las áreas de mayor prevalencia en los sistemas doble propósito, siendo la lechería familiar y el sistema intensivo quienes menos prevalencia de anaplasmosis tienen, no obstante en la predicción se indica que las unidades de producción cerradas presentan más riesgo de ser positivas a anaplasmosis que las abiertas.



Figura 2. Situación actual de la campaña contra la garrapata

Cuadro 3. Prevalencia general de babesiosis (*B. bovis* y *B. bigemina*) y anaplasmosis (*A. marginale*) en la ganadería lechera de México.

Diagnóstico ELISA	Negativo	Positivo	Total	Prevalencia %
<i>B. bovis</i>	3036	1735	4,771	36
<i>B. bigemina</i>	2649	2120	4,769	44
<i>Anaplasma</i>	4710	690	5400	12.8

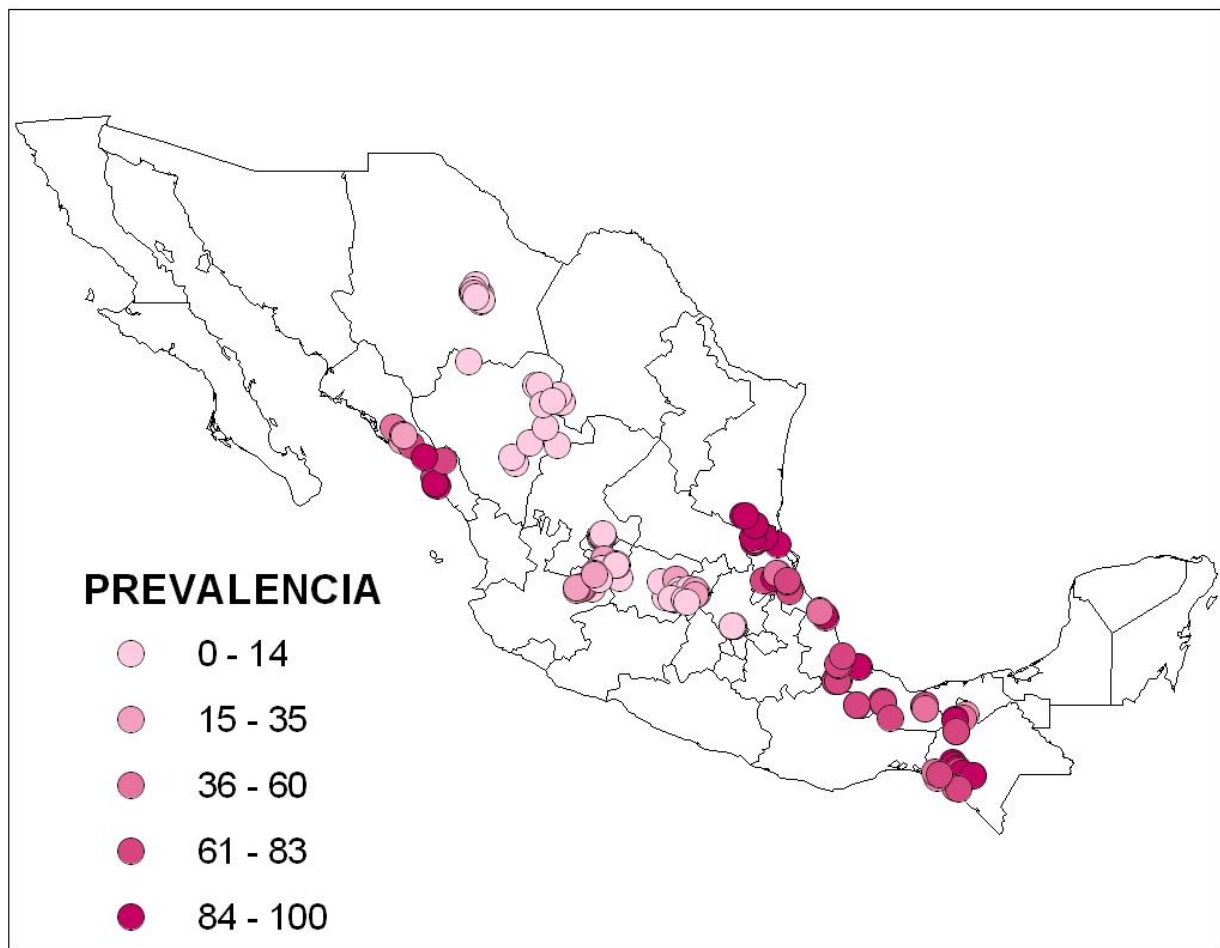


Figura 3. Prevalencia de babesiosis (*B. bovis*) bovina en los hatos muestreados en las diferentes regiones lecheras de México.

Cuadro 4. Prevalencia de babesiosis bovina (*B. bovis* y *B. bigemina*) en la ganadería lechera de México por Estado.

EDO	<i>B. bovis</i>			<i>B. bigemina</i>		
	Positivo	Total	Prevalencia	Positivo	Total	Prevalencia
Aguascalientes	10	279	4	93	279	33
Chiapas	410	558	73	350	558	63
Chihuahua	47	368	13	49	368	13
Coahuila	0	109	0	7	109	6
Durango	2	107	2	6	107	6
Guanajuato	11	228	5	99	228	43
Hidalgo	82	361	23	175	359	49
Jalisco	150	716	21	293	716	41
Querétaro	44	674	7	174	674	26
Sinaloa	293	422	69	303	422	72
Veracruz	686	905	76	567	905	63
TOTAL	1735	4727	37	2115	4725	45

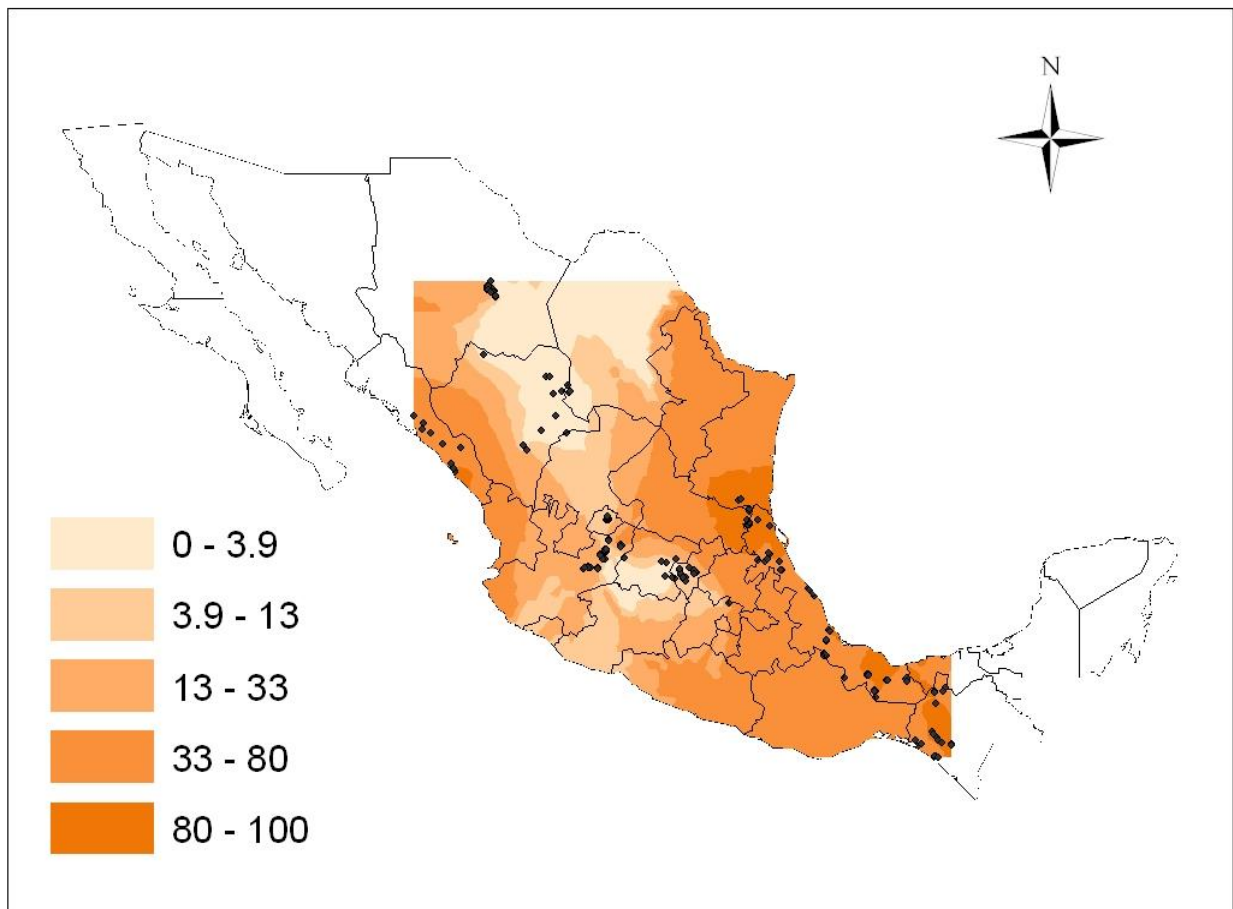


Figura 4. Predicción espacial de la prevalencia de la babesiosis bovina (*B. bovis*) en las diferentes regiones lecheras de México.

Cuadro 5. Prevalencia de babesiosis (*B. bovis* y *B. bigemina*) bovina por sistema de producción en las principales cuencas lecheras de México.

Sistema	POSITIVO <i>B. bovis</i>	TOTAL	PP	POSITIVO <i>B. bigemina</i>	TOTAL	PP
INTENSIVO	196	2170	9	608	2168	28
DOBLE PROPÓSITO	1387	1883	74	1218	1883	65
FAMILIAR	150	716	21	293	716	41
TOTAL	1733	4769	36	2119	4767	44

Cuadro 6. Factores de riesgo asociados a la prevalencia de babesiosis bovina (*B. bovis*) en ganado de diferentes regiones lecheras de México.

FACTOR DE RIESGO	CATEGORÍA	B	E.E. de B	GL	P	RM	95.0%IC RM	
							INFERIOR	SUPERIOR
	INTENSIVO			2	0.000			
SISTEMA DE PRODUCCIÓN	DOBLE PROPÓSITO	3.729	0.11	1	0.000	41.638	33.563	51.655
	FAMILIAR	1.371	0.133	1	0.000	3.94	3.034	5.118

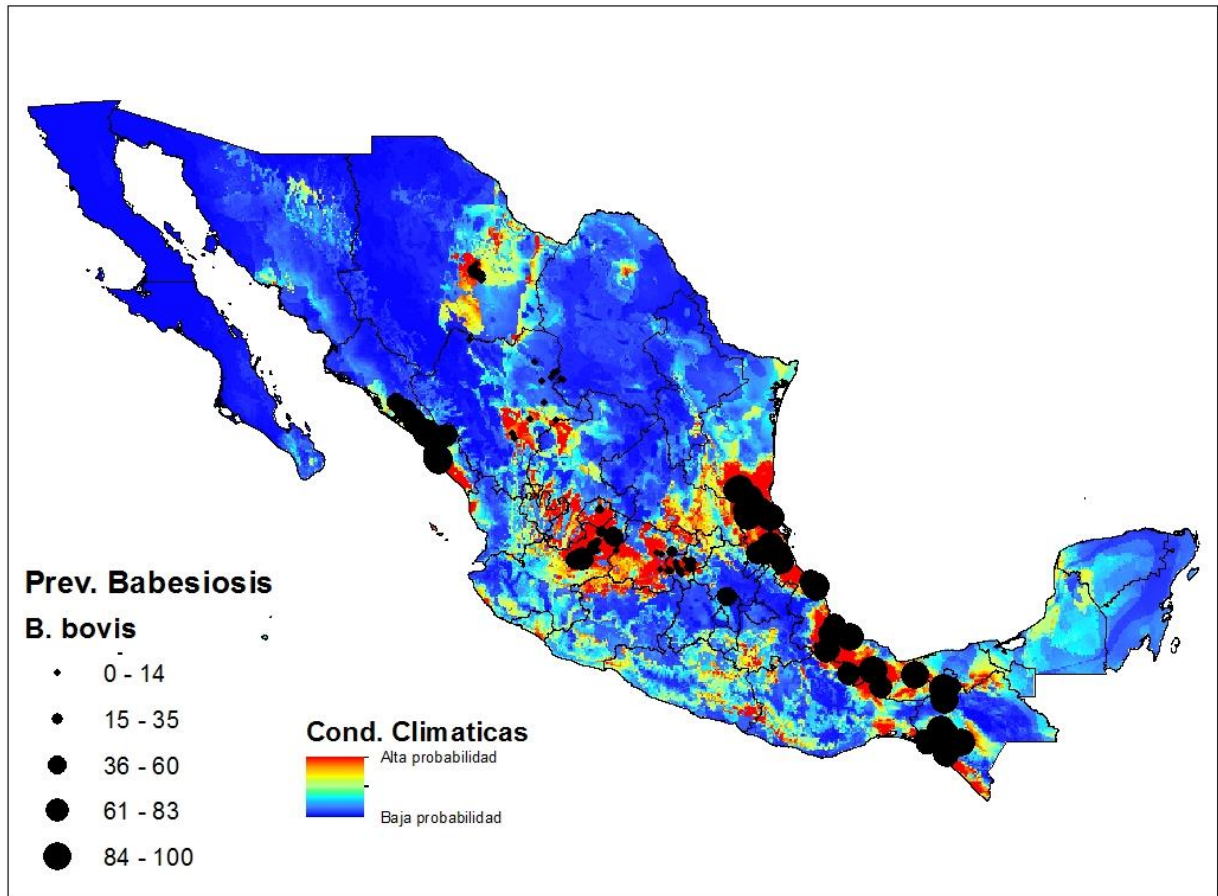


Figura 5. Condiciones climáticas que favorecen la presencia de babesiosis (*B. bovis*) bovina en las principales cuencas lecheras de México. Colores rojos favorables, colores azules desfavorables.

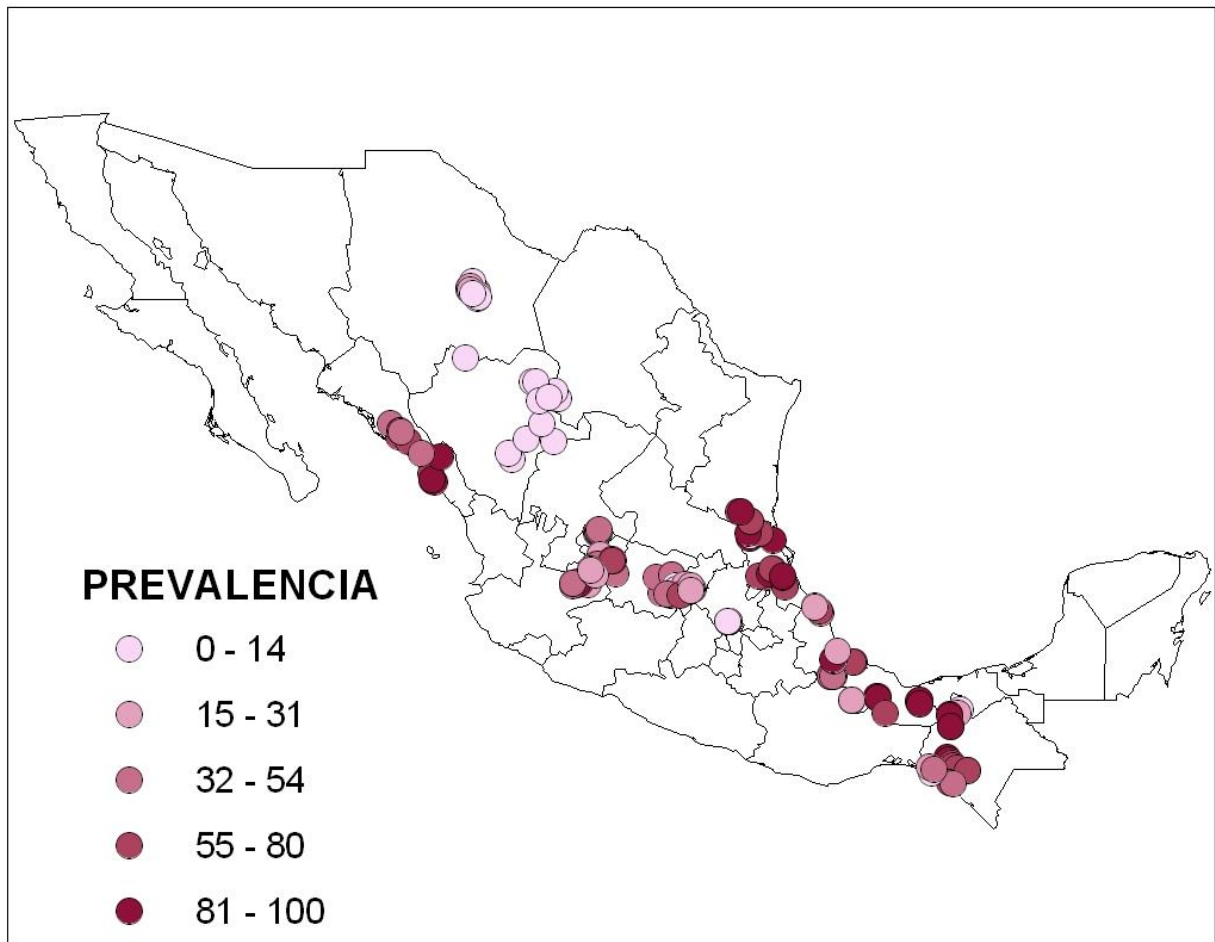


Figura 6. Distribución de la prevalencia de babesiosis bovina (*B. bigemina*) en los hatos muestreados en las diferentes cuencas lecheras de México.

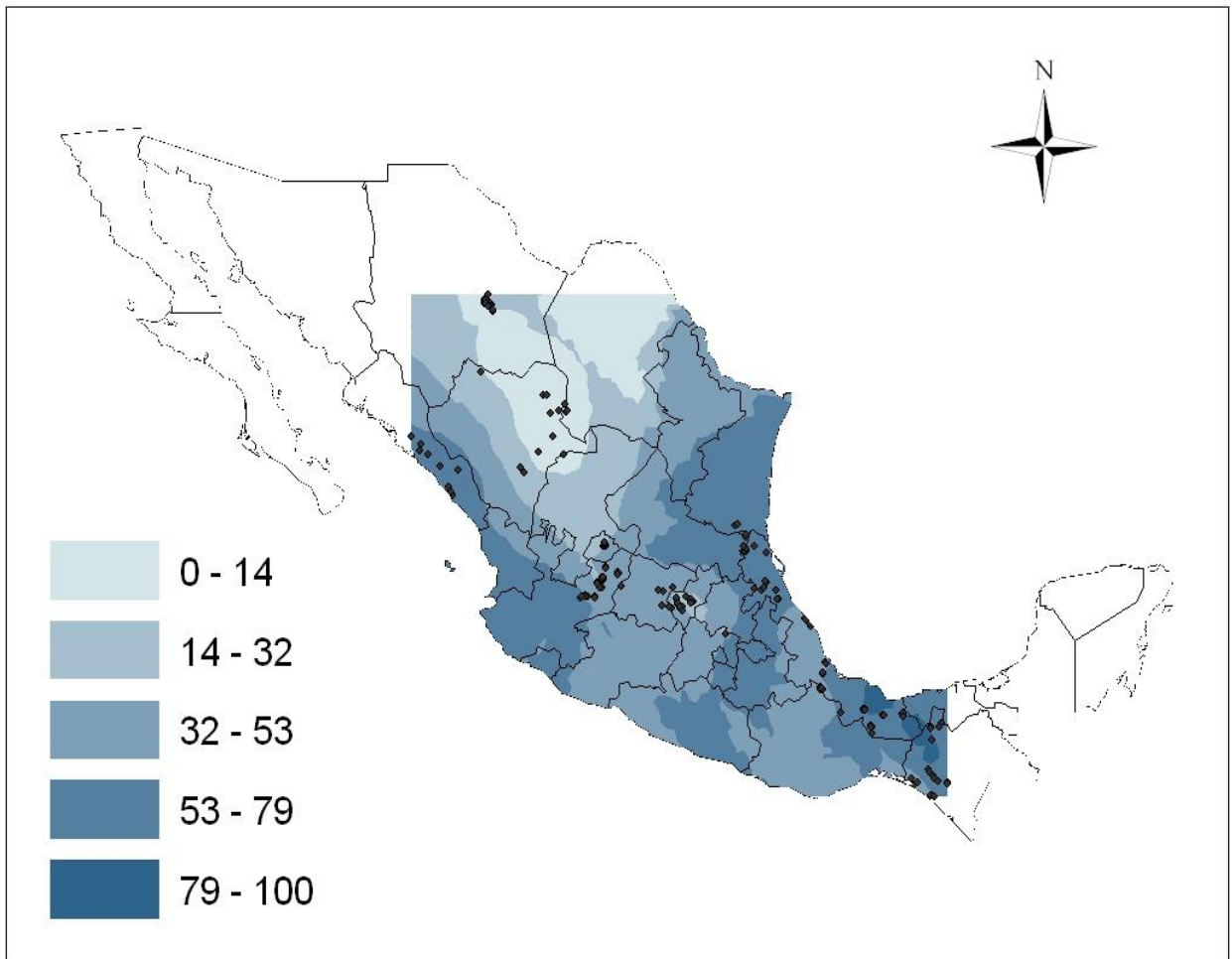


Figura 7. Predicción espacial de la prevalencia de babesiosis (*B. bigemina*) bovina en las diferentes cuencas lecheras de México.

Cuadro 7. Factores de riesgo asociados a la prevalencia de la babesiosis bovina (*B. bigemina*) regresión logística binomial (multivariada).

FACTORES DE RIESGO	CATEGORIA	B	E.E de B	GL	P	RM	95.0%IC EXP(B)	
							INFERIOR	SUPERIOR
SEROLOGÍA PIROPLASMOSIS (<i>B. bovis</i>)	NEGATIVO							
	POSITIVO	0.805	0.11	1	0.000	2.237	1.799	2.783
	MENOS DE 30			2	0.000			
INTRODUCCIÓN DE ANIMALES	DE 30 A 60	1.393	0.2	1	0.000	4.029	2.702	6.006
	MASDE 60	-0.67	0.16	1	0.000	0.511	0.375	0.695
TIPO DE CALOSTRO	TRATADO							
	FRESCO	1.791	0.27	1	0.000	5.994	3.543	10.14
TIPO DE ECTOPARÁSITO	MOSCAS							
	GARRAPATAS	-0.41	0.15	1	0.006	0.662	0.492	0.891
SISTEMA DE PRODUCCIÓN	INTENSIVO			2	0.000			
	DOBLE PROPÓSITO	1.203	0.18	1	0.000	3.329	2.32	4.777
	FAMILIAR	0.638	0.15	1	0.000	1.893	1.398	2.562

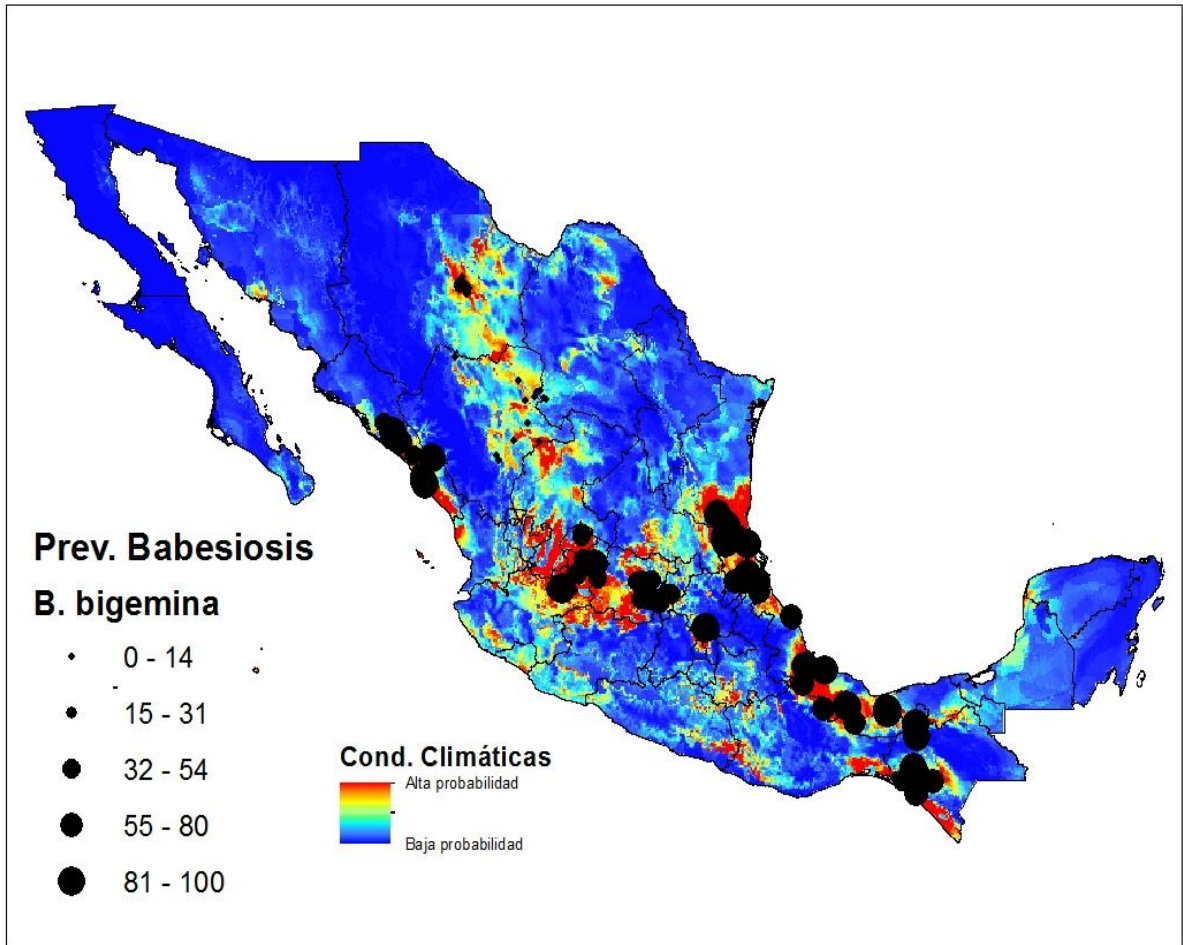


Figura 8. Condiciones climáticas que favorecen la presencia de babesiosis (*B. bigemina*) bovina en las principales cuencas lecheras de México. Colores rojos favorables, colores azules desfavorables.

Cuadro 8. Prevalencia de babesiosis (*B. bovis* y *B. bigemina*) bovina por Estado en las principales cuencas lecheras de México.

Estado	Prevalencia <i>B. bigemina</i>	Prevalencia <i>B.bovis</i>	Relación bigemina/bovis
Aguascalientes	33	4	8.2
Chiapas	63	73	.86
Chihuahua	13	13	1
Coahuila	6	0	
Durango	6	2	3
Guanajuato	43	5	8.6
Hidalgo	49	23	2.1
Jalisco	41	21	2.0
Querétaro	26	7	3.7
Sinaloa	72	69	1.04
Veracruz	63	76	.8
Prevalencia Promedio	45	37	1.2

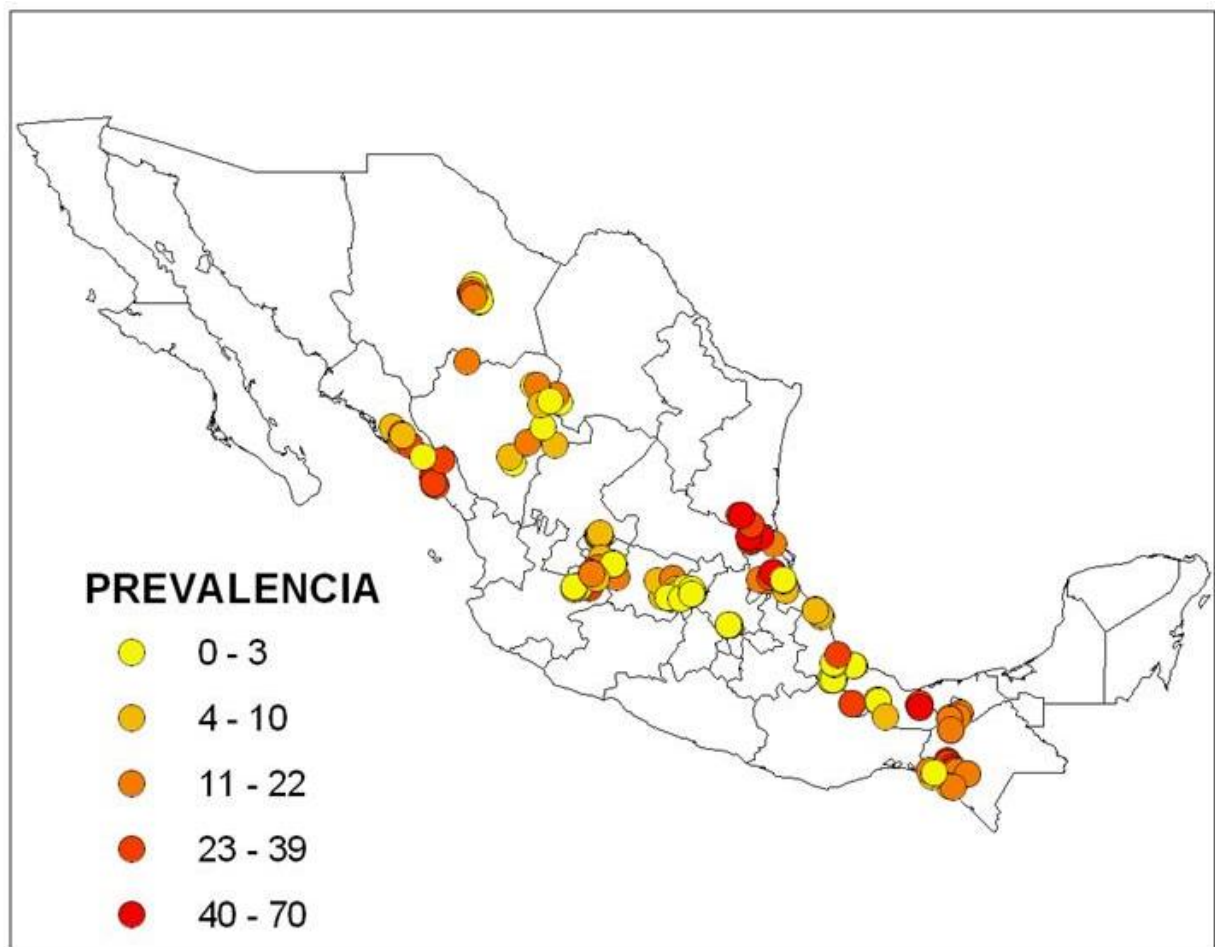


Figura 9. Distribución espacial de la prevalencia de anaplasmosis bovina (*Anaplasma marginale*) en las principales cuencas lecheras de México.

Cuadro 9. Prevalencia de anaplasmosis bovina (*Anaplasma marginale*) por Estado en las diferentes regiones lecheras de México.

Estado	Negativo	Positivo	Total	Prevalencia (%)	No. Hatos (neg)	Rango de prevalencia
Aguascalientes	266	17	283	6	9 (3)	0-16
Chiapas	450	111	561	20	21 (1)	4-70
Chihuahua	668	40	708	6	15 (4)	0-20
Coahuila	189	15	204	7	6 (1)	0-15
Durango	212	14	226	6	7(2)	0-14
Guanajuato	211	19	230	8	5	2-22
Hidalgo	338	48	386	12	14 (4)	0-47
Jalisco	632	86	718	12	25 (6)	0-48
Querétaro	671	28	699	4	18(7)	0-15
Sinaloa	308	118	426	28	12 (1)	0-53
Veracruz	721	194	915	21	49(13)	0-70
TOTAL	4666	690	5356	13	181 (42)	0-70

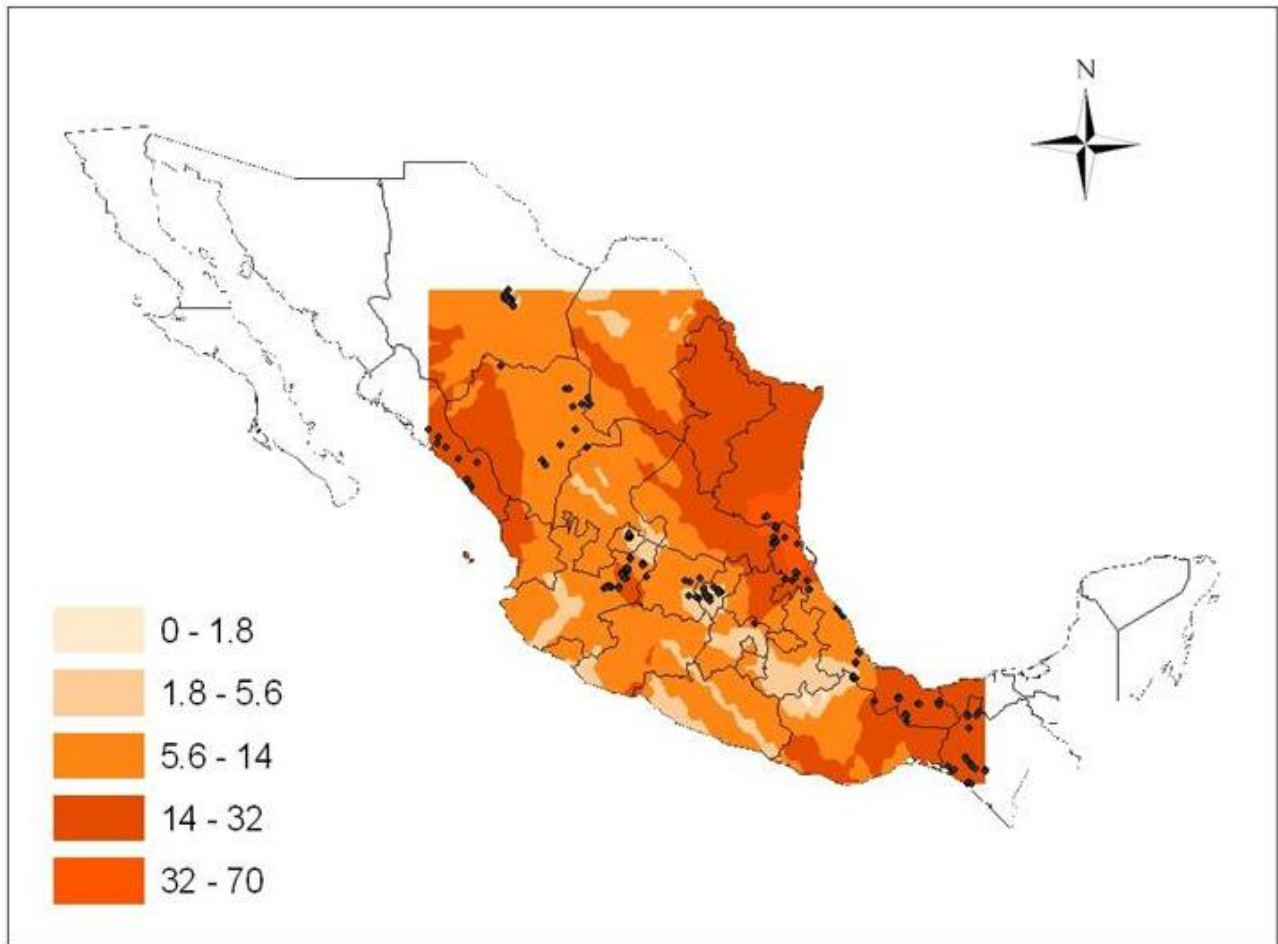


Figura 10. Predicción espacial de la prevalencia de anaplasmosis bovina en México.

Cuadro 10. Prevalencia de anaplasmosis bovina por sistema de producción en las principales cuencas lecheras de México.

Sistema	POSITIVO	NEGATIVO	TOTAL	PP
INTENSIVO	181	2599	2780	6.5
DOBLE PROPOSITO	423	1479	1902	22.2
FAMILIAR	86	632	718	12.0
TOTAL	690	4710	5400	12.8

Cuadro 11. Factores de riesgo en anaplasmosis regresión logística binomial (multivariada)

FACTORES DE RIESGO	CATEGORIA	B	E.E de B	GL	P	RM	95.0%IC EXP(B)	
							INFERIOR	SUPERIOR
TIPO DE EXPLOTACIÓN	ABIERTA							
	CERRADA	0.399	0.185	1	0.031	1.49	1.038	2.139
	MENOS DE 30			2	0.004			
INTRODUCCIÓN DE ANIMALES	DE 30 A 60	-1.033	0.379	1	0.006	0.356	0.169	0.748
	MASDE 60	-0.505	0.24	1	0.036	0.604	0.377	0.967
ELIMINACIÓN DE ANIMALES	MENOS DE 30							
	MAS DE 30	0.049	0.159	1	0.760	1.05	0.768	1.435
PRESENCIA DE ECTOPARÁSITOS	GARRAPATAS							
	MOSCAS	-0.827	0.264	1	0.002	0.437	0.261	0.734
	INTENSIVO			2	0.073			
SISTEMA DE PRODUCCIÓN/ESTADO	DOBLE PROPOSITO	0.698	0.307	1	0.023	2.01	1.101	3.668
	FAMILIAR	0.42	0.25	1	0.10	1.52	0.917	2.536
ORIGEN DE REEMPLAZO	MISMO HATO							
	OTRO HATO	1.136	0.348	1	0.001	3.115	1.574	6.165

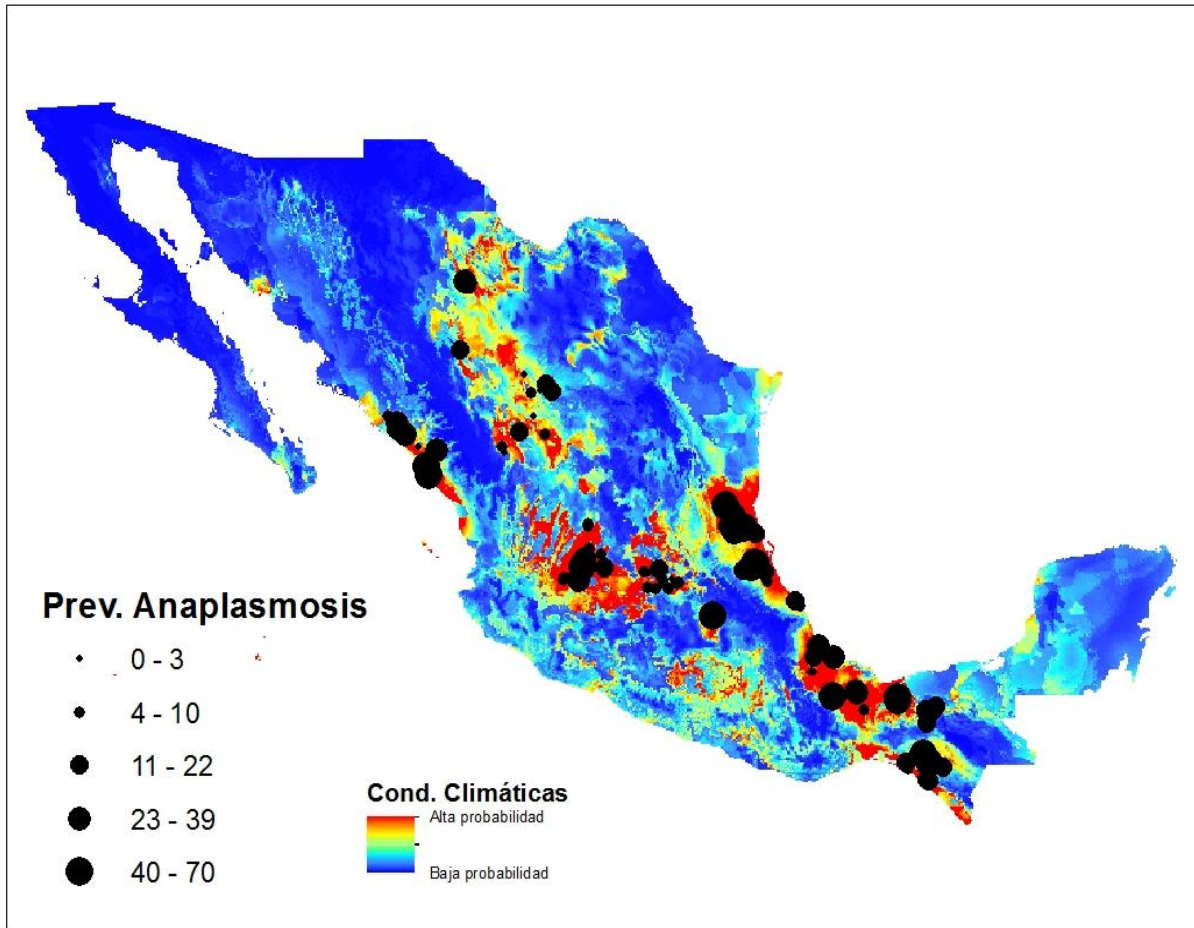


Figura11. Condiciones climáticas que favorecen la presencia de anaplasmosis bovina en las principales cuencas lecheras de México.

8. LITERATURA CITADA

- Acha, P.N, Szyfres, B. 2003. [Pan American Health Organization (PAHO)]. Zoonoses and communicable diseases common to man and animals. Volume 3. Parasitoses. 3rd ed. Washington DC: PAHO. Scientific and Technical Publication No. 580. Babesiosis; p. 15-20.
- Aboytes, T.R. 1988. Development of a recombinant *Anaplasma marginale* DNA probe as a diagnostic tool. University of Missouri-Columbia. Thesis Master of Science.
- Alonso, M., Arellano, C., Cerese, V.H. 1990. Epidemiology of bovine anaplasmosis and babesiosis in Latin America and the Caribbean. United Nations, Food and Agricultural Organization, Committee of Experts in Haemarasites for Latin America and the Caribbean: 714-725.
- Álvarez, J.A, Cantó, G.J. 1991. Diagnóstico de la babesiosis bovina. En: Quiroz, R. ed. Diagnóstico y control de parásitos de animales y el hombre. División del sistema universidad abierta. FMVZ-UNAM. 67-71.
- Álvarez, J.A, Cantó, G.J. 1985. Epidemiología de la babesiosis. En "Parasitología" Vol. Conmemorativo 25 Aniv de la Soc. Mex. De Parasitología. Vol I; 54-75.
- Armbruster, J.W. 2005. Economic impact of animal disease management and policy. International Food and Agribusiness Management Review. Volume 8, Issue 1, Correa GP. Enfermedades virales de los animales domésticos (poligástricos). 5a ed. México (DF): Paradigmas, 1988.
- Babes, V. 1888. Sur l'hémoglobinurie bacterienne du boef. CR. Hebd. Seances Acad. Sci. Paris 107:692-694. Citado por Kuttler, K.L. World-wide impact of babesiosis, In Babesiosis animals and man; 1-22.
- Barrera, G.C., y Sánchez, C. 2003. Programa nacional estratégico de necesidades de investigación y de transferencia de tecnología. SNITT. SAGARPA. 205 p.
- Barros, C.S.L., Figuera, R. 2008. Babesiosis. In: Foreign animal diseases. 7th edition. Boca Raton, FL: United States Animal Health Association; p. 147-158.
- Beaver, P.C., Jung, R.C., Cupp, E.W. 1984. Clinical parasitology, 9th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; Family Babesiidae; p.205-212.
- Blood, D.C., Radostits, O.M. and Henderson, J.A. 1983. Veterinary Medicine 6th ed. Bailliere Tindall. Eastbourne, Great Britian.
- Bock, R., Jackson, L., de Vos, A., Jorgensen, W.2004. Babesiosis of Cattle. Parasitology; 129 Suppl: S247-69.
- Buening, G.M. 1991. Diagnosis of Babesiosis: Past, present and future. En: Memorias del II seminario internacional de parasitología animal. Garrapatas y enfermedades que se transmiten. Morelos, México: 180-189.
- Callow, L.L.1984. Protozoal and Rickettsial Diseases, In Animal Health in Australian Government Publishing Service. 123-160.
- Cantu, A., Ortega-S, J.A., Mosqueda, J., García- Vazquez, Z., Henke, S.E, George, J.E. 2007. Immunologic and molecular identification of *Babesia bovis* and

- Babesia bigemina* in free-ranging White-tailed deer in northern Mexico. *Wildl Dis*; 43:504-7.
- Coleman, WB and Tsongalis, GJ. 2006. Molecular Diagnostics for the clinical laboratorian. Humana press, 54-58.
- Cordero, C.M., Rojo, V. F.A. 1999. Parasitología veterinaria. Editorial McGraw-Hill. Primera Edición. Madrid, España; 283-293.
- Cuevas, V.R., Espinosa, G.J.A., Moctezuma, L.G., Jolalpa, J.L., Romero, S.F., Vélez, I.A., Flores, M.B.A., y Vázquez, G.R. 2007. La cadena Agroalimentaria de la leche de vaca en el Estado de Hidalgo: Diagnóstico y prospección al año 2020. Pp 54-59 INIFAP.
- De Dios, V. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Editorial Roviroso. Pp 300-332.
- Díaz, A.E., Herrera, E.L., Córdova, L.D., Aguilar, R.F., Hernández, O.R., Álvarez, J.M.A., Cantú, C., Herrera, R.D., y Banda, R.V.M. 2009. Proceso: Salud Animal: En Producción de leche de bovino en sistema intensivo. Librotécnico Núm. 23. INIFAP. Pp 205-250.
- De la Roque, S. 2008. Climate change: impact on the epidemiology and control of animal diseases. *Rev. Sci. Tech.* 27 (2):303-308.
- FAO. 1978. Report on the second FAO. Export consultation of Research on tick borne disease their vectors.
- FAO. 2003. Análisis de sistemas de Producción animal. Tomo 2: Las herramientas básicas. Estudio FAO Producción y sanidad animal.
- Fernández, S.A., Rodríguez, V.R.I., Alonso, D.M. 2012. Resistance of *Rhipicephalus microplus* to Amitraz and Cypermethrin in tropical cattle farms in Veracruz, Mexico. *Journal of Parasitology* 98(5):1010-1014.
- Flores, H.E., Olmos, J.J., Ramírez, H., Fuentes, V.O., Reynoso, O., y Moreno, H. 2007. ET-59 Caracterización del sistema de producción de leche de la cuenca hidrográfica El Jihuite, Jalisco, México. Memorias del II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. 26 al 29 de noviembre La Habana Cuba.
- Friedhoff, K.T., Smith, R.D. 1981. Transmission of *Babesia* by ticks. Academic Press New York, U.S.A., 267-321.
- García, T.D., Cossío, B.R., García, O.M.A., Rodríguez, C.S.D. 1999. Anaplasmosis bovina. Folleto técnico No. 1 Diciembre CENIT-PAVET. Pp.9.
- Gasque, G.R. 2008. Enciclopedia bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia. UNAM. Pp 90-93.
- Goff, W., Barbet, A., Stiller, S., Palmer, G., Knowles, D., Kocan, K., Gorham, J. and McGuire, T. 1988. Detection of *Anaplasma marginale*- infected tick vectors by using a cloned DNA probe. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85: 919-923.
- Jack, R.M., Ward, P.A. 1981. Mechanisms of entry of plasmodi and *Babesia* en the red cells. In *Babesiosis*, Ed. Ristic M. Academic Press Inc. 445-457.
- Kahl, L., Anders, R., Callow, L., 1982. Development of *Babesia bovis* infected bovine erythrocytes. *Int J Parasitol*, 12:103-109.

- Kokan, K.M. 1995. Targeting ticks for control of selected hemoparasitic diseases of cattle. *Vet. Parasitol*, 57:121-152.
- Kuttler, K.L. "Bovine Babesiosis." In Foreign Animal Health Association. Available at: http://www.vet.uga.edu/vpp/gray_book02/fad/bab.php.
Accesado 30 Junio 2012
- Kuttler, K.L. 1988. World-wide impact of Babesiosis. In: Ristic M, ed. Babesiosis of domestic animals and man. Boca Ratón, Florida: CRC Press Inc:10-18.
- Larios, F. 1989. Fisiopatología de la Babesiosis bovina. En: Morilla GA, ed. *Inmunología veterinaria*. México: Editorial Diana, 215-221.
- Larios, F., Monroy, J., Márquez, R. 1984. Patogenia y fisiopatología de la babesiosis bovina. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria México*. 230-332.
- Larrauri, R.J. 2003. Evaluación Comparativa de la virulencia de clonas de *Babesiabovis* adhesivas y no adhesivas a células endoteliales de cerebro bovino. Tesis de Licenciatura. UAQ.
- Le Gall F. 2006. Consecuencias económicas y sociales de las enfermedades transmitidas por animales. Especialista Principal en Ganado del Banco Mundial. <http://go.worldbank.org/YRON1B9SX0>.
- Mahoney, D.F., Goodger, B.V., 1972. *Babesia argentina*: Immunogenicity of plasma from infected animals. *Exp. Parasitol*. 32: 71-85.
- McCoster, P.J. 1981. The global importance of Babesiosis. En Ristic, M, Krier J. Eds Babesiosis New York Academic Pres. 1-24.
- Medina, C.M., y Montalvo, V.H. 2004. Algunos parámetros productivos y reproductivos en los reemplazos Holstein en el Altiplano Central de México. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, 24-28 de Octubre del 2004. Buenos Aires, Argentina. Asociación Panamericana de Ciencias Veterinarias AC.96.
- Morel, P.C. 1989. Tick-borne Diseases in livestock in Africa. En: Manual of tropical Veterinary Parasitology. CAB International, 353-390.
- Morilla, G.A. 1981. Inmunología de la Babesiosis. En *Ciencia Veterinaria*. Editor Moreno Chan R. 3: 240-275.
- Mosqueda J., Olvera A., Aguilar G. and Cantó G. 2012. Current Advances in Detection and treatment of babesiosis
- Núñez, H.G., Ortega, R.L., Echavarría, M.S., Bores, Q.J., Romero, P.J., Castañeda, M.O., Vazquez, G.R., Vega, M.V., Romano, M.J.L., Vega, M.C. 2004. Análisis, perspectiva y sostenibilidad de la ganadería nacional. Memoria de la XVI Semana internacional de Agronomía FAZ-UJED. PP 81-108.
- Purnell, R.E. 1981. Babesiosis in various hosts. En: Ristic M, Kreier J, ed. Babesiosis. New York: Academic Press, 25-31.
- Quiroz, R.H. 1994. Parasitología y Enfermedades parasitarias de los Animales Domésticos. Editorial UTEHA. Quinta Reimpresión. México, D.F., 187-199.
- Ristic, M. 1981. Research on babesiosis vaccines. In Ristic, M. Ambroise-Thomas, Eds. *Malaria and Nijhoff Publishers*, Boston; 103-122.

- Román-Ponce, H. 1995. Situación actual y retos de la ganadería bovina en el trópico. In: Villagómez C.J.A., Rodríguez-Chessani M.A. (Eds.9, XX Simposium de Ganadería Tropical. Mem. Téc. No. 2 CIRGOC- INIFAP-SAGAR, Veracruz, México. 108-117.
- Rosete, F.J.V., Villa-Godoy, A., Villagómez-Amezcuca, E., y Lagunes, L.J. 1993. Efecto de la naloxona sobre la liberación de hormona luteinizante y el inicio de la ciclicidad en vacas de doble propósito. Mem. Reun. Anual de Inv. Pec. Jalisco.p. 180.
- Santos, A.M. 1991. Leche y sus derivados lácteos. Primera edición. Editorial Trillas. México. Pp 27.
- Smith, R.D. 1978 Ciclo biológico de *Babesia* en la garrapata. Ciencia veterinaria. Editorial Moreno, UNAM. México, D.F, 233-264.
- Smith, T., Kilbourne, F.L. 1893. Investigations into the nature causation and prevention of Texas or southern cattle fever. U.S, Department of Agriculture, Bureau of animal Ind. Bull. Bur. Anim. Ind. 1:1-131.
- Trueman, K.F., Blight G.W. 1978. The effect of age en resistance of cattle to *Babesia bovis*. Aust. Vet. J. 54; 416-420.
- Villa-Godoy, A., y Arreguín, A. 1993. Desempeño reproductivo en ganado de trópico: Anestro y edad a primer parto. Memorias del XVI Simposium de Ganadería Tropical. Veracruz, Ver. P 55-84.
- Villagómez, A.M.E.2000. Efectos de la dieta y el amamantamiento en la fisiología metabólica y reproductiva posparto de vacas bajo un sistema de doble propósito tropical. Tesis doctoral, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Villamar, A.L., Olivera, C.E. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. SAGARPA. 39 p.
- Wikel, S.K. 1988. Immunological control of hematophagous arthropod vectors: utilization of novel antigens. Vet Parasitol; 29:235-264.
- Wright, I.G. 1981. Biochemical characteristics of *Babesia* and physicochemical reaction in the host. En: Ristic M, Kreier J, ed. Babesiosis. New York: Academic Press: 172-199.

www.conasamexico.org.mx/conasaplanestratgarrap.pdf

www.worldclim.org/bioclim