



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**"PREVALENCIA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON GARRAPATAS
Rhipicephalus (Boophilus) microplus RESISTENTES A AMIDINAS Y
FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A SU PRESENTACIÓN EN LA REGIÓN
CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ"**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIA ANIMAL

PRESENTA:

INGRID CATALINA SCHLESKE MORALES

DIRECTORES:

INTERNO: DRA VIOLETA T. PARDÍO SEDAS

EXTERNO: DR. ÁLVARO PENICHE CARDEÑA

ASESOR EXTERNO: DR. ROGER IVÁN RODRÍGUEZ VIVAS

VERACRUZ, VER.

2011

**“PREVALENCIA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON GARRAPATAS
Rhipicephalus (Boophilus) microplus RESISTENTES A AMIDINAS Y
FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A SU PRESENTACIÓN EN LA REGIÓN
CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ”**

por:

INGRID CATALINA SCHLESKE MORALES

Tesis propuesta al

Colegio de Profesores del Posgrado

de la

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

de la

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

como requerimiento parcial para

obtener el grado de

Maestro en Ciencia Animal

Director interno: Dra. Violeta T. Pardío Sedas

Director externo: Dr. Álvaro Peniche Cardeña

Asesor externo: PhD. Roger Iván Rodríguez Vivas

OCTUBRE 2011

A MI ESPOSO E HIJOS

A mi esposo Pepe, gracias por tu apoyo, paciencia, comprensión y todo el amor que siempre me has demostrado tus palabras de aliento fueron ese motor que me impulso hacia la meta, sin ti no lo hubiese logrado.

Aldo y Alan gracias por ese tiempo que me dieron para poder realizar este proyecto sin duda les debo todo lo que hasta hoy he logrado, ya que son mi fuente de inspiración y reviven en mi el deseo de ser mejor cada día, sus palabras se graban en mi corazón y en mi mente logrando moverme de tal manera que nada podrá detenernos nunca.

A ustedes dedico todo lo que soy, los amo.

A MIS PADRES Y HERMANAS

Papá y mamá, gracias por enseñarme a elegir el camino y permitirme formar parte del suyo esta pequeña semillita comienza a dar frutos.

Maricarmen y Helen, los recuerdos de una infancia feliz y unión familiar muchas veces es ese ingrediente secreto para la entereza en la vida y ustedes son mi ingrediente secreto siempre están en mi mente y en mi corazón.

A MIS SUEGROS Y CUÑADOS

Alicia y Jorge, gracias porque siempre creyeron en mí y me brindaron su cariño sincero, se que están orgullosos les dedico de manera especial este logro.

A mis cuñados porque están presentes en cada momento.

A MIS MAESTROS

Por la paciencia que me tuvieron y el cariño que recibí de cada uno gracias.

A MIS AMIGOS

Todos saben que tienen un lugar en mi corazón espero siempre me recuerden con cariño.

A MIS ASESORES

Por todo el apoyo que me dieron siempre y demostrarme su aprecio sincero mil gracias.

El presente estudio se realizó en la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana bajo la dirección de la Dra Violeta Trinidad Pardío Sedas, el Dr Álvaro Peniche Cardeña y el Dr Roger Iván Rodríguez Vivas.

El autor de esta tesis recibió durante el periodo Septiembre 2009 a Julio 2011, el beneficio de la beca # 41782 otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El presente trabajo de tesis fue realizado dentro del proyecto de investigación denominado "Determinación de ranchos con garrapatas resistentes a ixodicidas, factores de riesgo asociados a su presentación y posibles alternativas de control en la región centro del Estado de Veracruz". Financiado por SEP-PROMEP, con número de folio UV-EXB-410

Director del proyecto

Dr. ÁLVARO PENICHE CARDEÑA

RECONOCIMIENTOS

A la FMVZ de la Universidad Veracruzana por haber permitido formarme nuevamente dentro de sus aulas.

Al comité tutorial formado por: Dra. Violeta Pardío Sedas, Dra. Dora Romero Salas, Dr. David Martínez Herrera y el Dr Álvaro Peniche Cardeña por su apoyo y asesoría en la elaboración del presente estudio.

A la FMVZ-UADY por las capacitaciones recibidas dentro de sus instalaciones.

Al Dr José Alberto Rosado Aguilar por el apoyo recibido en la capacitación para la realización del presente estudio.

Al Dr Roger Iván Rodríguez Vivas por la capacitación y apoyo recibido durante la realización de presente estudio.

Al Dr Álvaro Peniche Cardeña por su apoyo y orientación incondicionales.

Al C.P. Lucio Marin Orea por su apoyo para la realización del trabajo dentro de los grupos ganaderos de validación y transferencia de tecnología (GGAVATT) que asesora.

A los productores de los GGAVATT's Unión Cotaxtla, Tenenexpan, Unidad y Progreso y Santa Fe por su apoyo para la realización de muestreos en sus respectivas unidades de producción bovina.

Al M. en C. Francisco Barradas Piña por su apoyo en el municipio de Actopan.

Al MSc. Hipólito Barradas Lagunes por su apoyo en el municipio de Comapa.

Al MVZ. Federico Gómez Boucrin por su apoyo en el municipio de Medellín de Bravo

Al M. en C. Ronnie Arieta por su apoyo en el municipio de Ignacio de la llave.

A los productores particulares de los municipios de Actopan, Comapa, Ignacio de la Llave, Jamapa, Jalapa, Manlio Fabio Altamirano, Medellín de Bravo, Soledad de doblado y Veracruz, por su apoyo en el muestreo dentro de sus respectivas unidades de producción bovina.

A Yazmín Fuentes Manzo, Jareth Hernández Morales, José Emmanuel Jiménez Hernández, Iran Grapain, por su colaboración, paciencia, apoyo y amistad sincera durante la realización de los muestreos y bioensayos

A mi esposo José Martínez Díaz y mis hijos Aldo y Alan por su paciencia, amor, comprensión y apoyo para lograr culminar este proyecto.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
RECONOCIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	2
1.1. Impacto económico	3
1.2. Taxonomía	4
1.2.1. Morfología.....	4
1.2.2. Ciclo biológico.....	5
1.2.2.1. Fase no parásita	6
1.2.2.2. Fase parásita.....	6
1.2.3. Distribución	6
1.3. Medidas de control	7
1.3.1. Control no químico.....	7
1.3.2. Control químico	7
1.4. Desarrollo de resistencia	8
1.4.1. Factores causales de la resistencia	9
1.5. Amidinas.....	10
1.5.1. Farmacocinética	10
1.5.2. Mecanismo de acción.....	10
1.5.3. Resistencia a las amidinas.....	11
1.5.4. Principales fallas en el tratamiento con ixodicidas	12
1.5.5. Diagnóstico de la resistencia	13
1.5.5.1. Prueba de paquete de larvas (PPL)	14

1.5.5.2. Prueba de inmersión de larvas (PIL)	14
1.5.5.3. Prueba de inmersión de adultas	15
1.5.6. Manejo de la resistencia	15
1.6. Reportes de resistencia.....	15
1.6.1. Internacional	15
1.6.2. En América	16
1.6.3. En México	17
HIPÓTESIS	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1. Población de estudio.	20
2.2. Determinación del tamaño de muestra y selección de la unidad de muestreo	20
2.3. Obtención de muestras.	21
2.4. Procesamiento de muestras en el laboratorio.	21
2.5. Bioensayos.	21
2.6. Lectura de resultados.	22
2.7. Análisis estadístico.	22
2.8. Aplicación de encuestas.	23
2.9. Análisis de factores de riesgo.	23
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	24
3.1. Resultados generales	24
3.1.1. Municipio de Actopan.	31
3.1.2. Municipio de Comapa.	32
3.1.3. Municipio de Cotaxtla	33
3.1.4. Municipio de Ignacio de la Llave.	34
3.1.5. Municipio de Jalapa.....	35
3.1.6. Municipio de Jamapa	37
3.1.7. Municipio de Manlio Fabio Altamirano.....	38
3.1.8. Municipio de Medellín de Bravo	39
3.1.9. Municipio de Soledad de Doblado	40
3.1.10. Municipio de Veracruz.	41

3.2. Factores de riesgo.	43
CONCLUSIÓN	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS.....	51
ANEXO A.....	52
ANEXO B.....	55

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1	Promedio y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por Municipio en la región centro del estado de Veracruz, México.....	25
CUADRO 2	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Actopan.....	31
CUADRO 3	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Comapa.....	33
CUADRO 4	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Cotaxtla.....	34
CUADRO 5	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Ignacio de la Llave.....	35
CUADRO 6	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Jalapa.....	36
CUADRO 7	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Jamapa.....	37
CUADRO 8	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Manlio Fabio Altamirano....	38
CUADRO 9	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Medellín de Bravo.....	39
CUADRO 10	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Soledad de Doblado.....	40
CUADRO 11	Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Veracruz.....	42

RESUMEN

Schleske Morales Ingrid, Catalina. M.C.A., Universidad Veracruzana, Marzo 2011, Prevalencia de unidades de producción con garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a amidinas y factores de riesgo asociados a su presentación en la región centro del estado de Veracruz. Directores: Dra. Violeta T. Pardío Sedas y Dr. Álvaro Peniche Cardeña; Asesor: Dr. Roger Iván Rodríguez Vivas.

Rhipicephalus (Boophilus) microplus ocasiona pérdidas económicas en la ganadería. Su control químico ha perdido eficacia y eficiencia debido a la resistencia desarrollada en forma paulatina. A pesar de su importancia actual, la resistencia a ixodicidas y factores de riesgo asociados a ella han sido poco evaluadas a nivel nacional. El presente estudio evaluó la prevalencia de ranchos con poblaciones de garrapatas resistentes a amidinas en la zona centro del estado de Veracruz. La investigación se realizó con un estudio transversal. Se identificaron los municipios y unidades productoras bovinas (UPB) con un esquema no probabilístico por conveniencia. El tamaño de muestra se calculó con el programa Win Episcopy 2.0 bajo la modalidad "estimar porcentaje" donde se obtuvo una $n=96$ UPB. La recolección, procesamiento y pruebas de resistencia (bioensayos) se realizaron en apego a las recomendaciones de la FAO en el Laboratorio de Parasitología de la Unidad de Diagnóstico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana; además, se aplicó una encuesta para estimar los factores de riesgo asociados. Las variables analizadas como posibles factores de riesgo para la presentación de resistencia en las UPB fueron la utilización inadecuada de productos, alternancia de ixodicidas, combinación de moléculas, inadecuada dosificación, falta de asesoría especializada y movilización de animales. Los resultados obtenidos por municipio indican una resistencia promedio de 24% con una prevalencia de 100% (IC_{95%}:67-100) en Actopan, 29% y 100% (IC_{95%}:64-100) en Comapa, 39% y 100% (IC_{95%}:67-100) en Cotaxtla, 18.0% y 75% (IC_{95%}:30-95) en Ignacio de la Llave, 46% y 100% (IC_{95%}:51-100) en Jalapa, 10% y 16.6% (IC_{95%}:3-56) en Jamapa, 37% y 100% (IC_{95%}:72-100) en Manlio Fabio Altamirano, 40% y 90.9% (IC_{95%}:62-98) en Medellín, 55% y 100% (IC_{95%}:64-100) en Soledad de Doblado, 22% y 94% (IC_{95%}:73-98) en Veracruz. La prevalencia de UPB con garrapatas resistentes fue de 88/96 (92%; IC_{95%}:83-100). Los resultados se analizaron por Razón de Momios (OR) para identificar asociación entre variables. No se encontró asociación entre variables y el fenómeno de resistencia. Se concluye que en la zona centro del estado de Veracruz existe alta prevalencia de UPB con poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes a amidinas aunque por asociación epidemiológica, no se identificaron factores de riesgo determinantes.

ABSTRACT

Ingrid, Catalina Schleske Morales. MCA, Universidad Veracruzana, March 2011, Prevalence of production units tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistant to amidines and risk factors associated with their presentation in the central region of Veracruz. Directors: Dr. Violeta Trinidad Pardío Sedas and Dr. Álvaro Peniche Cardeña; Asesor: Dr. Roger Iván Rodríguez Vivas.

Rhipicephalus (Boophilus) microplus causes economic losses in cattle raising .it's chemical control has lost effectiveness and efficiency due to resistance that it has gradually created to chemical controls .Despite its current importance, ixodicides resistance and risk factors associated with it have been poorly evaluated nationwide. This study assessed the prevalence of amidines resistant tick populations in the central Veracruz state. The research was made with a cross-sectional study. Municipalities were identified and cattle production units (CPU) with a non-probabilistic framework by convenience. Sample size was calculated using the Win Episcope 2.0 software under "estimate percentage" which yielded n=96 CPU. gathering, processing and disgnostic tests (bioassays) were done according to FAO regulations. In the Laboratory of Parasitology of the Diagnostic Unit at the Veterinarian Medicine school at the University of Veracruz. In addition, a survey was applied to identify associated risk factors. Thus, variables analyzed as potential risk factors for resistance presentation into the CPU were the inadequate use of ixodicides, ixodicide rotations, molecule combinations, inadequate dosage, lack of expert advice and animal migrations to different areas. Results by municipality indicated a resistance average of 24% with 100% (CI_{95%}:67-100) prevalence for Actopan area, 29% and 100% (CI_{95%}:64-100) for Comapa area, 39% and 100 % (CI_{95%}:67-100) for Cotaxtla area, 18.0% and 75% (CI_{95%} :30-95) for Ignacio de la Llave area, 46% and 100% (CI_{95%} :51-100) for Xalapa area, 10% y 16.6% (CI_{95%} :3-56) Jamapa area, 37% and 100% (CI_{95%} :72-100) for Manlio Fabio Altamirano area, 40% and 90.9% (CI_{95%} :62-98) for Medellín area, 55% and 100% (CI_{95%} :64-100) for Soledad de Doblado area, 22% and 94% (CI_{95%} :73-98) for Veracruz area. Tick resistance prevalence rate for CPU was 88/96 (92%, CI_{95%}:83-100). Results were analyzed by Odds Ratio (OR) to identify association between variables. No association was found between analyzed variables and the phenomenon of resistance. It was conclusive that in CPU tick populations sampled, are resistant to amidines and the prevalence in the central state of Veracruz is widespread. But due to epidemiologic association, there were not identification of high risk factors

INTRODUCCIÓN

Las garrapatas y enfermedades que transmiten son dentro de la actividad ganadera, uno de los principales problemas sanitarios y económicos que enfrenta en su desarrollo este importante sector productivo nacional (Alonso *et al.*, 2006). Este tipo de ectoparásitos se encuentran distribuidos alrededor del mundo en las zonas tropicales, subtropicales y templadas (Estrada-Peña *et al.*, 2006). El registro de áreas endémicas debido a las enfermedades transmitidas por artrópodos se circunscriben a su distribución por género y especie según corresponda la región geográfica, a la existencia en esta zona del agente etiológico correspondiente, así como a la situación socioeconómica del productor y al avance tecnológico que existe en cada unidad de producción bovina (UPB) para su control (Rodríguez *et al.*, 2007).

Por su impacto sanitario y económico en la ganadería, la especie *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (*R. microplus*) es la más importante. Su efecto directo sobre la producción está dado por el daño en las pieles de los animales por acción de las picaduras, la pérdida de sangre y los efectos tóxicos ocasionados en los bovinos, por la disminución en la ganancia de peso, producción láctea y fertilidad del ganado; asimismo, ocasionan un mayor tiempo en la engorda de los animales y dificultan la importación de razas mejoradas para incrementar la calidad genética de la ganadería tropical. El efecto indirecto es debido a las enfermedades hemoparasitarias que transmiten como la babesiosis y anaplasmosis bovina (Fragoso *et al.*, 2005).

La estrategia más utilizada para su control consiste en la aplicación de baños con productos ixodicidas (acaricidas o garrapaticidas) sobre el cuerpo de los animales infestados a intervalos específicos. Los tratamientos y su frecuencia, están determinados por la dinámica poblacional de las garrapatas en los potreros y la eficacia residual del producto empleado. Los ixodicidas han sido utilizados con éxito en el control de las garrapatas; sin embargo, su uso irracional ha ocasionado la generación de cepas resistentes a la acción de éstos (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006b). Esta situación, implica que la disponibilidad actual y futura de los ixodicidas se encuentre comprometida debido al progresivo incremento del fenómeno de resistencia y a los altos costos que conlleva la investigación para el descubrimiento y desarrollo de nuevas moléculas ixodicidas (Li, 2004). Aunado a esto, el escaso conocimiento sobre los mecanismos moleculares de la resistencia generados por *R. microplus*, ha retardado el desarrollo de métodos diagnósticos que mejoren los productos empleados (Rodríguez *et al.*, 2006a).

1. ANTECEDENTES

Por su importancia sanitaria, productiva y económica, la garrapata *R. microplus* ha propiciado desde hace varios años, la implementación de una campaña nacional para su control. A la fecha, el avance ha permitido establecer tres regiones con diferente situación zoonosanitaria. En este sentido, las áreas en fase libre ocupan una porción importante del norte del país, así como pequeñas áreas del centro que en su conjunto abarcan el 48% del territorio nacional y comprende los estados de Baja California Norte y Sur, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Puebla, Aguascalientes, Tlaxcala y el Distrito Federal (CNSCSA, 2008). Las áreas en erradicación representan el 0.5% de la geografía nacional y las áreas en fase de control comprenden el 51.5% restante. Esta última zona se localiza en lo general, a los estados que se encuentran en el litoral del Golfo de México, del Pacífico y en la parte sur del país.

En las zonas en control se pueden realizar tratamientos estratégicos, los cuales consisten en la aplicación de ixodicidas a los animales en las estaciones de mayor abundancia de garrapatas o bien, tratamientos selectivos que establecen la aplicación de ixodicidas a los animales con mayor carga parasitaria en dependencia de la época del año, la carga ectoparasitaria por animal y la proporción de animales infestados. Es importante mencionar que en estas áreas, la presión de selección por el uso de ixodicidas que se ha ejercido durante los últimos años, ha propiciado la presentación del fenómeno de resistencia en las poblaciones de garrapatas a productos de las familias de los organofosforados y piretroides en los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (CNSCSA, 2008).

En las áreas que se encuentran en fase de control, la estrategia más utilizada consiste en romper el ciclo biológico de la garrapata con la aplicación de diferentes ixodicidas de uso en baños de aspersión sobre el ganado. En este sentido, los productos que más se han utilizado son los organoclorados (OC), organofosforados (OF), piretroides sintéticos(PS), amidinas (AM) y endectocidas (CNSCSA, 2008).

El objetivo fundamental en el control de las garrapatas es buscar y establecer la mejor alternativa para el uso óptimo a los productos ixodicidas (tradicionales y de nueva generación) que aún son efectivos con la integración de esquemas, acciones y estrategias químicas y no químicas que permitan reducir de manera gradual eficaz y eficiente a los ectoparásitos por la exposición de las poblaciones

animales y humanas a productos pesticidas o de algún otro tipo que pueden en forma potencial, alterar el medio ambiente (FAO, 2005).

Las garrapatas pueden transmitir a sus hospederos diversos agentes etiológicos como arbovirus, bacterias, rickettsias y protozoos (Aguirre *et al.*, 1986; Aguirre y Santamaria, 1986). En este sentido, la babesiosis es una de las enfermedades transmitidas por *R. microplus* y producida por *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*. Los animales con babesiosis presentan anorexia, hipertermia, anemia y deshidratación severa. A medida que la enfermedad progresa el animal se hace más letárgico y en forma eventual entra en coma y muere. Se han observado variaciones en la severidad del cuadro clínico que se adjudica a la virulencia y/o a la susceptibilidad del bovino y debido esto último, existen diferencias en la susceptibilidad entre las razas del ganado (Cen *et al.*, 1998).

La anaplasmosis bovina es otra de las enfermedades transmitidas por el ectoparásito; fue descrita en 1910 al Sur de África y para el caso, los agentes etiológicos son *Anaplasma marginale*, *A. centrale* y *A. ovis* que infectan las células rojas del ganado. El inicio de la enfermedad es abrupto luego de un periodo de incubación de entre tres y seis semanas. Los signos clínicos incluyen fiebre, respiración dificultosa, estreñimiento y anemia hemolítica. Si la virulencia es leve, el animal tiene una gran probabilidad de recuperarse; no obstante, si la virulencia es alta, la tasa de mortalidad puede oscilar entre 30 y 50% (Rodríguez *et al.*, 2006b).

1.1 Impacto económico

La presencia de garrapatas en los animales propicia pérdidas económicas que impactan de forma negativa a la producción pecuaria; así, en México se han estimado pérdidas anuales de 41 a 48 millones de dólares de las cuales, 84% han sido en producción de carne, 8.5% en producción de leche, 6.3% por mortalidad y 1.6% debido al daño en pieles (Vega, 1991). Asimismo, Jonsson (2006) citado por Soberanes (2007), determinó que por cada hembra repleta de *R. microplus* se pierden de 1.37 ± 0.25 g/peso vivo en ganado *Bos taurus* y de 1.18 ± 0.21 g/peso vivo en animales *Bos taurus* x *Bos indicus*.

En EUA antes de la erradicación de *R. microplus* y *R. annulatus*, las pérdidas económicas indirectas por la babesiosis fueron estimadas en \$130.5 millones de dólares (lo que hoy día representarían \$3 mil millones de dólares). Si las

garrapatas no hubieran sido erradicadas de EUA, las pérdidas de la industria ganadera atribuidas a su presencia serían cercanas a los mil millones de dólares anuales (Bram *et al.*, 2002; George *et al.*, 2002). En la actualidad, la Comisión de Salud de Animal en Texas (TAHC) ha ampliado la zona cuarentenaria preventiva en el sur de Texas, después de identificar la presencia de garrapatas resistentes en ganado y fauna silvestre en 139 zonas de pastizales (George, 2008).

México exporta cerca de 1.3 millones de cabezas de animales en pie a los EUA; así, las ganancias por concepto de la exportación de bovinos representan un negocio que genera divisas que fluctúan entre los 500 y 700 millones de dólares por año (González-Sáenz, 2007). Esta actividad, presenta una seria amenaza por la resistencia de las garrapatas a los pesticidas, por lo que la presencia de este fenómeno se ha convertido en una emergencia sanitaria de fuerte impacto para la movilización y comercialización del ganado que se exporta a los EUA, debido a la reciente documentación de brotes de infestaciones por garrapatas resistentes en ese país (Miller *et al.*, 2007).

Ante la presencia de garrapatas en los animales, los productores y exportadores de ganado se enfrentarán a serios problemas administrativos y sanitarios para poder movilizar animales hacia EUA; lo anterior, debido al rechazo de los lotes de ganado mexicano con garrapatas por parte de los inspectores del Departamento de Agricultura (USDA) de EUA. De continuar esta situación, el futuro de la exportación de ganado podría dejar de ser un negocio viable para los ganaderos mexicanos (George, 2008).

1.2 Taxonomía

La garrapata *R. microplus* pertenece al *Phylum* Artropoda, a la Clase Aracnida, al Orden *Acarina*, al Sub Orden *Ixodoidea* y a la Familia *Ixodidae* (Bautista, 2006). Los miembros de esta especie son pequeños y carecen de ornamentación; dentro de esta familia destacan *R. microplus* y *R. annulatus* (Quiroz, 2005).

1.2.1 Morfología

La región macroscópica externa visible está representada por el *capitulum* (gnatosoma) y las patas. El *capitulum* está formado por la "*basis capituli*" que articula con el cuerpo, los palpos segmentados, las queliceras y el hipostoma

dentado. El *capitulum* de las garrapatas de la Familia *Ixodidae* está localizado en la parte terminal anterior del cuerpo, es corto y ancho con márgenes laterales redondeados (Hagen y Kopp, 1999).

Las hembras tienen grupos de poros en pares denominadas áreas porosas, localizadas en la porción dorsal de la "*basis capituli*". Estas áreas producen y liberan antioxidantes que inhiben la degradación de los compuestos cera en las secreciones de órgano del Gené (Bautista, 2006).

Los quelíceros están localizados en el dorso del *capitulum* y se utilizan para cortar la piel del hospedador. Cada quelícero tiene dos artrejos, el medial que es el más largo, puede moverse en forma lateral; mientras que el externo que es más pequeño, reside en una cavidad del dígito medial y se mueve con éste. Ambos tienen dentículos afilados.

El hipostoma que es una estructura prominente se localiza en la parte ventral del *capitulum*, contiene filas de dientes curvos (Hagen y Kopp, 1999).

Posterior al contacto con el hospedador, la garrapata utiliza los quelíceros para penetrar la piel y emplea el hipostoma para sujetarse a éste, asistido por un cemento que pega con saliva en y alrededor de la herida (Bautista, 2006).

Los cuatro pares de patas se articulan con el cuerpo mediante una estructura muy resistente denominada coxa. Cada pata está dividida en seis segmentos, coxa, trocánter, fémur, patella (genu), tibia y tarsos. La coxa está insertada de forma vertical al cuerpo y permite rotación limitada; los otros segmentos se flexionan de tal manera que cada pata puede ser doblada contra la superficie ventral o extendida para caminar. Un par de garras y una almohadilla está presente en cada tarso. Un elemento sensorial conocido como "Órgano de Haller" se encuentra en la superficie dorsal del tarso del primer par de patas del ectoparásito (Hagen y Kopp, 1999; Bautista, 2006).

1.2.2 Ciclo biológico

Las garrapatas presentan cuatro estadios en su ciclo biológico y que corresponden a huevo, larva, ninfa y adulto. En ciclo de *R. microplus* consta de dos etapas bien definidas: la no parásita y la parásita (Junquera, 2009).

1.2.2.1 Fase no parásita

Se inicia desde el momento en que la garrapata ingurgitada de sangre (teológina) inicia la postura de sus huevos. Posterior al apareamiento, las hembras ingieren sangre por 24 a 48 horas y repletas se dejan caer del hospedador para buscar un lugar protegido en el suelo para realizar la ovoposición. Ésta se realiza 12 - 16 días después para depositar en el medio entre 2,800 y 3,000 huevos. Al término de la ovoposición la hembra muere. Los huevos se incuban bajo condiciones ambientales para transformarse en larvas hexápodas que por lo común se conocen como pinolillos y, eclosionan entre 35 y 90 días posteriores a la ovoposición. Las larvas migran a la vegetación en busca de un hospedero susceptible para continuar su ciclo biológico (Junquera, 2009).

1.2.2.2 Fase Parásita

Inicia al subir al hospedero la larva hexápoda, se adhiere e inicia la ingurgitación de sangre. La larva hexápoda se alimenta y en un lapso de siete días muda a ninfa que ahora tiene cuatro pares de patas; ésta de nueva cuenta se alimenta de sangre y en una semana muda a adulto, diferenciándose los machos y las hembras. Ambos sexos requieren alimentarse de sangre para estimular la oogénesis y la espermatogénesis. Los machos al alimentarse, solo se hinchan un poco e inseminan a varias hembras. El apareamiento ocurre sobre el animal por lo que se le considera una garrapata de un hospedero. La fase parasitaria dura entre 15 y 21 días (Junquera, 2009).

1.2.3 Distribución

Las especies *R. microplus* y *Boophilus annulatus* ocupan el 53% y 23% del territorio nacional, respectivamente. A la primera se le atribuye mayor importancia por su amplia distribución, a las zonas del trópico bajo; sin embargo, ambas especies son consideradas como el principal objetivo del programa de control de la garrapata en México (CNSCSA, 2008).

1.3 Medidas de Control

1.3.1 Control no químico

Son todas aquellas acciones ejercidas para minimizar el número de garrapatas sobre los animales sin el uso de productos químicos; entre éstas, la FAO (1999) considera las siguientes:

- a) **Resistencia del hospedero.** La raza *Bos indicus* es más resistente a padecer infestaciones graves de garrapatas que la raza *Bos taurus*. La resistencia natural del hospedero hacia las garrapatas se manifiesta por un reducido ingurgitamiento de la teologina que conlleva a una disminución en la ovoposición y a baja o nula viabilidad de los huevos.
- b) **Control biológico.** Los enemigos naturales de las garrapatas que impiden el desarrollo de su ciclo biológico en su fase libre son los hongos entomopatógenos de los géneros *Metarhizium sp* y *Beauveria sp*, las bacterias de la especie *Cedecea lapagei*, los ácaros (*Anystis baccarum*) así como las hormigas de la especie *Pheidole megacephala*. En los últimos años se ha demostrado que el control biológico es una alternativa para el control de las garrapatas; sin embargo, es necesario realizar más estudios de validación a nivel de campo.
- c) **Manejo.** Existen varias prácticas de manejo que afectan de forma negativa a las poblaciones de garrapatas; entre éstas, destacan descanso de praderas, efecto del fuego, barbecho y corte de pastos.

1.3.2 Control químico

Se encamina al uso de productos ixodicidas contra las garrapatas y orientado hacia el combate de las formas parasitarias (larvas, ninfas y garrapatas adultas) (FAO, 2003; Rodríguez, 2005a).

Las familias de productos químicos e inmunógenos (vacunas) que se han empleado para el control de las garrapatas en México son (FAO, 2003; Rodríguez, 2005a):

- Organofosforados (diazinón, coumafos, clorfenvinfos).

- Piretroides (deltametrina, flumetrina, lambdacialotrina, cipermetrina, alfacipermetrina).
- Mezclas de ixodicidas (flumetrina-cyflutrin, permetrina-clorpirifos, cymiazol-cipermetrina y la combinación de clorfenvinfos-cipermetrina).
- Amidinas (amitraz).
- Inhibidores del desarrollo (fluazurón).
- Fenilpirazolonas (fipronil).
- Endectocidas (ivermectina, doramectina, moxidectina).
- Inmunógenos (antígeno Bm86).

Los métodos de aplicación más comunes de los productos ixodicidas en el ganado son (FAO, 2003; Rodríguez, 2005a):

- Tópica.- Por la aplicación de baños de inmersión y aspersion que puede ser mecánica o manual con el uso de bombas de mochila.
- Epicutánea o derrame.- Llamada también "*pour-on*". El producto se aplica de forma directa sobre el lomo de los bovinos y actúa después de dispersarse sobre la superficie del animal o después de absorberse por la piel y al momento de la ingestión de éste por la garrapata.
- Parenteral.- Esta vía consiste en la aplicación subcutánea de endectocidas.

El mal uso de los productos ixodicidas por cualquiera de estas vías de aplicación, puede desarrollar el fenómeno de resistencia (Lee *et al.*, 1999; FAO, 2003; Villar, 2007).

1.4 Desarrollo de resistencia

La resistencia se define como "la evolución de una condición en una población de insectos y artrópodos que les permite tolerar dosis de tóxicos que serían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de una misma especie" (SAGARPA, 1994; Nari y Hansen, 1999).

1.4.1 Factores causales de la resistencia

El uso indiscriminado de ixodicidas ha ocasionado la aparición progresiva de cepas de garrapatas resistentes a nivel de campo; en este sentido, se ha visto que el desarrollo de la resistencia es un proceso evolutivo que aparece por selección genética y se presenta en tres etapas (Lee *et al.*, 1999):

- Fase de establecimiento.- Dentro de esta etapa se considera el momento en que surge el alelo resistente en una población de garrapatas; evento que se da por mutaciones naturales e independientes a la presión de selección.
- Fase de desarrollo.- En ella se tiene un incremento en el número de individuos resistentes que ocurre por la sobrevivencia de éstos al uso de productos químicos en relación con la tasa de mortalidad de individuos susceptibles.
- Fase de emergencia.- En esta etapa, el alelo de resistencia es un gen común y distribuido entre la población de garrapatas situación que se manifestará en el campo, en una ineficacia del producto ixodicida empleado.

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

- Insensibilidad del sitio de acción.- En este elemento de defensa, el artrópodo modifica el sitio de acción del ixodicida con la finalidad de contrarrestar la toxicidad del ingrediente activo del producto químico. El proceso más conocido ocurre con los piretroides, donde la garrapata resistente sufre una mutación en el gen del canal de sodio.
- Proceso metabólico.- Este mecanismo se caracteriza por la detoxificación enzimática del ixodicida que es degradado como consecuencia de la acción de las enzimas que participan en los procesos de detoxificación del artrópodo (Lee *et al.*, 1999).

1.5 Amidinas

Las amidinas (o formamidinas) son una clase especial de sustancias activas parasiticidas con actividad de contacto sobre todo contra garrapatas, ácaros y piojos. Su actividad insecticida-acaricida se descubrió en los años sesenta del siglo XX (Soberanes y Santamarina, 2002).

1.5.1 Farmacocinética

El amitraz pertenece a la familia química de las amidinas; es utilizado en medicina veterinaria y en agricultura como insecticida, antiparasitario y acaricida. El nombre químico es N'-(2,4-dimethylphenyl)-N- [[(2,4-dimethylphenyl) imino - methyl]]-N methylmethanimidamida N, N-bis (2,4-xililiminometil) metilamina. El estado físico es de cristales incoloros que se descompone al evaporarse y puede alcanzar con rapidez una concentración nociva de partículas en el aire por pulverización; en especial, si se encuentra en ese estado; además, se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión. Es soluble en solventes orgánicos como el tolueno, acetona y xileno. La sustancia activa principal de esta clase es el amitraz al 12.5% y se utiliza en la ganadería como antiparasitario externo, sobre todo contra garrapatas, ácaros y piojos en bovinos, ovinos y porcinos (Rodríguez *et al.*, 2006a).

1.5.2 Mecanismo de acción

El mecanismo de acción preciso de los efectos tóxicos del amitraz no es claro. Se ha propuesto un mecanismo de interferencia en la fosforilación oxidativa. Inhibe la acción de la enzima monoamino oxidasa al afectar la transmisión de fibras nerviosas adrenérgicas e interfiere en el metabolismo de las catecolaminas. En los artrópodos inhiben la acción de la octopamina al provocar hiperexcitabilidad, parálisis y muerte. La excitación hace también que las garrapatas no logren fijarse al hospedador y se suelten. Actúa como una catecolamina de acción alfa-2-adrenérgica en estos animales. Por otra parte se ha descrito también, que el amitraz puede estar involucrado en la inhibición de la síntesis de prostaglandinas E2 y tiene un efecto depresor sobre el Sistema Nervioso Central que puede estar relacionado con su solvente, el xileno. También poseen un cierto efecto repelente lo que hace que muchas garrapatas se desprendan del hospedador antes de morir (Miller *et al.*, 2007).

Actúan sobre los parásitos en forma fundamental por contacto. No es eficaz contra los dípteros ni contra las gusaneras o miasis. Por ello, al existir problemas de moscas y garrapatas al mismo tiempo, el ganado tiene que ser tratado además con un mosquicida. Las formulaciones de amidinas están disponibles sobre todo como concentrados para baños de inmersión o aspersión de bovinos y ovinos. También hay productos "*pour-on*" sobre todo para uso en porcinos y bovinos. A dosis próximas a las de aplicación, las amidinas pueden tener un efecto sedativo en bovinos. Después de la aplicación de baños con amitraz, es factible que algunos animales (sobre todo terneros y ganado debilitado) queden somnolientos durante algún tiempo (Miller *et al.*, 2007), aunque por lo general, el efecto es pasajero y se propicia una mejor recuperación al mojar con agua a los animales (lo que puede alejar parte del producto aplicado por el baño).

1.5.3 Resistencia a las amidinas

A partir del establecimiento de la resistencia a los piretroides, se incrementó en forma notable el uso del amitraz como producto garrapaticida. Se estima que durante el período 1994 - 2000, la venta de ixodicidas con ese principio activo se incrementó cerca de mil por ciento. A partir de entonces, su uso exagerado en el control de las garrapatas, ha propiciado una fuerte presión de selección sobre las poblaciones de *R. microplus* en el país. En seguimiento a la presentación de posibles casos de resistencia, desde 1997 se han realizaron diversos trabajos para demostrar su eficacia en ranchos de los estados de Tabasco y Tamaulipas; sin embargo, a principios del año 2001 se identificó en Tabasco el primer caso de resistencia al amitraz (Soberanes y Santamaría, 2002).

1.5.4 Principales fallas en el tratamiento con ixodicidas

Entre las principales fallas se puede mencionar como lo señalan Fragoso *et al.* (2001) y Rodríguez *et al.* (2007)

- Errores en la preparación de la solución.- Uno de los errores es que no se verifica el pH; pues no hay que olvidar la estabilidad de los productos para que se mantengan activos, punto aún más crítico en las amidinas, las cuales en medios con pH cercanos a 9 ó menos (ácidos), se inactivan por lo

que en el caso del amitraz es necesario verificar el pH de la solución (el pH óptimo es entre 12 y 14) ya sea en los baños de inmersión si se cuenta con uno o bien en la solución empleada para los baños de aspersion, ya que en algunos lugares el agua puede tener algún componente o estar contaminada y alterar el pH de la solución.

- Dosificación inadecuada.- En algunos casos los productores prefieren medir los productos por latas, tapas, incluso "chorros" o por el cambio de coloración que se presenta al contacto con el agua y entonces tener como resultado una dosificación muy baja o lo contrario muy alta, al provocar alteraciones en la concentración de la solución y, se deben seguir las recomendaciones de la etiqueta del producto que para el caso del amitraz es de 2 ml por cada litro de agua (Horst y Seifert, 1998).

- Cantidad de solución utilizada por animal.- En este caso los productores utilizan para bañar a sus animales mochilas de 20 L de solución y los mojan solo por encima o bien, bañan a más de siete animales por cada carga de mochila. Para el caso de aspersion en la mayoría de los productos se debe utilizar un litro de solución preparada por cada 100 kg de peso corporal (SAGARPA, 2000).

- Forma de aplicación.- Como se mencionó con anterioridad, los productores realizan los baños a sus animales solo por encima y muchas veces comienzan por un lado de la cabeza, le dan la vuelta y terminan del otro lado de ésta, lo que evita que la solución penetre del mismo modo de un lado que del otro. La manera correcta de efectuar el baño de aspersion, es aplicar el rocío en dirección de la cola hacia la cabeza, ya que de esta manera el producto penetrará mejor al ir a contra pelo y llegará con más facilidad al lugar donde se encuentra la garrapata (Horst y Seifert, 1998).

- Dosis adecuada de carga y recarga en baños de inmersión.- En otras palabras, se refiere a la dosis recomendada por el laboratorio fabricante del ixodicida (SAGARPA, 2000), pues si bien es cierto son pocos los baños con

los que todavía se cuenta en esta región, en los que se conservan, no realiza de manera adecuada la preparación de la solución, ya que no se verifica el pH y utilizan otra dosificación al aplicarlo a "chorro" como medida porque suponen esto aumenta la eficacia del producto.

1.5.5 Diagnóstico de la resistencia

A nivel de campo, la evidencia más común de la resistencia a los ixodicidas es la supervivencia de algunas ninfas que evolucionan a hembras ovígeras de 10 a 14 días después de haberse aplicado el tratamiento ixodicida (Rodríguez *et al.*, 2007).

Para comprobar que existe resistencia a los ixodicidas en un rancho, se requiere de una cuidadosa evaluación de las prácticas utilizadas para su aplicación, esto permite estar seguro de que en realidad se está en una situación de desarrollo de resistencia y no ante un problema de inadecuado uso del producto (Soberanes *et al.*, 2007).

Al identificar fallas en el control, la primera reacción debe ser comprobar si el ixodicida se aplica de forma correcta y a la concentración adecuada. Esto debe incluir una inspección de los medios y registros para determinar si el tratamiento ha sido bien manejado. Una vez que se ha comprobado que no existen fallas en el uso del producto ixodicida, es necesario recurrir a métodos de diagnóstico de laboratorio para confirmar que el problema en el control se debe al desarrollo de la resistencia (Fragoso y Martínez, 2005).

No existe una característica morfológica que distinga una cepa de garrapatas resistente de una susceptible. En México, se han identificados áreas geográficas con garrapatas resistentes a OC, OF, PS y AM (Fragoso y Soberanes, 2001; Armendáriz, 2003; Fragoso y Martínez, 2005; Villar, 2006; Soberanes *et al.*, 2007); sin embargo, en el estado de Veracruz las investigaciones en este sentido son escasas (Rivera, 2008; Román, 2009) a pesar que los veterinarios y ganaderos han observado que en muchas ocasiones los tratamientos ixodicidas no son efectivos. Por ello, es necesario realizar estudios de campo que permitan identificar en diferentes zonas ecológicas de la entidad, todas aquellas UPB con problemas de resistencia a garrapatas, precisar su localización, conocer los factores de riesgo predisponentes y generar información básica para implementar futuras estrategias o métodos alternativos de control en las regiones con esta problemática zoonosanitaria.

La FAO considera a los bioensayos como las pruebas oficiales de laboratorio para el diagnóstico de resistencia a ixodicidas; en ellos, se utilizan los principios activos de los productos químicos a concentración comercial o bien, a dosis llamadas "discriminantes" (FAO, 1999).

Estas pruebas tienen una sensibilidad que les permite identificar un aumento significativo de individuos dentro de una misma especie capaces de resistir dosis de ixodicidas que han probado ser letales para la mayoría de los individuos de la misma especie.

Los bioensayos se clasifican en dos grupos, pruebas de paquete de larvas (PPL) o de inmersión larvaria y, pruebas de inmersión de garrapatas adultas (Rodríguez, 2005b).

1.5.5.1 Prueba de paquete de larvas (PPL)

Está sustentada y desarrollada en una serie de ensayos con garrapatas *R. microplus* durante muchos años en Australia y fue adoptada por la FAO como la principal prueba de diagnóstico de resistencia en garrapatas. Consiste en exponer larvas de garrapatas en una superficie de papel filtro que se impregnó de forma previa con ixodicidas. La mortalidad larval se cuantifica entre las 24 y 72 horas después descrita por Stone y Haydock (1962) y estandarizada por FAO (1999);

1.5.5.2 Prueba de inmersión de larvas (PIL)

Este método no se usa de manera amplia en el diagnóstico de resistencia y tampoco es promovido por la FAO. Por lo general emite un diagnóstico en alrededor de seis semanas, que es el mismo tiempo necesario para la prueba de paquete de larvas. Se han realizado estudios (Shaw, 1966; Aguirre *et al.*, 1986) comparativos donde se concluye que los resultados de la prueba de inmersión pueden ser comparados con los resultados del paquete de larvas.

1.5.5.3. Prueba de inmersión de adultas

Esta prueba fue descrita y desarrollada por Drummond *et al.* (1967), para determinar la eficacia de nuevos ixodicidas contra varias especies de garrapatas. Fue adaptada como prueba de resistencia en varios laboratorios, pero nunca fue

estandarizada. Los bioensayos estandarizados para el diagnóstico de resistencia de una muestra de garrapatas son valiosos, porque fenotipifican la respuesta poblacional al ixodicida. Es posible que su principal desventaja sea porque se necesita de un gran número de garrapatas adultas y varias semanas para obtener resultados.

1.5.6 Manejo de la resistencia

Debido al problema de resistencia de las garrapatas a los ixodicidas, los productores deben reducir la frecuencia en la aplicación de baños ixodicidas, sin restar importancia a su uso como herramienta básica en el control integral de estos ectoparásitos. Para reducir la frecuencia de tratamientos, se sugiere la aplicación estratégica de estos productos previa valoración del nivel de infestación del hospedero; para ello, se debe realizar un conteo de garrapatas sobre el ganado o bien, estimar el número de garrapatas por animal y de este modo, aplicar los baños solo si es necesario. El control integral de las garrapatas conlleva a un conjunto de estrategias cuyas metas consideran la conservación de los productos químicos disponibles y preservar así su efectividad, pero al mismo tiempo reducir el impacto al ecosistema. Para esto, se sugiere aplicar entre otras acciones, tratamientos estratégicos, el establecimiento de pastos anti-garrapatas, descanso de praderas, selección de ganado resistente a las garrapatas así como, el control biológico y la aplicación de vacunas contra la garrapata (Rodríguez *et al.*, 2007).

1.6 Reportes de resistencia

1.6.1 Internacional

Australia es el país con mayor experiencia y documentación sobre el problema de resistencia a ixodicidas (Nolan, 1981; Angus 1996; Kemp *et al.*, 1998). De acuerdo a los patrones de comportamiento más comunes, las cepas de garrapatas resistentes más importantes en Australia son la "Lamington" (resistente a flumetrina), la "Parkhurst" (resistente a flumetrina, deltametrina y cipermetrina) y la "Ulam" resistente a AM. En 1992, se determinó una cepa con resistencia

combinada tipo "Ulam" y "Parkhurst", la cual fue designada como "Ulam-P" o "Ultimo" (Kunz y Kemp, 1994).

Baker *et al.* (1979) reportan en Sudáfrica resistencia a arsénicos, OC, DDT y OF/Carbamatos y que constituyó en este sentido, el primer informe de resistencia en el continente africano.

Regassa y De Castro (1993), al analizar la respuesta de garrapatas *B. decoloratus* a ixodicidas en el oeste de Etiopía, identifican resistencia al toxafeno.

En Sudáfrica, Coetzee *et al.* (1987) informaron de la presencia de cepas de garrapatas resistentes a PS sintéticos. Por su parte, Strydom y Peter (1999) en cuatro años de trabajo en ese país, describieron la existencia de cepas resistentes a OF, PS y AM.

1.6.2 En América

En Colombia, Benavides *et al.* (1989) reportaron cepas de garrapatas resistentes a cipermetrina. Después, Betancourt (1993) evidenció resistencia a flumetrina, deltametrina, alfacipermetrina y lamdacialotrina.

En Costa Rica, Álvarez *et al.* (1999) mencionan una prevalencia de 81% de resistencia a PS en ranchos bovinos.

En Brasil, Farías (1999) menciona que en 1953 se realizó el primer diagnóstico de resistencia a ixodicidas al identificar una cepa resistente a arsenicales después de 40 años de uso de ese producto y luego; a dos años de su introducción en el mercado, se presenta resistencia a OC. Al inicio de los 70 y en los 80 surgieron en este país los primeros casos de resistencia a OF y PS, respectivamente (Gomes *et al.*, 1989). Furlong (1999) reporta en el estado de Minas Gerais, cepas de *B. microplus* resistentes a OF, PS, AM y a mezclas de OF/PS. En la actualidad en Brasil existe una cepa resistente a AM denominada cepa "Alegrete" o "Cavalcanti" (Farías, 1999).

En Cuba, Rodríguez y Kopp (1999) mencionan la existencia de cepas resistentes a OF y AM.

En Centroamérica, Hagen *et al.* (1999) analizaron la respuesta a ixodicidas de muestras procedentes de varios países y reportaron cepas de *B. microplus* resistentes a PS en Guatemala, Costa Rica, Honduras, República Dominicana, El

Salvador y Panamá. Además, que la cepa de campo originaria de Panamá "Hac. C. Espina", así como una cepa proveniente de Costa Rica "Hac. María Adelia", mostraron una resistencia específica a flumetrina al presentar un tipo de comportamiento similar a la cepa "Lamington" de Australia.

1.6.3 En México

A nivel nacional, en 1981 la cepa "Tuxpan" fue la primera evidencia de resistencia a OF (Ortiz *et al.*, 1995). Tiempo después, la cepa "Tempoal" (denominada así por proceder de Tempoal, Ver.), fue caracterizada por una resistencia mixta a OC y OF (Santamaría, 1992). En 1993, se identificaron las primeras poblaciones de garrapatas resistentes a OF y PS en los municipios de Soto la Marina, Tamaulipas (cepa "San Jorge") y en Emiliano Zapata, Tabasco y en San Juan Evangelista, Veracruz, se identifica la cepa "Mora" (Ortiz *et al.*, 1995). Estos mismos autores reportaron la presencia de la cepa "Coatzacoalcos" en zonas ganaderas del sur de Veracruz con una resistencia moderada a cipermetrina y muy baja a deltametrina; además, mencionan a la cepa "Aldama", originaria del sur de Tamaulipas como resistente a flumetrina y deltametrina.

Con el tiempo, se han identificado poblaciones de garrapatas resistentes a AM y multirresistentes a OF y PS en el sudeste de México, en zonas costeras del Pacífico y en algunas regiones del Golfo de México (Fragoso y Soberanes, 2001; Rodríguez, 2005; Alonso *et al.*, 2006).

Fragoso y Soberanes (2001), hacen referencia a la cepa "San Alfonso", originaria de la región de los Ríos en Tabasco como multirresistente a OF, PS y AM; cabe señalar, que la conducta toxicológica de esta cepa la citan como similar a la presentada por la cepa australiana "Ultimo" y a la brasileña "Cavalcanti" (Kemp *et al.*, 1998).

Debido al desarrollo de poblaciones de garrapatas resistentes a OF en México; a partir de 1986, se permitió la comercialización de nuevos ixodícidicos como los PS y AM, aunque los primeros fueron los más usados debido al poder residual y estabilidad en los baños de inmersión (Aguirre, 1986); sin embargo, en 1993, después de ocho años, se identificaron los primeros casos de resistencia a PS en los estados de Tabasco, San Luís Potosí, Veracruz y Chiapas (Ortiz *et al.*, 1995).

El 88% de los ranchos con garrapatas resistentes a PS en el sureste de México son también resistentes a OF, lo que sugiere una asociación en la resistencia a las dos

familias de ixodíidas. En la actualidad, la generación de resistencia a PS es el caso más frecuente en las UPB seguida por la resistencia a AM y OF (Rodríguez *et al.*, 2007). La resistencia múltiple a los ixodíidas en el territorio mexicano continúa extendiéndose en forma constante y paulatina, debido a la presión que se ha ejercido con el empleo de estos productos durante los últimos años; por ello, a la fecha se han diagnosticado poblaciones resistentes de garrapatas a OF, PS y AM en casi todo el país (Rosario *et al.*, 2009).

HIPÓTESIS

Existen poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes a amidinas en las UPB localizadas en los municipios de la zona centro del estado de Veracruz.

Objetivo General

Determinar la prevalencia de UPB con poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes a amidinas en la zona centro del estado de Veracruz e identificar los principales factores de riesgo asociados a esta problemática.

Objetivos específicos

- a) Conocer la prevalencia de UPB con garrapata *R. microplus* resistentes a amidinas en los municipios de Actopan, Comapa, Cotaxtla, Jamapa, Ignacio de la Llave, Medellín, Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado, Veracruz y Xalapa.
- b) Identificar los factores de riesgo asociados a la presencia de UPB con garrapata *R. microplus* resistentes a amidinas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Población de estudio

La investigación se realizó en la región centro del estado de Veracruz en los municipios de Actopan, Comapa, Cotaxtla, Jamapa, Ignacio de la Llave, Medellín, Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado, Veracruz y Xalapa con un estudio epidemiológico de tipo transversal. Con excepción de los Municipios de Actopan y Xalapa cuyos climas se consideran templados, el resto de los municipios tiene condiciones climatológicas de tipo tropical.

Las unidades de muestreo se identificaron con un esquema no probabilístico por conveniencia y se incluyeron UPB con un inventario ganadero superior a 20 cabezas.

2.2 Determinación del tamaño de muestra y selección de la unidad de muestreo

El cálculo del número de ranchos necesarios para estimar la prevalencia de UPB con garrapatas resistentes a amidinas, se obtuvo con el programa Win-Episcope Ver. 2.0 en la modalidad "estimar porcentajes" al considerar una prevalencia (p) estimada en 50%, 95% de nivel de confianza (Z) y una precisión o error (d) de 10%. Así, el tamaño de muestra resultó de 96 UPB.

Se programaron en conjunto con los ganaderos participantes las fechas de visitas a las UPB para la toma de muestras biológicas (garrapatas teleoginas) y el levantamiento de las encuestas.

2.3 Obtención de muestras

En cada UPB se colectaron al menos 25 teleoginas de *R. microplus* con ingurgitamiento total, pero procedentes de diferentes animales infestados de forma natural. Las garrapatas se depositaron en cajas de Petri identificadas con el número de encuesta realizada en cada UPB. En apego a las sugerencias de la FAO (2005) para el manejo de muestras de garrapatas, las cajas de Petri se perforaron para permitir la circulación de aire. De esta manera y en cámara húmeda, las teleoginas fueron trasladadas para su cultivo al Laboratorio de Parasitología de la Unidad de Diagnóstico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana (FMVZ-UV).

2.4 Procesamiento de muestras en el laboratorio

En el laboratorio las teleoginas se incubaron para ovopositar en una cámara en completa oscuridad a una temperatura de 27 °C con una humedad relativa de 80%. Después de 14 días, los huevos se depositaron en un recipiente de cristal y se mantuvieron bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad hasta la eclosión larvaria (alrededor de los 35 días posteriores a su colección) (FAO, 1999).

2.5 Bioensayos

Los bioensayos se clasifican en dos grupos: pruebas de paquete de larvas (PPL) o de inmersión larvaria y pruebas de inmersión de garrapatas adultas.

Para determinar la resistencia a ixodicidas en este estudio, se utilizó la prueba de PPL descrita por Stone y Haydock (1962) y estandarizada por FAO (1999); para ello, se utilizaron larvas de 7 a 14 días de edad. La prueba se desarrolló con base en la dosis discriminante para amidinas (0.0002%) propuesta por Santamaría (1992). La lectura de la prueba se efectuó 72 horas después de la incubación de las larvas en estufas de cultivo. Al momento de la lectura, se anotó la conducta de cada paquete frente al principio activo evaluado.

2.6 Lectura de resultados

El conteo de los paquetes larvarios inició por contabilizar la sobrevivencia de las larvas en los paquetes control y después en los experimentales o grupos tratados.

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

Se consideró una UPB o rancho como resistente (positivo) si por lo menos una larva soportó y sobrevivió a la dosis discriminante de la prueba.

2.7 Análisis estadístico

Para calcular el índice de mortalidad por contacto con los ixodidas y la supervivencia larvaria (resistencia), se emplearon las fórmulas establecidas por FAO (1999).

a) Para calcular la mortalidad larvaria se empleó la fórmula:

$$\% \text{ de mortalidad larvaria} = (\text{larvas muertas} / \text{larvas totales}) \times 100$$

b) Para calcular la mortalidad media se empleó la fórmula:

$$\text{Media del \% de mortalidad} = (\text{mortalidad 1} + \text{mortalidad 2} + \text{mortalidad 3}) / 3$$

c) Para calcular la prevalencia de UPB con resistencia se empleó la fórmula propuesta por Thrusfield (2005):

$$p = \frac{\text{Número de UPB con presencia de cepas resistentes}}{\text{Total de UPB muestreadas}} \times 100$$

Los intervalos de confianza al 95% (IC: 95%) para las prevalencias encontradas se calcularon con el programa en línea Vassarstats®.

2.8 Aplicación de encuestas

Con la finalidad de obtener información sobre el uso de ixodicidas en las UPB y de las variables consideradas como posibles factores de riesgo asociados a la presencia de garrapatas resistentes al amitraz, se aplicó al propietario y/o al encargado del rancho un cuestionario mediante una entrevista directa (Anexo A).

2.9 Análisis de factores de riesgo

Los datos relacionados con las variables asociadas como factores de riesgo, fueron analizados en tablas de contingencia de 2 x 2 con ayuda del programa Win Episcopy Ver. 2.0 (Thrusfield *et al.*, 2001). La asociación epidemiológica de causalidad se obtuvo por Odds Ratio (OR), se realizó (Thrusfield, 2005).

Se aplicó la prueba de chi-cuadrada para conocer el nivel de significancia entre cada asociación; de existir asociación entre dos o más factores, se aplicó regresión logística (Thrusfield, 2005). Las variables consideradas como factores de riesgo fueron utilización inadecuada de productos, alternancia de productos, combinación de moléculas, inadecuada concentración o dosificación de productos, falta de asesoría especializada y movilización de animales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados generales

En el 100% de los municipios muestreados se encontraron poblaciones de garrapatas resistentes al amitraz. Los resultados correspondientes al promedio de resistencia y prevalencia obtenidos por Municipio se presentan en el Cuadro 1.

Para el uso del amitraz en el estado de Tabasco, Soberanes y Santamaría (2002) señalan una tasa promedio de resistencia de 74.8%. Al comparar los resultados de resistencia promedio obtenidos en el presente estudio (Cuadro 1), se aprecia que los datos reportados por este autor son mayores, dado que el promedio más alto de resistencia encontrado fue de 55.3% para el municipio de Soledad de Doblado; sin embargo, los promedios de resistencia encontrados en la mayoría de los municipios, son superiores a 19.4% de resistencia a amitraz reportado por Rodríguez *et al.* (2006b) en Yucatán, lo que puede deberse al uso excesivo que se le ha dado a este principio activo desde su introducción al mercado como alternativa al uso de los piretroides y también, a una falta de asesoría especializada al productor en el empleo de los productos comerciales que lo contienen. Como se aprecia en el Cuadro 1, el promedio de resistencia obtenido en los municipios de Jamapa e Ignacio de la Llave es menor que lo reportado por Rodríguez *et al.* (2006b), situación que podría deberse a que el uso de amitraz por parte de los productores en estos municipios es en la mayoría de los casos, menor a dos años lo que no ha permitido que se establezca el fenómeno de resistencia con tasas tan altas como en el resto de los municipios; no obstante lo anterior, es importante señalar que al menos un poco antes de los dos años de haber iniciado con el empleo del amitraz como ixodicida en estas UPB, éstas ya presentan problemas de poblaciones de garrapatas con resistencia a esta familia de ixodicidas.

Cuadro 1. Promedio y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por Municipio en la región centro del estado de Veracruz, México.

Municipio	Promedio de Resistencia (%)	Prevalencia (%)	Intervalo de confianza (%)
Actopan	24.3	100	(67-100)
Comapa	28.8	100	(64-100)
Cotaxtla	31.6	100	(67-100)
Ignacio de la Llave	17.6	90	(30-95)
Jalapa	45.8	100	(51-100)
Jamapa	9.8	16.6	(3-56)
Manlio Fabio Altamirano	36.9	100	(72-100)
Medellín	40	91.6	(62-98)
Soledad de Doblado	55.3	100	(64-100)
Veracruz	22.2	94.4	(73-98)

La resistencia múltiple a ixodíidas en el territorio mexicano continúa extendiéndose de manera paulatina debido a la presión constante que se ha ejercido durante los últimos años sobre las garrapatas con el empleo de diferentes productos ixodíidas, a la fecha, se han diagnosticado poblaciones resistentes a OF, PS y AM casi en todo el país (Rosario *et al.*, 2009). Los datos presentados en el Cuadro 1, demuestran que el fenómeno de resistencia a AM se encuentra ya establecido en UPB de al menos diez municipios de la zona centro de Veracruz.

Derivado de las encuestas se pudo conocer que la mayoría de los productores no dosifican en forma correcta el ixodicida para efectuar el baño garrapaticida; en este sentido, se pudo observar que se ocupan dosis mayores a las recomendadas por el laboratorio fabricante, que para el caso del amitraz es de 2 ml de producto/litro de agua (Horst y Seifert, 1998). Lo anterior, dado que el productor argumenta que el producto ya no es efectivo a esa dosis y ante esto, agregan lo que con frecuencia llaman "un chorrito más", el cual por lo general está en dependencia del pulso de la persona que realiza la dilución del producto; no obstante, este "un chorrito más" puede ser el doble o en ocasiones más de la dosis recomendada, situación que propicia una constante sensibilización a la población de garrapatas presentes en el animal que provoca que, de forma paulatina comience a establecerse el fenómeno de resistencia como lo menciona Lee *et al.* (1999) en sus recomendaciones para el buen uso de ixodicidas.

Además, otro error de manejo identificado es que con una bomba de aspersion de 20 litros, el productor baña en promedio a 16 animales adultos. Esto, propicia que cada animal sea "bañado" con alrededor de litro y medio de suspensión, cantidad que está muy por debajo de lo recomendado desde el punto de vista técnico para el control de las garrapatas, pues deberían usarse seis litros de solución para bañar a un animal adulto y cuatro litros para uno joven; es decir, con una bomba de aspersion de 20 litros deben bañarse un máximo de cuatro animales adultos y entre cinco y seis animales jóvenes (SAGARPA, 2000). Este error en el manejo del baño, implica que los animales no se mojen de manera correcta y ello, conlleva a un mal contacto entre el ixodicida y la garrapata, situación que en el tiempo genera el evento de resistencia por subdosificación (Rodríguez, 2005a).

La mayoría de los productores baña al ganado por presencia mínima de garrapatas en los animales; sin embargo, está demostrado que para evitar la sensibilización de la garrapata a los ixodicidas por un constante y continuo contacto con el producto, los baños ixodicidas se deben realizar cuando la carga parasitaria es mayor a 30 garrapatas adultas por animal. Este constante error derivado de un mal manejo del periodo entre la aplicación de baños ixodicidas, puede incrementar la probabilidad de presentación del evento de resistencia a ixodicidas en las UPB (Rodríguez *et al.*, 2006a).

Se ha demostrado que los ranchos que utilizan productos ixodicidas más de seis veces al año, tienen mayor probabilidad de generar resistencia en sus poblaciones de garrapatas (Rodríguez *et al.*, 2006a). En este contexto, es necesario orientar al productor para que programe el baño ixodicida con base en la carga parasitaria

que tenga la mayoría de los animales en el hato lo cual, puede llevarlo incluso a ampliar de manera natural el período entre cada baño. Fragoso y Martínez (2005) mencionan que es menester acostumbrarse a observar al ganado con garrapatas (no más de 15 ó 20 adultas por animal); esta carga parasitaria, favorecerá la estabilidad enzoótica entre el bovino, las garrapatas y las enfermedades que éstas transmiten (*Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale*). En estudios realizados en zonas tropicales se ha observado que si el ganado presenta entre 35 y 50 garrapatas adultas por animal, se empiezan a observar efectos negativos en la salud y producción. Ante esto, la recomendación técnica es que los baños se realicen al observar más de 30 garrapatas adultas por animal (Rodríguez *et al.*, 2006a).

El análisis de las encuestas reveló que sólo 22/96 de los productores (23%; IC₉₅: 10.6-47.5) cuenta con asesoría técnica o profesional para el control de garrapatas en sus UPB. Esta situación también puede influir en la presentación de la resistencia observada en el Cuadro 1, ya que el productor al no contar con la asesoría necesaria para realizar de manera correcta los baños garrapaticidas, lleva a cabo esta actividad en apego a sus usos y costumbres o bien, se apoya en un "inadecuado consejo" dado por lo general por productores aledaños o conocidos, quienes le explican a su manera, no solo el método de aplicación, sino la "dosificación a utilizar".

De acuerdo con CONASA (2008), el baño de aspersión con bomba manual es el método empleado por el 98% de ellos (IC_{95%}: 76.8–99.7). A finales de 1975 y con el apoyo del programa "Fideicomiso Campaña Nacional contra la Garrapata", se logró la canalización de créditos al campo para la construcción de baños de inmersión, adquisición de ixodidas, supervisión del desarrollo de la Campaña y construcción del Centro Nacional de Parasitología Animal (CENAPA). Algunas medidas contempladas para este fin, son la construcción y rehabilitación de baños de inmersión, diagnóstico de laboratorio, difusión y capacitación a productores, control de la movilización así como tratamientos ixodidas, entre otras. Hasta 1984 los avances en erradicación se reflejaban en 94,438,508 has libres de la garrapata *Boophilus* spp, y 35,691 baños de inmersión.

A partir de 1984 se hizo necesario establecer un cambio profundo en las estrategias de la Campaña como consecuencia de la extinción del Fideicomiso al quedar la operatividad técnica y administrativa a cargo de la Dirección de Salud Animal dependiente de la Dirección General de Sanidad y Protección Agropecuaria y Forestal de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Posterior

a 1984 se sufrió un proceso de desarticulación y falta de apoyo que provocó que las acciones de Campaña fueran casi abandonadas. Con el inicio de la aplicación de recursos federales para la ejecución de acciones en salud animal con el Programa Alianza para el Campo, se retomaron algunos trabajos de la Campaña; sin embargo, la mayoría de ellos estuvieron carentes de una estrategia de largo plazo, así que con el tiempo y la falta de recursos, los productores se vieron obligados a abandonar los baños de inmersión al tener a la mano la opción de utilizar los baños de aspersión (CONASA, 2008).

En cuanto a la dosificación del baño, el 26% (IC_{95%}: 11.9 – 48.6) de los productores sobredosifican la dilución, el 39% (IC_{95%}: 20.4 – 61.2) lo dosifica en forma correcta y el 35% (IC_{95%}: 17.1 – 57.1) emplea menor dosis de la recomendada por el laboratorio fabricante, esto es que 61% utilizan de manera inadecuada el producto. Horst y Seifert (1998) mencionan que el uso de subdosificaciones provoca que poblaciones de garrapatas resistentes se seleccionen y con el paso de los años, las poblaciones susceptibles tienden a hacerse resistentes por el proceso de selección ejercida.

De igual manera, la encuesta permitió conocer que 61% (IC_{95%}: 38.7 – 79.5) de las UPB muestreadas, los productores bañan a los animales sólo por encima o bien dándoles la vuelta con la mochila de aspersión al bañar con 20 litros a más de 7 animales. Horst y Seifert (1998) refieren que la manera correcta de efectuar el baño de aspersión, es aplicar el rocío de la cola hacia la cabeza ya que de esta manera, el producto penetrará mejor al ir a contra pelo y llegar con más facilidad al lugar donde se encuentra la garrapata.

En relación con el tiempo entre cada baño ixodida, la encuesta indica que 16/96 productores (17%; IC_{95%}: 9.8 – 21.3) bañan a sus animales cada ocho días, 70/96 (73%; IC_{95%}: 23.4 – 81.2) cada 15 días, 9/96 (9%; IC_{95%}: 6.4 – 32.2) cada 21 días y solo 1/96 (1%; IC_{95%}: 0.9 – 12.7) realizan sus baños cada 20 a 30 días, por lo que se recomienda realizar los baños según la infestación del animal (Fragoso y Martínez, 2005).

Como criterio para determinar la frecuencia del ixodida, 20% (IC_{95%}: 14.7–43.5) de los productores mencionaron que lo hacen al considerar la presencia de garrapatas en sus animales y, 64% (IC_{95%}: 16.4 – 75.3) refirió que baña a sus animales por rutina dentro de un tiempo establecido sin importar la presencia o ausencia de garrapatas en el ganado. Al realizar los baños de este manera, los productores no consideran la carga ectoparasitaria en el ganado, la cual es muy importante para la eliminación correcta de las garrapatas; por ello, Fragoso y

Martínez (2005) recomiendan acostumbrarse a observar al ganado con no más de 15 o 20 garrapatas adultas por animal y Rodríguez-Vivas *et al.* (2006a) recomiendan que los baños se realicen al observar más de 30 garrapatas adultas por animal ya que, al aumentar la población de garrapatas en el bovino, se comienza a observar baja productividad y daños en la salud.

Asimismo y derivado de la encuesta, se pudo conocer que 100% de los productores ($IC_{95\%}$: 82.8–100) usa diversos productos comerciales cuyo principio activo es el amitraz al 12.5% y considerar con ello, que se hace una constante rotación del ixodicida; sin embargo, por diferentes razones lo hacen de manera incorrecta, pues 72% de ellos ($IC_{95\%}$: 36.9 – 87.2) en ausencia de asesoría al adquirir el producto, no tienen conocimiento de la sal que contiene el producto y, aunque tienen el interés de realizar un cambio en el ixodicida al argumentar que no funciona, solo cambian el nombre comercial pero mantienen el empleo del mismo principio activo o de la familia del ixodicida.

Dentro de las irregularidades identificadas en las encuestas en relación con el manejo de los productos ixodicidas, destaca el cambio del producto ixodicida antes de que se termine el anterior que en la mayoría de los casos, que es el que está en uso en ese momento y que el productor decide dejar de aplicar por "ineficaz". En este sentido, se pudo apreciar que el 16% de los productores ($IC_{95\%}$: 14.2–23.1) han usado siempre una misma familia de ixodicidas y el 72% ($IC_{95\%}$: 36.9–87.2) de ellos ha utilizado al menos dos productos diferentes en su programa de control de garrapatas en los últimos cinco años; por eso, Fragoso y Soberanes (2001), menciona que el uso exclusivo de un solo producto químico como ixodicida, ha sido privilegiado sobre todo por su facilidad de aplicación, por el aumento en la densidad de población animal en las zonas ganaderas y por la excesiva publicidad para su compra al argumentar por parte de las empresas farmacéuticas que lo producen, que el ixodicida sí posee una alta eficacia en el control de las garrapatas; además, la escasa y lenta investigación institucional sobre el establecimiento de estrategias o acciones alternativas para el combate de estos ectoparásitos, propiciada por el impacto comercial de los laboratorios, el uso continuo de un solo producto ixodicida, conlleva a una falta de rotación de las diferentes familias de ixodicidas en tiempo y forma.

El empleo de la ivermectina como desparasitante para el control de verminosis gastrointestinal es una práctica que, por su eficacia en los últimos años ha sumado adeptos. No obstante su eficacia para el control de las diferentes endoparasitosis, la ivermectina también tiene un efecto positivo en el control de diferentes

ectoparásitos entre ellos, las garrapatas (Rodríguez, 2002; Rodríguez *et al.*, 2006a); así, las encuestas permitieron conocer que 28% de los productores (IC_{95%}: 22–63) lo usa para el control rutinario de las verminosis gastrointestinales del ganado, lo aplica de manera correcta cada seis meses a la dosis indicada y observa después de su empleo, también una disminución sustancial en la carga parasitaria por garrapatas en sus animales. Sobre el particular, Arieta-Román *et al.* (2010) demostraron que el uso de endectocidas en el ganado bovino es eficaz en el control de las garrapatas al evaluar con esta finalidad la actividad de la moxidectina y de la ivermectina en ganado localizado en el trópico mexicano; sin embargo, la implementación de endectocidas en el control intensivo de la garrapata, se pone en duda debido a su largo periodo de retiro (35 a 40 días para ivermectina), que desde el punto de vista de la inocuidad alimenticia, no hace factible su uso en el ganado. Además, los endectocidas tienen un fuerte impacto negativo sobre el medio ambiente debido a que son productos no selectivos cuyos residuos eliminados hasta por 14 días en las heces de los bovinos ejercen un importante efecto insecticida sobre un gran número de especies de dípteros y coleópteros (escarabajos estercoleros) que colonizan la materia fecal, ocasionan la muerte de esas especies y en consecuencia, por el daño a los escarabajos estercoleros, propician una falta de degradación de la materia fecal en los potreros y evitan la incorporación de materia orgánica al suelo al propiciar con ello, un fuerte impacto ecológico (Botana *et al.*, 2002).

La presencia de poblaciones de garrapatas resistentes a ixodicidas en las UPB disminuye la eficacia del tratamiento ixodicida; esto, es un problema que el productor desconoce pero que puede observar si el producto garrapaticida empleado en el baño no disminuye la cantidad de garrapatas en el ganado. Por ello, es inminente brindarle la asesoría técnica o profesional necesaria para que realice de manera periódica el diagnóstico de resistencia existente en su hato, situación que le permitirá en el mediano plazo, proponer un mejor esquema de control químico basado no sólo en la elección del ixodicida adecuado con base en el diagnóstico de susceptibilidad en la población de garrapatas, sino también a establecer el período entre baños acorde a la dinámica poblacional de garrapatas en su hato. La adopción de estas actividades le ayudará de forma paralela a espaciar el intervalo entre cada baño y contribuirá a disminuir los costos de producción por tratamientos ixodicidas, a reducir el número de veces de manejo del ganado con esta finalidad pero sobre todo, a retardar la presencia de resistencia al nuevo ixodicida empleado (Fragoso y Martínez, 2005).

3.1.1 Municipio de Actopan

En este municipio se muestrearon ocho UPB y 100% de ellas presentó poblaciones de garrapatas resistentes a amidinas, por lo que se observó una resistencia promedio de 24.3% con un rango de resistencia de 8.2 a 47.2%. Los datos obtenidos por UPB se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Actopan

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	85.3	14.7
2	86.7	13.3
3	91.8	8.2
4	52.8	47.2
5	67.3	32.7
6	80.4	19.6
7	74.6	25.4
8	66.9	33.1

p= 100% (IC_{95%}: 67-100)

En el cuadro anterior, se aprecia que la UPB número tres es la que menor tasa de resistencia al uso de amitraz presenta; de este modo, las encuestas permitieron identificar que este rancho tiene menos tiempo con el uso de amidinas en comparación de las otras UPB cuyas tasas de resistencia al ixodidida son mayores. El solo hecho de identificar una tasa bajo de resistencia a ixodididas en una UPB, debe ser considerado desde el punto de vista sanitario como un problema, puesto que el desarrollo de resistencia a los acaricidas en una población de garrapatas es

dependiente de la frecuencia de individuos resistentes en la población y también lo es a la intensidad de la presión de selección química por el uso del producto (Kunz y Kemp, 1994). En la actualidad no se conoce el tiempo exacto en que un ixodicida debe ser reemplazado por otro de distinta familia; no obstante, en términos prácticos se recomienda cambiar el producto cada año o año y medio (Rodríguez *et al.*, 2006a).

3.1.2 Municipio de Comapa

En este municipio se muestrearon siete UPB y 100% de ellas presentaron poblaciones de garrapatas resistentes a amidinas. En este sentido, se observó una resistencia promedio del 28.7% con un rango de 15.7% a 39.7%. En el Cuadro 3 se presentan los datos de resistencia obtenidos por UPB en este municipio.

Por otra parte, las encuestas permitieron conocer que en este municipio el 100% de las UPB muestreadas, no se aplica el baño de aspersion de manera correcta, ya que utilizan bombas de aspersion con capacidad de 20 litros para bañar a más de 16 animales adultos por bomba. Esto, propicia que para cada animal se utilice alrededor de un litro y medio de suspensión, cantidad que está muy por debajo de lo recomendado que son seis litros de solución para bañar a un animal adulto y cuatro litros para cada animal joven; así, con una bomba manual de 20 litros deben bañarse un máximo de cuatro animales adultos y entre cinco y seis animales jóvenes (SAGARPA, 2000). Este error en el manejo del baño, implica que los animales no se mojen de manera correcta y propiciar así la sensibilización de las garrapatas presentes en el bovino al producto acaricida, situación que en el tiempo, puede generar la resistencia por subdosificación (Horst y Seifert, 1998; Rodríguez *et al.*, 2005a).

Cuadro 3. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Comapa

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	84.2	15.7
2	66.8	33.1
3	71.4	28.5
4	77.4	22.5
5	60.2	39.7
6	70.9	29.0
7	67.1	32.8

p=100% (IC_{95%}: 64-100)

3.1.3 Municipio de Cotaxtla

Las UPB muestreadas en este municipio, se encontró que 100% presentó poblaciones de garrapata resistentes a amidinas. El promedio de resistencia fue del 31.6% con un rango de resistencia del 2.5 a 70.6% (Cuadro 4).

En este municipio los productores bañan a su ganado cada 15 días o antes sin considerar la presencia o no de garrapatas en los animales, situación que propicia un contacto continuo entre la garrapata y el ixodicida que puede generar problemas de resistencia en el tiempo; por esta razón, se recomienda realizar el baño garrapaticida al observar más de 30 garrapatas adultas por animal (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006a). Asimismo, los productores también bañan más de seis animales por bomba, lo que está fuera de las recomendaciones técnicas de SAGARPA (2000); aunado a esto, en siete UPB han usado amidinas por más de

seis años consecutivos. Al respecto, en la UPB número tres hace cuatro años que iniciaron con el uso de las amidinas, lo que puede explicar el menor índice de resistencia presente a este ixodicida (Cuadro 4). Todas estas irregularidades en el baño, pueden estar asociadas a las altas tasas de resistencia encontradas en 63% de las UPB (5/8) para este municipio.

Cuadro 4. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Cotaxtla

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	85.9	14.1
2	92.1	7.9
3	97.5	2.5
4	37.9	62.1
5	30.7	69.3
6	29.4	70.6
7	34.7	65.3
8	77.4	22.6

p=100% (IC_{95%}:67-100)

3.1.4 Municipio de Ignacio de la LLave

En las UPB seleccionadas para este municipio, se encontró que 90% presentó poblaciones de garrapata resistentes a las amidinas, pues sólo en una UPB se identificó susceptibilidad del ectoparásito al ixodicida, por lo que el promedio de resistencia fue de 17.6% con un rango de 0% a 30.1% (Cuadro 5).

Los datos recabados durante la encuesta permitieron conocer que el propietario de la UPB tres en la cual se encontró susceptibilidad de las garrapatas a las amidinas,

empezó a utilizar el amitraz como producto ixodicida hace apenas año y medio, por lo que podría explicar que en esa UPB aún no exista resistencia.

Cuadro 5. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Ignacio de la Llave

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	69.9	30.1
2	82.4	17.6
3	100	0
4	91.4	8.6
5	75.4	24.6
6	75.9	24.1
7	79.1	20.9
8	90.5	9.5
9	79	21
10	80.5	19.5

p=75% (IC_{95%}: 30-95)

3.1.5 Municipio de Jalapa

En este municipio 100% de las UPB presentaron poblaciones de garrapatas resistentes a amidinas. El promedio de resistencia fue de 45.8% con un rango de 11.6% a 84.6% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Jalapa

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	15.4	84.6
2	75.4	24.6
3	47.8	52.2
4	86.7	13.3
5	51.2	48.8
6	63.7	36.3
7	78.4	21.6
8	88.4	11.6
9	80.6	19.4
10	74.1	25.9

p=100% (IC_{95%}: 51-100)

Es importante señalar, que para el caso particular de este municipio no se esperaba encontrar estos resultados, ya que las condiciones climatológicas que prevalecen en él por ser templadas y en ocasiones frías, no son las adecuadas para la existencia de garrapatas en esta área geográfica del estado de Veracruz; sin embargo, los productores comentaron en las encuestas que hacen uso de las amidinas desde hace más de 10 años que empezó la presencia de garrapatas en esta zona. El uso durante tanto tiempo del amitraz en estas UPB, sustenta las diferentes frecuencias de resistencia encontradas en este Municipio.

3.1.6 Municipio de Jamapa

En este municipio se encontró que sólo una de seis UPB (16.6%) presentó poblaciones de garrapata resistentes a amidinas. El promedio de resistencia identificado fue de 9.8% con un rango del 0% al 58.9% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Jamapa

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	100	0
2	100	0
3	100	0
4	100	0
5	100	0
6	41.1	58.9

p=16.6% (IC_{95%}: 3-56)

Las encuestas realizadas a los productores permitieron conocer que en las cinco UPB en donde no se identificó resistencia al amitraz, aunque se han usado amidinas para el control de las garrapatas, su empleo no excede más de cinco años; sin embargo en la UPB donde se encontró resistencia, tienen más de seis años de usar amidinas como ixodicida en los baños garrapaticidas.

3.1.7 Municipio de Manlio Fabio Altamirano

En las UPB muestreadas en este municipio, se encontró que 100% presentó poblaciones de garrapatas resistentes al amitraz y que la resistencia promedio fue de 36.9% con un rango de 4.5% a 85.4% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Manlio Fabio Altamirano

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	86.9	13.0
2	34.4	65.5
3	60.6	39.3
4	90.2	9.7
5	14.5	85.4
6	55.6	44.3
7	95.4	4.5
8	90.6	9.4
9	67.8	32.1
10	34.0	65.9

p =100% (IC: 72-100)

En este municipio los propietarios de las UPB 1, 4, 7 y 8 bañan a sus animales por presencia de garrapatas en el ganado; esta decisión para la aplicación del baño, puede ser lo que ha permitido en estos hatos la aparición de una menor resistencia a amidinas en relación a las altas frecuencias encontradas en los otros ranchos donde el criterio para la ejecución del baño aplicado por el productor, es bañar al ganado en apego a un período establecido tenga o no garrapatas.

3.1.8 Municipio de Medellín de Bravo

En este municipio 91.6% de las UPB presentó poblaciones de garrapatas resistentes al amitraz y se observó que el total de las UPB muestras presentaron en promedio una resistencia de 40% con un rango de 0% a 79.3% (Cuadro 9).

Cuadro 9. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Medellín de Bravo

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	100.0	0
2	71.8	28.2
3	99.5	0.5
4	49.9	50.1
5	21.1	78.9
6	59.2	40.8
7	86.1	13.9
8	67.4	32.6
9	20.7	79.3
10	45.6	54.4
11	74.9	25.1
12	23.7	76.3

p =90.9% (IC_{95%}: 62-98)

En el cuadro anterior, se aprecia que la UPB 1 tiene una población de garrapatas 100% susceptible al amitraz; esto, se debe a que el empleo del mismo como producto garrapaticida en este rancho no es superior a un año. En la UPB 3 se aprecia el inicio de resistencia a diferencia de la alta resistencia que se tiene en las UPB 4, 5, 9, 10 y 12, donde el uso de las amidinas como ixodicida tiene ya varios años.

3.1.9 Municipio de Soledad de Doblado

En este municipio se identificó que 100% de las UPB presentaron poblaciones de garrapatas resistentes a amidinas. El promedio de resistencia fue 55.3% con un rango de 13.5% a 77.6% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Soledad de Doblado

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	86.5	13.5
2	22.4	77.6
3	41.4	58.6
4	23.8	76.2
5	64.3	35.7
6	28.6	71.4
7	45.5	54.4

p = 100% (IC_{95%}:64-100)

La menor tasa de resistencia que se presenta en la UPB 1 en relación con el resto de los otros ranchos, es posible que se deba a que los baños ixodicidas los llevan a cabo cada 15 días y el uso de las amidinas es de cinco años a la fecha; sin

embargo, en las seis UPB restantes por medio de las encuestas se identificó que el ganado se baña cada semana y por bomba de 20 litros, se asperjan más de 15 animales contrario a lo recomendado por Rodríguez-Vivas *et al.* (2006a) y por SAGARPA (2000).

3.1.10 Municipio de Veracruz

En las UPB muestreadas se encontró que 94% de ellas presentó poblaciones de garrapatas resistentes a amidinas. Además, se observó un promedio de resistencia de 22.2% con un rango de 0% a 71.9% (Cuadro 11).

La susceptibilidad total de la población de garrapatas hacia las amidinas que se presentó en la UPB 4 se debe a que el productor empezó a utilizar hace menos de un año este ixodicida. Por otra parte, las altas frecuencias de resistencia identificadas en las otras UPB se deben según aparece en las encuestas, a errores en el baño ixodicida; no obstante que en la actualidad estas UPB cuentan con asesoría profesional especializada, los productores realizan las prácticas acostumbradas de antaño como lo son el aumentar la dosis recomendada por el laboratorio fabricante del producto ixodicida con el "chorrito o tapita" extra y el bañar a más de 15 animales por bomba de aspersión de 20 litros lo cual, subdosifica el producto y sensibiliza de forma paulatina a las garrapatas a la resistencia.

Cuadro 11. Mortalidad media y prevalencia de resistencia al amitraz obtenidos por UPB en el municipio de Veracruz

UPB	Mortalidad media (%)	Resistencia (%)
1	83.2	16.8
2	82.1	17.9
3	73.5	26.5
4	100	0
5	96.2	3.8
6	57.9	42.1
7	55.4	44.6
8	63.3	36.7
9	92.4	7.6
10	82.1	17.9
11	88.7	11.3
12	94.9	5.1
13	97.9	2.1
14	31.8	68.2
15	94.2	5.8
16	28.1	71.9
17	94.7	5.3
18	84.3	15.7

p=94.1% (IC_{95%}:73-98)

3.2 Factores de riesgo

Las variables consideradas como posibles factores de riesgo se analizaron por OR y chi-cuadrada; sin embargo, los datos obtenidos no mostraron asociación entre ellas y la resistencia. Esto, puede deberse a que la resistencia a amidinas se encontró con frecuencias tan altas en la mayoría de las UPB, que las variables analizadas como posibles factores de riesgo ya se expresaron como tales en cada uno de los ranchos desde hace ya mucho tiempo. Por ello en este momento, no pueden considerarse como factores de riesgo desde el punto de vista estadístico. Rivera (2008) menciona en su estudio sobre resistencia a piretroides en Jesús Carranza, Ver., que tampoco encontró evidencia estadística significativa para poder asegurar que alguna de las variables que investigó se expresaran como factores de riesgo.

El objetivo fundamental en el control de las garrapatas es buscar y establecer la mejor alternativa para el uso óptimo a los productos ixodicidas (tradicionales y de nueva generación) que aún son efectivos mediante la integración de esquemas, acciones y estrategias químicas y no químicas (ejemplo: control biológico, manejo de praderas, uso de razas resistentes a garrapatas y vacuna antigarrapatas) que permitan un control eficaz y eficiente de estos ectoparásitos al reducir de manera gradual, la exposición de las poblaciones animales y humanas a productos pesticidas o de algún otro tipo que pueden en forma potencial, alterar el medio ambiente (FAO, 2005).

La tendencia actual es llegar a establecer en las UPB un control integral de ectoparásitos (Nari y Hansen, 1999) en programas que combinen en forma adecuada acciones muy precisas para ello; lo anterior, a efecto de desestabilizar la formación de poblaciones de garrapatas cuya genética las identifica como resistentes al uso de productos ixodicidas. Solo la implementación de programas de control asesorados por profesionistas permitirá en un futuro, mantener poblaciones de garrapatas en los hatos que favorezcan un adecuado nivel de estabilidad enzoótica entre el ganado y éstas, situación que a largo plazo, conllevará al desarrollo paulatino de una nueva, eficaz, eficiente y rentable actividad ganadera en la entidad veracruzana, al minimizar no solo la incidencia de casos de las enfermedades que transmiten, sino al disminuir los costos de producción derivados por el control de este ectoparásito.

CONCLUSION

- a) Se concluye que en los municipios de Actopan, Comapa, Cotaxtla, Jamapa, Ignacio de la Llave, Medellín, Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado, Veracruz y Xalapa, que se encuentran en la zona centro del estado de Veracruz existen UPB con poblaciones de garrapatas *R. microplus* resistentes a amidinas.

- b) Por asociación epidemiológica, no se identificaron factores de riesgo determinantes para este evento.

Bibliografía

- 1) Aguirre E.J., Santamaría V.M. 1986. Purificación y caracterización toxicológica de garrapatas *B. microplus* resistentes a ixodicidas organofosforados y organoclorados. p. 45-56 IV Reunión Anual de la Asociación de Parasitología Veterinaria. Cd. Victoria, Tamps., México.
- 2) Aguirre J.,L. Sobrino A., V. Santamaría, S. Aburto A., E. Román S., M. Hernández C., M. Ortiz E., A. Ortiz N.1986. Resistencia de garrapatas en México. p. 281-306 Seminario Internacional de Parasitología Animal. Cuernavaca, Morelos.
- 3) Alonso D. M. A., Rodríguez. V. R. I., Fragoso S., Rosario C. R. 2006. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas *Arch. Med. Vet.*, **38** (2):105-113.
- 4) Alvarez V, Bonilla, R., Chacón, I. 1999. Situación de la resistencia de la garrapata *B. microplus* (Canestrini, 1887) a organofosforados y piretroides en Costa Rica. *Rev. Cien. Vet.* **22**:41-60.
- 5) Angus B M. 1996. The history of the cattle tick *Boophilus microplus* in Australia and achievements in its control. *Int. J. Parasitol* **26**:1341-1355.
- 6) Arieta Román R. de J., Rodríguez-Vivas R.I., Rosado- Aguilar. J.A., Cruz-Ramírez G. T., Basto Estrella G.2010. Persistencia de la eficacia de dos lactonas marociclicas contra infestaciones naturales de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos del trópico mexicano. *Ver. Mex. Cienc. Pec.*, **1**: 59-67
- 7) Armendáriz G.I., 2003. Informe de un caso de resistencia múltiple a ixodicidas en *Boophilus microplus* Canestri (Acari: Ixodidae) en Tamaulipas, México. *Vet. Méx.* **34**:397-401
- 8) Baker J. A. F, Janet,O. J. Wendy D. R. 1979. Ixodicidal resistance in *Boophilus microplus* (Canestrini) en la república de Sudáfrica and Transkei. *J. South African Vet Assoc* **50**:296-301.
- 9) Bautista Garfias, R. 2006. Entomología Veterinaria Esencial. INIFAP. p. 24-46
- 10) Benavides O. E., Romero N. A., Rodríguez B. J. 1989. Situación actual de la resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a acaricidas en Colombia. El diagnóstico de resistencia. *Carta Fedegan* **61**:13-18.
- 11) Betancourt E. A. 1993. Susceptibilidad de varias cepas de la garrapata *Boophilus microplus* a diferentes acaricidas. *Rev Cebú* **22**: 53-55.
- 12) Botana L.M., Landoni F., Jiménez M.T. 2002 Farmacología y terapéutica veterinaria. Ed. MC Graw Hill/ interamericana de España. p 558
- 13) Bram R.A., George J.E., Reichard R.E., Tabachnick W.J. 2002. Threat of foreign arthropod-borne pathogens to livestock in the United States. *J Med. Entomol.* **39**:405-416.
- 14) Cen A. J., Rodríguez V. R. I., Domínguez A. J. L., Wagner G. 1998. Studies on the effect on infection by *Babesia spp* on oviposition of *Boophilus*

- microplus* engorged females naturally infected in the Mexican tropics. *Vet Parasitol* **78**:253-257.
- 15) Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CNSCSA) 2008. Situación de la resistencia en garrapatas *Boophilus microplus* en México y el mundo. Pp. 5-7
 - 16) Coetzee B B, Stanford G. D., Davis D. A. T. 1987. Resistance by the blue tick (*Boophilus decoloratus*) to the synthetic pyrethroid, fenvalerate. Onderstepoort *J Vet* **54**:83-86.
 - 17) CONASA 2008 PLAN ESTRATÉGICO DE LA CAMPAÑA NACIONAL CONTRA LA GARRAPATA *Boophilus spp.* EN MÉXICO www.conasamexico.org.mx/conasaplanestratgarrap. [consultado el 02/06/2011]
 - 18) Drummond R. O., Graham O. H., Ernest S. E. 1967. Evaluation of insecticides for the control of *B. annulatus* (Say) and *B. microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae) on cattle. *II International Congress on Acarology*. Pp. 493-498.
 - 19) Estrada-Peña J., García Z., Fragoso S.H. 2006. The distribution and ecological preferences of *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) in Mexico. *Exp. Appl. Acarol.* **38**:307-316.
 - 20) FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. Acaricide resistance in the cattle-ticks *Boophilus microplus* and *B. decoloratus*: Review of resistance data; standardization of resistance tests and recommendation for integrated parasite control to delay resistance. *Report to the animal health services, AGAH, FAO and CSIRO Tropical Agriculture, QLD, Australia*. p. 1-28.
 - 21) FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999. Resistance of ecto- and endo-parasite: current and future solution, 67th General session. International Comité. OIE. Paris, France. pp. 17-21.
 - 22) FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003 Resistencia a los Antiparasitarios: Estado Actual con Énfasis en América Latina. Roma. P.51
 - 23) FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Estado actual de la Resistencia de *Boophilus microplus* en América Latina y el Caribe. Perspectivas de aplicación del control integrado. ISBN 92-5-304967-7, ISSN 1014-1200 <http://www.fao.org/docrep/006/y4813s/y4813s03.htm#TopOfPage>
 - 24) Farías N A. 1999. Situación de la resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* en la región sur de Río Grande del Sur de Brasil. *Memorias de IV Seminario Internacional de Parasitología Animal*. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pp. 25-30.
 - 25) Fragoso S. H., Soberanes C. N. 2001. Control de la resistencia a los ixodícidias a la luz de los conocimientos actuales. XXV Congreso Nacional de Buiatría, 16 al 18 de Agosto 2001 Veracruz, Ver., México Asociación Mexicana de Médicos especialistas en Bovinos, A.C. Pp. 40-48

- 26)Fragoso S. H., Martínez I. F. 2005. Control de garrapatas *Boophilus* y resistencia a los acaricidas. Segundo Simposium sobre Enfermedades que afectan a los Bovinos en el Sistema Vaca /Becerro Nuevo León México. Pp. 66 -71
- 27)Fragoso S. H., Ortiz N. A., Neri O. S. 2006. Prevalencia de lecherías con *Boophilus microplus* resistentes a piretroides y factores de riesgo asociados a su presencia en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia *Téc. Pecu. Méx.* **44**:155-167
- 28)Furlong J. 1999. Diagnóstico de la susceptibilidad de la garrapata del ganado *Boophilus microplus* a los acaricidas en el estado de Minas Gerais, Brasil. *Memorias de IV Seminario Internacional de Parasitología Animal*. Puerto Vallarta, Jalisco. México. Pp. 41-46.
- 29)George J.E. 2000. Present and future technologies for tick control. *Annals N Y Acad Sci.* **916**:583-588.
- 30)George J.E. 2008. The effects of global change on the threat of exotic arthropods and arthropodborne pathogens to livestock in the United States. *Annals N. Y. Acad. Sci.***1149**:249-254.
- 31)George J.E., Davey R.B., Pound J.M. 2002. Introduced ticks and tick-borne diseases: the threat and approaches to eradication. *Vet. Clin. N. A: F. A. Prac.* **18**:401-416.
- 32)Gomes A., Hooper M. R., Schenk M. A. M., Curvo J. M. E. 1989. Populations of the cattle tick (*Boophilus microplus*) on purebred Nellore, Ibaga and Nellore x European crossbreds in the Brazilian savanna. *Trop Anim Health Prod* **21**:21-24.
- 33)González S. J. R. 2007. Importancia de las garrapatas *Boophilus* en la exportación de ganado. In Simposium Internacional: Garrapatas, Babesiosis y Anaplasmosis. Cd. Victoria, Tamaulipas. México. pp.30-34.
- 34)Graf J.F., Gogolewski R., Leach-Bing N., Sabatini G.A., Molento M.B., Bordin E.L., Arantes G.J. 2004. Tick control: An industry point of view. *Parasitol.* **129**:427- 442.
- 35)Hagen S. J. A., Kopp A. 1999. Estudios de resistencia a acaricidas en la garrapata bovina *Boophilus microplus* en América Central. *Memorias de IV Seminario Internacional de Parasitología Animal*. Puerto Vallarta, Jalisco. México. pp. 33-35
- 36)Horst S., Seifert H. 1998. Sanidad Animal en los trópicos. Ed Hemisferio Sur. Buenos Aires Pp. 77-134
- 37)INAFED. 2010. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios de México. [Consultado el 10 de septiembre del 2010]
- 38)INEGI. 2010. México; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Información por entidad. División municipal de Veracruz. http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=30. [Consultado el 26 de diciembre del 2011]

- 39) INEGI(2011) <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=30> [consultado el 26/02/2011]
- 40) Junquera P. 2009 Parásitos del ganado www.parasitosdelganado.net
- 41) Jonsson N. N. 2006. Control of cattle ticks (*Boophilus microplus*) on Queensland dairy farms. *Aust Vet J.* **75**:802-807.
- 42) Kemp D. H., Thulner Gale K. R., Nari A., Sabatini G. A. 1998. Acaricide resistance in the cattle ticks *Boophilus microplus* and *Boophilus decoloratus*. *Report to the Animal Health Services*. FAO. Pp. 1-32.
- 43) Kunz S. E., Kemp D. H. 1994. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. *Rev. Sci. Tech.* OIE **13**:1249-1286.
- 44) Lee D., Park Y., Brown M.T., Adams E.M. 1999. Altered properties of neuronal sodium channels associated with genetic resistance to pyrethroids. *Mol Pharmacol.* **55**:581-593.
- 45) Li A. Y. 2004. Status of Resistance to Acaricide in Mexico Strains of the Southern Cattle Tick *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) *Resistant Pest Management Newsletter.* **13**, (2): 7-12.
- 46) Lima W.S., Ribeiro M.F., Guimaraes M.P. 2000. Seasonal variation of *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) in cattle in Minas Gerais State, Brazil. *Trop. Anim. Hlth Prod.* **32**:375-380.
- 47) Miller R.J., Davey R.B., White W.H., George J.E. 2007. A comparison of three bioassay techniques to determine amitraz susceptibility in *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* **44**:283-294.
- 48) Nari A., Hansen H.J. 1999. Resistencia de los ecto y endoparásitos: soluciones actuales y futuras. En: 67ª sesión general. Organización Internacional de Epizootias. Del 17 al 21 de mayo. Paris, Francia Pp.205-236
- 49) Nolan J. 1981. Current developments on resistance to amidine and pyrethroid tickicides in Australia In: Whitehead GB and Gibson JD (eds). Univ. Rhodes-Grahamstown, South Africa. *Tick biology and control.* Pp. 109-114
- 50) Ortiz E. M., Santamaría V. M., Ortiz N. A., Soberanes C. N., Osorio M. J., Franco B. R., Martínez I. F., Quezada D. R., Frago S. H. 1995. Caracterización de la resistencia de *Boophilus microplus* a ixodidas en México. *Memorias de IV Seminario Internacional de Parasitología Animal, Resistencia y Control en Garrapatas y Moscas de Importancia Veterinaria.* Acapulco, Guerrero, México. Pp. 58-66.
- 51) Quiroz R. H. 2005. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Editorial Limusa. México, DF. p. 760-800.
- 52) Regassa A., De Castro, J. J. 1993. Tick resistance to acaricides in Western Ethiopia. *Trop Anim Hlth Prod* **25**: 69-74.
- 53) Rivera V. G. H. 2008. Potenciales factores de riesgo asociados con la resistencia de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) spp* a ixodidas en

- ranchos ganaderos del municipio de Jesús Carranza, Veracruz. Tesis de licenciatura Universidad Veracruzana. Octubre, 2008
- 54)Rodríguez V. M., Mellor M. L., Guerra A. A., Barrios P. H., Salazar R. I., Rodríguez L. A. 1999. Situación de la resistencia de las garrapatas a los acaricidas en Cuba. Uso de la lucha integrada como estrategia. *Memorias de IV Seminario Internacional de Parasitología Animal*. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pp. 57-63.
 - 55)Rodríguez V. R. I., Rosado A. A., Basto E. G., García V. Z.S., Rosario C. R., Fragoso S. H. 2006a. Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. UADY-CONACYT-INIFAP. *Pub. Téc.* **4**:4-20.
 - 56)Rodríguez V. R. I., Rodríguez A. F., Alonso D. M., Fragoso S. H., Santamaría V., Rosario C. M. 2006b. Prevalence and potential risk factors for amitraz resistance in *Boophilus microplus* ticks in cattle farms in the State of Yucatan, Mexico. *Prev. Vet. Méd.*, **75**:280-286.
 - 57)Rodríguez V.R.I., Rosado A.A., Borges A.R., Méndez M. 2007. Métodos alternativos de control de las garrapatas en el ganado bovino. Fundación Produce Yucatán, A.C. *Boletín técnico*.**4**:1-11.
 - 58)Rodríguez V.R.I. 2005a. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas en el sureste de México. SAGARPA. *Folleto Técnico* **1**:11-19.
 - 59)Rodríguez V. R.I. 2005b. Técnicas diagnósticas en Parasitología Veterinaria. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. 2da. Ed. Mérida, Yucatán., México. Pp. 125-139.
 - 60)Román Ramírez, A. 2009. Potenciales factores de riesgo asociados con la resistencia de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) spp* a ixodicidas en ranchos ganaderos del municipio de Ángel R. Cabada, Veracruz. . Tesis de licenciatura Universidad Veracruzana. Abril, 2009
 - 61)Rosado A. J. A., Rodriguez V. R. I., García V. Z., Fragoso S. H., Ortiz N. A., Rosario C. R. 2008. Development of amitraz resistance in field populations of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) undergoing typical amitraz exposure in the Mexican tropics. *Vet Parasitol.* **152**:349-353.
 - 62)Rosario C. R., Guerrero F.D., Miller R.J., Rodríguez V. R.I., Tijerina M., Domínguez G. D. I, Hernández O. R., Cornel A. J., McAbee R.D., Alonso D. M. 2009. Molecular survey of pyrethroid resistance mechanisms in Mexican field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, *Parasitol Res.*, **105**:1145-1153.
 - 63)SAGARPA (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994, Campaña nacional contra la garrapata *Boophilus spp*. México: SAGARPA. 12p.
 - 64)SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2000. MANUAL DE OPERACIÓN PARA LA CAMPAÑA NACIONAL CONTRA LA GARRAPATA *Boophilus spp*. Anexo 6. http://www.sagarpa.gob.mx/v1/ganaderia/progan/manual_PROGAN_4d.pdf f [consultado el 15 febrero 2010]

- 65) Santamaría V.M. 1992. Determinación de las dosis discriminantes a tres piretroides sintéticos en la cepa *Boophilus microplus* susceptible CENAPA. II Congreso Nacional de Parasitología. Del 2 al 4 de abril. Veracruz, Ver. México. p. 38.
- 66) Shaw R. D. 1966. Culture of an organophosphorus resistant strain of *B. microplus* and an assessment of its resistance spectrum. *Bull Entomol. Res.* **56**, 389-405.
- 67) Soberanes C.N., Santamaria V. M. 2002. Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. *Tec. Pecu. Méx.* **40**:81-92
- 68) Soberanes C. N. 2007. Situación actual y Perspectivas de la Campaña Nacional Contra la Garrapata. 15va. Reunión Anual CONASA. Unidad de Congresos del Centro Médico Siglo XXI, México, México. 17-19 septiembre de 2007.
- 69) Stone B. F., Haydock J. 1962. The genetics of resistance by ticks to acaricidas. *Aust Vet J* **48**:345-350.
- 70) Strydom T., Peter D. 1999. Acaricidas y resistencia en *Boophilus* spp en Sudáfrica. *Memorias del IV Seminario Internacional de Parasitología Animal*. Puerto Vallarta, Jalisco. México. Pp. 35-40.
- 71) Thrusfield., M., Ortega, C., de Blas, I., Noordhuizen, J.P., Frankena, K., 2001. Win Episcope 2.0: improved epidemiological software for veterinary medicine. *Vet. Rec.* **148**, 567-572.
- 72) Thrusfield. M., Ortega C., de Blas I., Noordhuizen J.P., Frankena K. 2001. Win Episcope 2.0: improved epidemiological software for veterinary medicine. *Vet. Rec.* **148**, 567-572.
- 73) Thrusfield M. 2005. *Epidemiología Veterinaria*. Edit. Acribia. Zaragoza, España. Pp.177-190.
- 74) Toma B., Dufour B., Sanaa M., Benet J.J., Moutou F., Ellis P. 1999. *Applied Veterinary Epidemiology and the Control of Disease in Populations*. English edition from AEEMA 1996. First French edition, 94704 Maisons - Afort, France. Pp. 146-159; 383-400.
- 75) Vega M. C. 1991. Actualidad e importancia de las enfermedades del ganado causadas por hemoparásitos. *Memorias del II Seminario internacional de Parasitología animal, Garrapatas y enfermedades que transmiten*. Morelos, México SARH-UNAM-UAME-IICA-INIFAP. Pp. 144-150.
- 76) Villar C. C. 2007. Aspectos prácticos para el manejo de la resistencia genética a los productos químicos usados como plaguicidas del ganado bovino. Colombia p. 6
- 77) Villar C. C. H. 2006. Los cruzamientos genéticos una alternativa para el control de la garrapata común del ganado *Boophilus microplus* en Sudamérica. Villavicencio, Meta, Colombia. p. 4

ANEXOS

ANEXO A**“ENCUESTA PARA DETERMINAR LOS POSIBLES FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENTACIÓN DE UP CON GARRAPATAS RESISTENTES A AMIDINAS EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ”.****Fecha:****Clave:****I. Datos generales**

Municipio _____ Nombre del Rancho _____

Propietario _____

II. Uso y manejo de ixodicidas

Para el control de garrapatas ¿cuenta con asesoría? Si _____ No _____

¿Quién lo asesora? _____

¿Qué ixodicida utiliza? _____

¿Cuál es el principio activo?

- a) Organoclorado
- b) Organofosforado
- c) Piretroide
- d) Amidinas
- e) Ivermectina

¿Cuánto tiempo lleva usando este producto? _____

¿Qué dosis utiliza? _____ Frecuencia del tratamiento _____

¿Cuál es el criterio que utiliza para bañar?

- a) Rutina
- b) Presencia de garrapatas

¿Cuál es el tipo de aplicación?

- a) Inmersión
- b) Aspersión
- c) Pour on
- d) Parenteral

Si baña por inmersión:

¿Cambia el baño? _____

¿Cada cuánto tiempo cambia el baño? _____

¿Qué dosis usa para el baño? _____

¿Mide el pH? _____

¿Recarga el baño? Si _____ No _____

¿Cada cuánto tiempo recarga el baño? _____

¿Qué dosis de producto utiliza para la recarga? _____

¿Mide el pH? _____

¿Revuelve el baño antes de pasar a los animales? _____

¿Cuánto tiempo después de revolver el baño pasa a los animales? _____

Si baña por aspersion:

¿De cuántos litros es la bomba de aspersion? _____

¿Cuántos litros de producto usa por bomba? _____

¿Cuántos animales baña por cada bomba? _____

¿Cómo baña a los animales? _____

Si usa pour on:

¿Qué producto utiliza?

¿Qué cantidad aplica?

¿Cada cuando lo usa?

Si usa parenteral:

¿Qué producto utiliza?

¿Qué cantidad aplica?

¿Cada cuando lo usa?

Durante los dos últimos años, ¿ha realizado rotación de productos?

a) Si _____

b) No _____

¿Con qué productos ha realizado la rotación? _____

¿Cuál fue la decisión para cambiar de producto? _____

ANEXO B

Cuadro 11. Variables analizadas para conocer los factores de riesgo

Variables	Respuesta	Ranchos (%)	Resistentes (%)	Suceptibles (%)
Asesoría	Si	23	22	1
	No	77	70	7
Tiempo de uso del ixodicida	1 -6 meses	51	43	6
	6-12 meses	20	20	0
	1-3 años	7	6	1
	3-6 años	22	21	1
Dosis	Indicada	29	29	0
	otra	71	60	11
Frecuencia del tratamiento	8 días	17	17	0
	15 días	73	64	11
	21 días	9	8	1
	Mes	1	1	0
Criterio para bañar	Rutina	20	20	0
	Presencia de garrapatas	80	70	10
Tipo de aplicación	Aspersión	98	91	7
	Inmersión	2	2	0
De cuantos litros es la bomba de aspersión	15 litros	14	13	1
	20 litros	74	65	9
	más	1	1	0
Cuantos litros de producto usa por bomba	Lo indicado	22	22	0
	otro	78	69	9

Cuantos animales baña por bomba	4-6 animales	42	42	0
	Más de 6	58	44	14
Durante los 2 últimos años ha realizado rotación de productos	Si	84	75	9
	no	16	16	0
Con que productos ha realizado la rotación	Organoclorados	0	0	0
	Organofosforado	1	1	0
	Piretroides	10	10	0
	Amidinas	89	80	9
Movilización de ganado fuera del hato	Si	100	92	8
	No	0	0	0