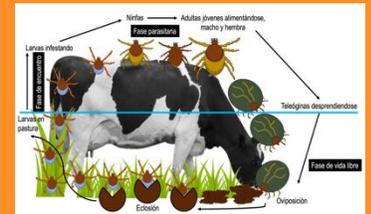




Rhipicephalus microplus: *biología, control y resistencia*

Dr. Miguel Ángel Alonso Díaz
Dr. Agustín Fernández Salas



2022



CEIEGT

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión
en Ganadería Tropical

Autoría

Dr. Miguel Ángel Alonso Díaz

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Maestro en Producción Animal y Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Profesor Titular C adscrito al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Áreas de especialización: Epidemiología y Control de las enfermedades parasitarias en rumiantes domésticos.

Dr. Agustín Fernández Salas

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Maestro en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Doctorado en Ciencias de la Producción, UNAM. Profesor Asociado B adscrito al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Áreas de especialización: Clínica y cirugía de bovinos, Métodos alternativos para el control de parásitos de importancia veterinaria, e Identificación de la resistencia de ectoparásitos a los químicos usados para su control.

Edición

Dra. Rosa Elena Riaño Marín

Técnica Académica Titular C adscrita al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical FMVZ UNAM.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
I. COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE <i>Rhipicephalus microplus</i>	2
¡De <i>Boophilus microplus</i> a <i>Rhipicephalus microplus</i>!	2
Ciclo biológico de <i>Rhipicephalus microplus</i>	4
a) Fase de vida libre	5
b) Fase de encuentro	6
c) Fase de vida parasitaria	6
Zonas de fijación de <i>Rhipicephalus microplus</i> en el bovino	7
Dinámica poblacional de <i>Rhipicephalus microplus</i> en México	9
Enfermedades transmitidas por <i>Rhipicephalus microplus</i>	10
Babesiosis bovina	10
Anaplasmosis bovina	11
Diferencias biológicas de <i>Rhipicephalus microplus</i> con otras garrapatas	13
II. CONTROL DE <i>Rhipicephalus microplus</i>	14
Métodos de control químico	15
Buenas prácticas en el uso de los acaricidas	17
III. RESISTENCIA DE <i>R. microplus</i> A LOS ACARICIDAS	18
Mecanismos de resistencia de las garrapatas	20
Multi-resistencia de las garrapatas	23
Factores que influyen en la presentación de la resistencia	23
1) Forma de aplicación de los acaricidas	23
2) Número de aplicaciones por año	24
3) Densidad de la población animal	25
Formas de retrasar la aparición de resistencia	25
Diagnóstico de resistencia	26

IV. METODOS NO QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE <i>Rhipicephalus</i>	28
<i>microplus</i>	
1) Vacunas recombinantes	28
2) Uso de razas resistentes	29
3) Hongos entomopatógenos	30
4) Extractos de plantas	32
5) Manejo de potreros	33
6) Depredadores naturales, bacterias y nematodos	33
7) Manejo integral de garrapatas	34
CONCLUSIONES	36
Literatura consultada	38
Anexo 1	39

INTRODUCCIÓN

La producción de bovinos es una de las principales actividades que se desarrollan en gran parte del territorio mexicano; económicamente hablando, significa el sustento de muchas familias, quienes manejan a los animales en diferentes sistemas productivos. La principal forma de alimentación de estos animales es el pastoreo; sin embargo, esta característica provoca que los bovinos tengan una estrecha relación con organismos capaces de causarles enfermedades. En estos, resaltan las garrapatas las cuales están consideradas como los principales parásitos que afectan la rentabilidad de las unidades productivas ganaderas en las regiones tropicales, subtropicales y templadas de México.

Rhipicephalus (Boophilus) microplus es la garrapata más importante en nuestro país debido a las pérdidas económicas directas que ocasiona, así como al potencial de transmitir enfermedades como anaplasmosis y piroplasmosis. Su control es complejo debido a que las condiciones ambientales tropicales propician ciclos biológicos exitosos, y por la capacidad que han desarrollado para resistir la aplicación de acaricidas químicos comerciales. Por ello, con la finalidad de diseñar estrategias adecuadas y oportunas para salvaguardar el bienestar y salud de los bovinos y mejorar la rentabilidad ganadera, es importante conocer las particularidades biológicas de las garrapatas, así como las metodologías disponibles para su control.

El objetivo de este manual es compartir aspectos teóricos importantes así como herramientas prácticas evaluadas para el control de *Rhipicephalus microplus*. Este consta de cuatro secciones; en la primera se presenta el comportamiento biológico de *R. microplus*, se describe su ciclo, zonas de fijación, dinámica poblacional, enfermedades que transmite y diferencias biológicas con otras garrapatas; en la segunda, se indican métodos de control químico y las buenas prácticas para el uso de acaricidas; en la tercera, se aborda la resistencia de *R. microplus* a los acaricidas; y en la última sección, se describen los métodos no químicos para el control de *Rhipicephalus microplus*.

I. COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE *Rhipicephalus microplus*

¡De *Boophilus microplus* a *Rhipicephalus microplus*!

Durante muchos años la garrapata común del ganado estuvo clasificada dentro del género *Boophilus*; sin embargo, debido a los avances en investigaciones genómicas, se aceptó que *Boophilus* fuera incluido como subgénero de *Rhipicephalus*, ya que las evidencias moleculares indicaban una estrecha cercanía filogenética entre ambos géneros. En este manual se utilizará *Rhipicephalus (R) microplus* para referirse a esta garrapata; no obstante, se puede encontrar literatura donde se continúe utilizando el género como *Boophilus*.

En México se han identificado 82 especies de garrapatas, tanto en animales domésticos como silvestres; de estas especies, las de mayor importancia económica y sanitaria para la ganadería bovina son *Rhipicephalus (R) microplus*, *Rhipicephalus annulatus* y *Amblyomma mixtum*.

R. microplus tiene una amplia distribución en México encontrándose en 53 % del territorio, principalmente a lo largo de la costa del Golfo de México, Península de Yucatán y la costa del Océano Pacífico (Figura 1), mientras que *Rhipicephalus annulatus* se localiza principalmente en el norte del país, y *Amblyomma mixtum* coexiste con *R. microplus* en zonas tropicales y subtropicales.

Rhipicephalus microplus es el ectoparásito que más afecta a la ganadería bovina debido a las elevadas pérdidas económicas que causa debido a:

- a) daños directos: pérdidas de sangre, inoculación de toxinas, daño a las pieles y gastos para su control,
- b) daños indirectos: transmisión de patógenos tales como *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* y *Anaplasma marginale*.

En conjunto estos daños afectan negativamente la producción de leche y carne, así como tiene efectos indeseables sobre la reproducción, por ejemplo mayor intervalo entre partos y disminución de los índices de fertilidad.

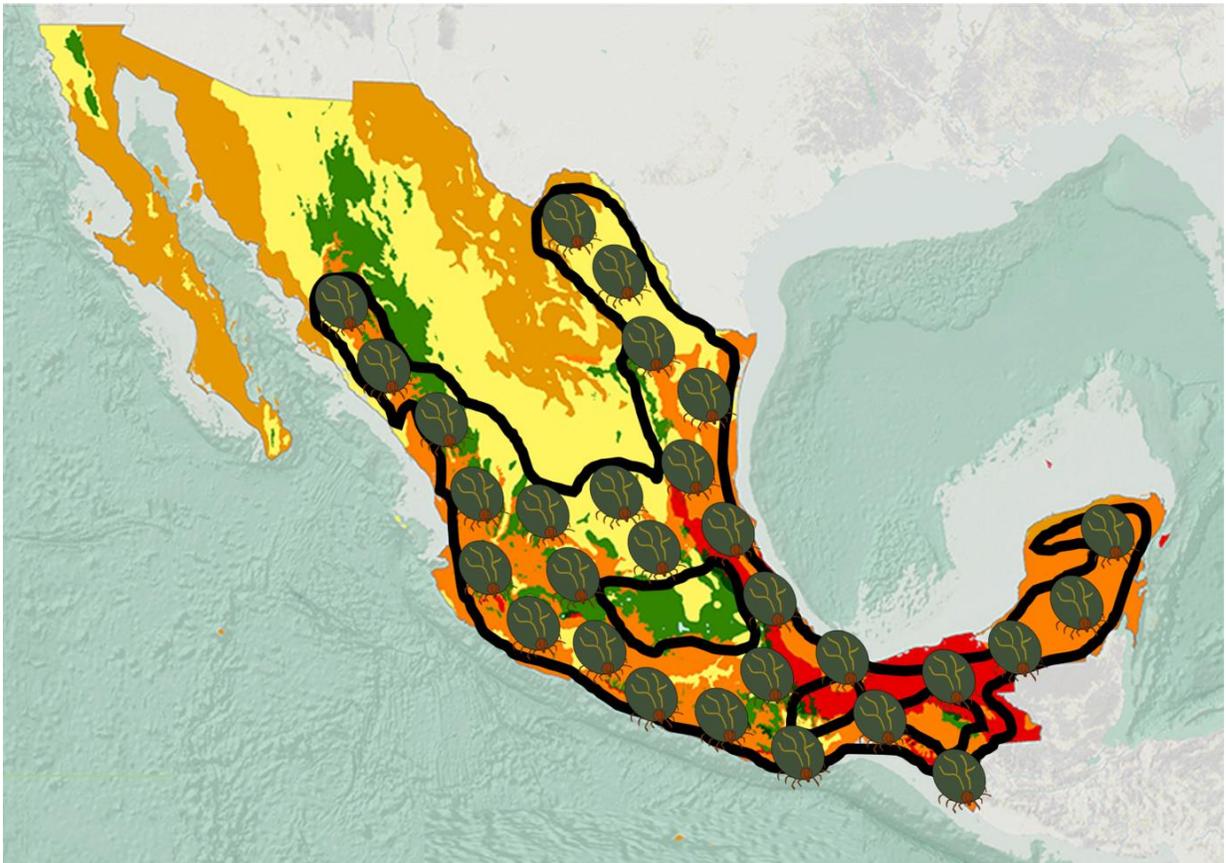


Figura 1. Distribución de *Rhipicephalus microplus* en México
Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021.

Ciclo biológico de *Rhipicephalus microplus*

“Las condiciones ambientales influyen directamente en la duración de cada etapa del ciclo biológico de *Rhipicephalus microplus*.”

El ciclo biológico de *Rhipicephalus microplus* es directo porque se desarrolla en un solo hospedero y parasita principalmente a bovinos, aunque puede parasitar a otras especies domésticas como caballos, perros, animales silvestres (venados) e incluso al humano. En la Figura 2 se muestra su ciclo biológico, el cual se describe brevemente a continuación:

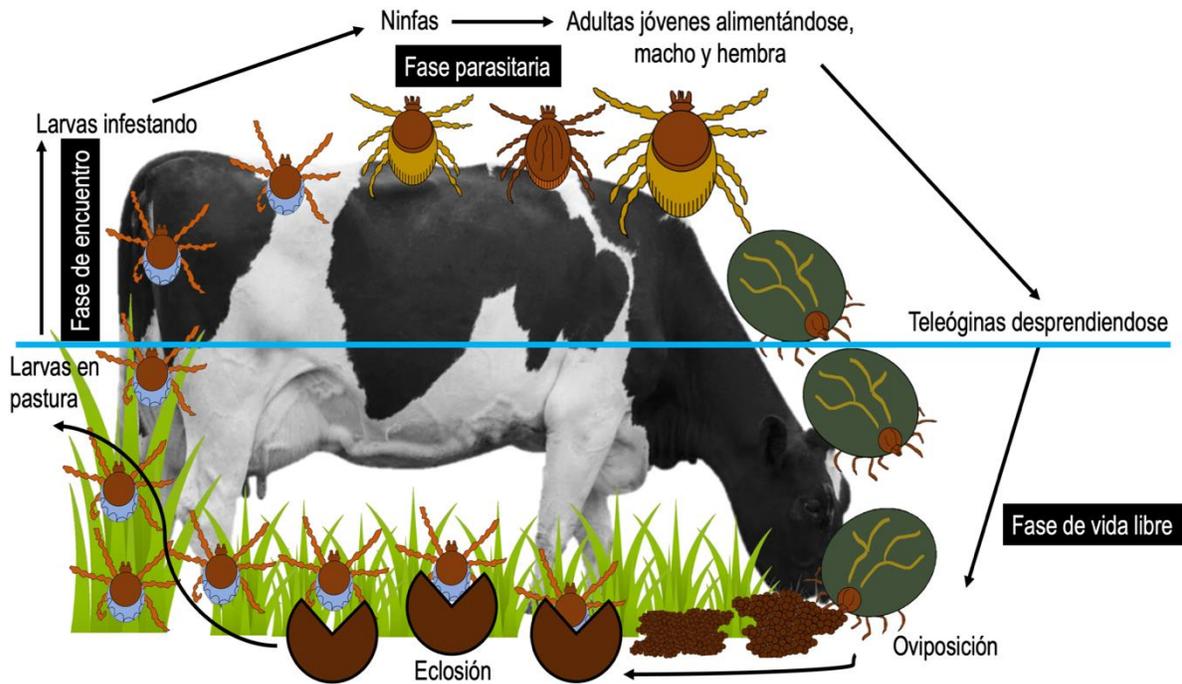


Figura 2. Ciclo biológico de la garrapata *Rhipicephalus microplus*. Modificado de Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021.

1) Fase de vida libre

La fase de vida libre, también conocida como fase no parasitaria, inicia con el desprendimiento de la garrapata repleta después de alimentarse del bovino, lo que generalmente sucede en la noche, y termina con la aparición de las larvas en los pastos. Durante esta fase suceden cinco etapas del desarrollo de la garrapata:

Pre-oviposición

Después del derribe la garrapata busca lugares húmedos, cálidos y protegidos de los rayos solares para depositar sus huevos. La etapa, en condiciones favorables de humedad (80-90 %) y temperatura (28-30 °C) dura de 2 a 4 días, pero durante los meses de clima frío puede durar hasta 97 días.

Oviposición

Comprende el tiempo en que la garrapata inicia la postura del primer huevo hasta el último. Esta etapa dura de 4 a 60 días dependiendo de las condiciones ambientales como radiación solar, temperatura, o humedad; sin embargo, en invierno puede durar el doble de tiempo que en el verano. El promedio de huevos puestos fluctúa de 1500 a 5000, con una media de 3000 huevos ovipositados por garrapata.

Post-oviposición

Comprende el tiempo entre la oviposición del último huevo y la muerte de la garrapata, la cual puede ocurrir después de 2 a 15 días.

Incubación

Esta etapa inicia con el fin de la oviposición y termina con la eclosión larvaria; factores ambientales influyen directamente sobre la evolución del embrión, pudiendo provocar retardo de desarrollo o causar su muerte.

Eclosión

Etapa en que las larvas emergen del huevo lo que sucede entre los 14 a 60 días; el porcentaje de eclosión puede superar 80 % en condiciones de temperatura y humedad favorables.

2) Fase de encuentro

Las larvas eclosionan con la viabilidad necesaria para resistir los efectos del ambiente entre 5-14 días; después suben a las plantas para ubicarse en la cara sombreada de las hojas y esperar la llegada del bovino. Los animales son detectados mediante quimiorreceptores los que, entre otras funciones, pueden percibir el bióxido de carbono emitido por el bovino. Al percibir su presencia, las larvas aumentan su actividad y adoptan una posición particular al sostenerse en sus dos patas posteriores y extender el par anterior para adherirse.

Estas larvas de vida libre pueden llegar a sobrevivir varios días, los cuales varían de acuerdo a las condiciones ambientales. Desde el punto de vista epidemiológico esta información es importante, principalmente cuando se busca realizar un control basado en una combinación de diferentes métodos, ya que estos se deben aplicar basados en el ciclo biológico de la garrapata y sus variantes con relación al clima.

3) Fase de vida parasitaria

La tercera fase inicia cuando la larva se sube y se fija a la piel del bovino y termina cuando la garrapata se desprende del mismo para ovipositar; esta fase dura entre 21 a 25 días.

En el bovino la larva se alimenta de líquidos tisulares durante las primeras 24 horas hasta llenarse, en ese momento se inicia la primera muda denominada meta-larva; posteriormente, se desarrolla una ninfa que se alimenta de sangre hasta llenarse para

realizar una segunda muda denominada meta-ninfa y después dar origen a machos y hembras adultas jóvenes.

Las hembras emiten feromonas que atraen al macho para llevar a cabo el apareamiento; después de éste, las hembras se alimentan de sangre hasta llenarse, se desprenden del bovino para iniciar un nuevo ciclo. El macho no se repleta de sangre, sino que come y se aparea, para después comer y buscar una nueva hembra para la reproducción, esto en forma sucesiva hasta su muerte.

Zonas de fijación de garrapatas en el bovino

Rhipicephalus microplus tiene zonas preferidas en el cuerpo del bovino para fijarse a la piel y alimentarse; estos lugares son generalmente los más frescos, con piel más delgada y donde llegan menos los rayos solares. Las zonas de fijación más frecuentes son: la región entre la ubre o testículos y el ano, testículos, área interna de las piernas y brazos, el vientre, en la base de la cola, el cuello y en la base o dentro de las orejas. La Figura 3 indica las principales zonas de fijación.

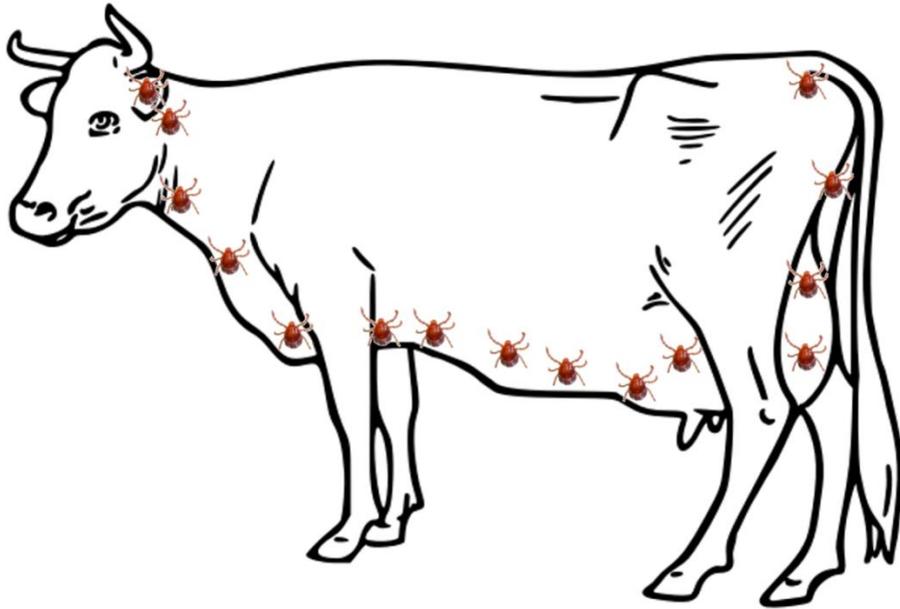


Figura 3. Zonas de fijación de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en el bovino. Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021.

A nivel de campo, la aplicación de los acaricidas por aspersión en forma grupal es una práctica no recomendada para el uso de los productos químicos; esto ocurre cuando en el corral de manejo se aglomera un determinado número de animales y se asperja el producto en las zonas dorsales.



Figura 4. Baño de aspersión contra garrapatas a un grupo de bovinos
Foto: Agustín Fernández Salas.

En la Figura 4 se muestra la forma inadecuada de baño por aspersión, lo que hace poco probable que el producto químico entre en contacto con las garrapatas localizadas en las zonas ventrales; esto puede ser un factor de riesgo para el desarrollo de la resistencia. Para que el baño sea efectivo, se debe poner especial atención en que las zonas de fijación, indicadas en la Figura 3, para que queden perfectamente asperjadas con el producto utilizado.

Dinámica poblacional de *Rhipicephalus microplus* en México

Rhipicephalus microplus se presenta con diferente intensidad a lo largo del año, y dependiendo de las condiciones climatológicas, su presencia varía entre las diferentes regiones ecológicas de México. No obstante, en casos como el estado de Veracruz, se reportan infestaciones por garrapatas durante todo el año siendo que entre junio a octubre se presentan las mayores cargas parasitarias; en los meses restantes, las infestaciones por *R. microplus* disminuyen, y se presenta un efecto de sustitución por la garrapata *A. mixtum*.

Para optimizar el uso de productos químicos garrapaticidas en las diversas regiones del país, es necesario conocer la dinámica poblacional de las garrapatas. En términos generales, se indica que la aplicación de acaricidas químicos debe realizarse cuando las infestaciones sean mayores de 20 garrapatas, esto debido a que se conoce que arriba de este número los animales ya son afectados significativamente.

De manera tradicional, el uso de productos químicos se ha implementado en las unidades de producción bovina (UPB) bajo una estrategia de erradicación, más no de control. Las y los productores deben saber que pocas garrapatas (menos de 20) pueden no causar daños importantes en el ganado. Si no se considera esto, se pueden aplicar numerosos baños o tratamientos garrapaticidas innecesarios, los cuales conllevarán a problemas de resistencia o la ruptura del equilibrio enzootico con otras enfermedades como la babesiosis y la anaplasmosis bovina.

En varios estados del país, donde las condiciones climatológicas son apropiadas para el desarrollo de *R. microplus*, tales como Veracruz, Yucatán y Campeche, se han reportado hasta cuatro generaciones de esta garrapata por año. En el Cuadro 1 se presentan las

variaciones de las diferentes etapas de desarrollo de *R. microplus* y *Amblyomma mixtum* a lo largo del año.

Cuadro 1. Dinámica poblacional cíclica de *Rhipicephalus microplus* y *Amblyomma*.

	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO		
<i>Amblyomma</i>	Abundancia de pinolillos en potreros y animales			Marcada presencia de tostonas (ninfas)			Altas infestaciones por conchudas (adultas jóvenes)			Época de maduración de huevecillos en suelo		
<i>Rhipicephalus</i>	Mejoran las condiciones ambientales Aumento paulatino de la cantidad de garrapatas			Después de las lluvias se presenta un nuevo brote en el número de garrapatas			Condiciones óptimas: incremento rápido de garrapatas	Condiciones adversas: disminuye el número de garrapatas en animales		Pinolillos y huevecillos sobrevivientes esperan condiciones favorables para su desarrollo		
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb

Enfermedades transmitidas por *Rhipicephalus microplus*

Rhipicephalus microplus es un transmisor de enfermedades infecciosas que provocan severas pérdidas económicas a la industria ganadera debido a la muerte de los animales o por la aplicación de tratamientos médicos. En México, las principales enfermedades que *R. microplus* transmite son la babesiosis y la anaplasmosis bovina *.

Babesiosis bovina

La enfermedad, también conocida comúnmente como fiebre de los bovinos, es causada por protozoarios intra-eritrocíticos del género *babesia* que son transmitidos a través de la saliva de *R. microplus* al momento de alimentarse; estos protozoarios pueden ser transmitidos por todas las fases parasitarias de *R. microplus* (larvas, ninfas y adultas). Esta enfermedad es considerada una zoonosis porque puede transmitirse al hombre.

Las principales especies de babesia en México son *Babesia bovis* y *B. bigemina*. La Figura 5 muestra una *Babesia bigemina* dentro de un eritrocito de ganado vacuno.



Figura 5. *Babesia bigemina* en eritrocitos de un bovino

Foto: microbewiki.kenyon.edu.

Anaplasmosis bovina

Esta enfermedad es causada por la rickettsia *Anaplasma spp.* Se transmite a los bovinos mediante la saliva cuando la garrapata se alimenta de sangre.

Rhipicephalus microplus es un vector importante de esta enfermedad, aunque puede ser transmitida también por mosquitos, tábanos y moscas y, en algunos casos, accidentalmente por el hombre mediante instrumental contaminado. En México, la principal especie causante de esta enfermedad es *Anaplasma marginale*.

* Para más información sobre estas enfermedades consultar la literatura recomendada al final del documento.

Para determinar si un bovino es portador crónico o tiene defensas (inmunidad) contra babesiosis y anaplasmosis bovina, se utilizan técnicas para detectar los anticuerpos específicos en la sangre como inmunofluorescencia indirecta, aglutinación en placa o la prueba de ELISA.

La única evidencia sólida para confirmar el diagnóstico clínico es la observación de *Babesia* o *Anaplasma* en los glóbulos rojos del bovino enfermo o muerto, como se muestra en las Figuras 5 y 6.

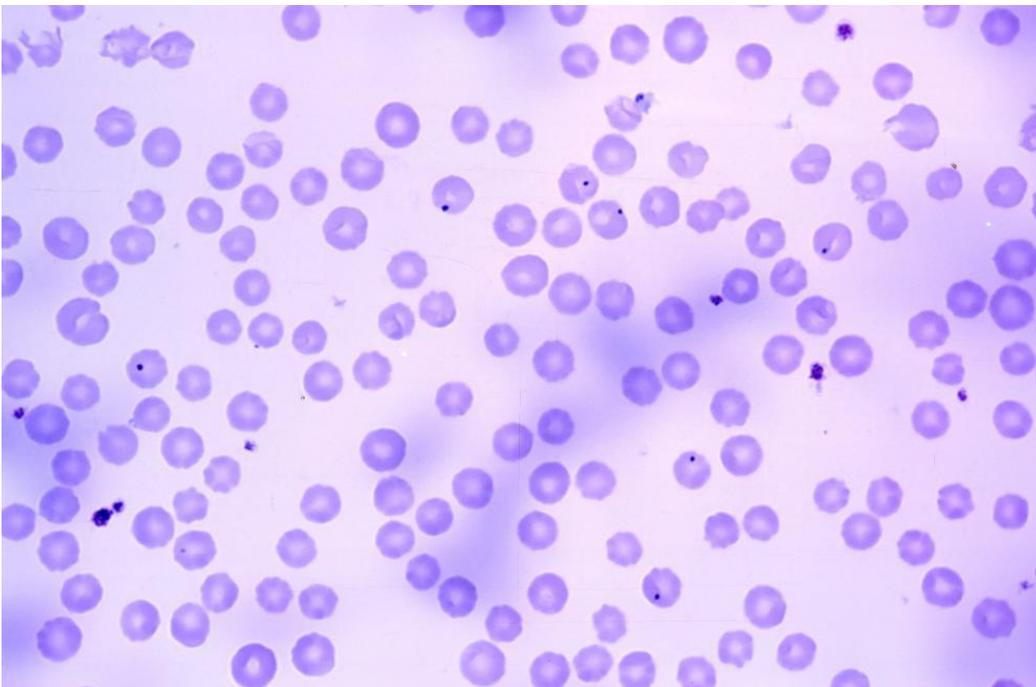


Figura 6. *Anaplasma marginale* en eritrocitos de un bovino
Tomado de MSD-Veterinary Manual.

Los signos clínicos de la babesiosis y la anaplasmosis bovina pueden ser similares a otras enfermedades; por lo tanto, es común que se confundan con otras enfermedades tales como hemoglobinuria bacilar, leptospirosis, botulismo, rabia, carbunco, leucosis, intoxicaciones o fasciolosis, entre otras.

Diferencias biológicas de *Rhipicephalus microplus* con otras garrapatas

De gran importancia para establecer un programa de control mediante tratamientos acaricidas es conocer las diferencias biológicas entre *R. microplus* con otras garrapatas existentes, particularmente con *Amblyomma mixtum*; este conocimiento es clave porque cada garrapata presenta características propias en su ciclo biológico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diferencias de *Rhipicephalus microplus* con otras garrapatas en México.

Garrapata	Distribución	Hospedero principal	Ciclo biológico	Mayor presencia en el año
<i>R. microplus</i>	Golfo de México, Península de Yucatán y costa del Pacífico.	Bovinos	Directo De un hospedador	Marzo-octubre
<i>A. mixtum</i>	La misma que <i>R. microplus</i>	Equinos	Indirecto De tres hospedadores	Ninfas en época seca y adultas en época de lluvias
<i>R. annulatus</i>	Norte del país	Bovinos	Indirecto	En verano

En campo, es común confundir la eficacia de algunos acaricidas químicos, ya que los porcentajes de control pueden estar estrechamente relacionados con las diferencias biológicas entre géneros de garrapatas. Por ejemplo, cuando se aplica un baño acaricida para el control de *R. microplus* es posible que a los 7 o 10 días post-tratamiento se observen garrapatas llenas de sangre, pero esto no implica que exista resistencia acaricida, sino que las infestaciones pueden ser *A. mixtum*. Así, es probable que los animales estén infestándose con esta garrapata, la cual, en cuanto se acaba el efecto del acaricida (que normalmente 5-6 días post-aplicación), tiene la capacidad de subirse al animal y llenarse de sangre entre 24-48 horas. En la Figura 7 se presenta el ciclo biológico de *Amblyomma mixtum* donde se observan las fases infectantes.

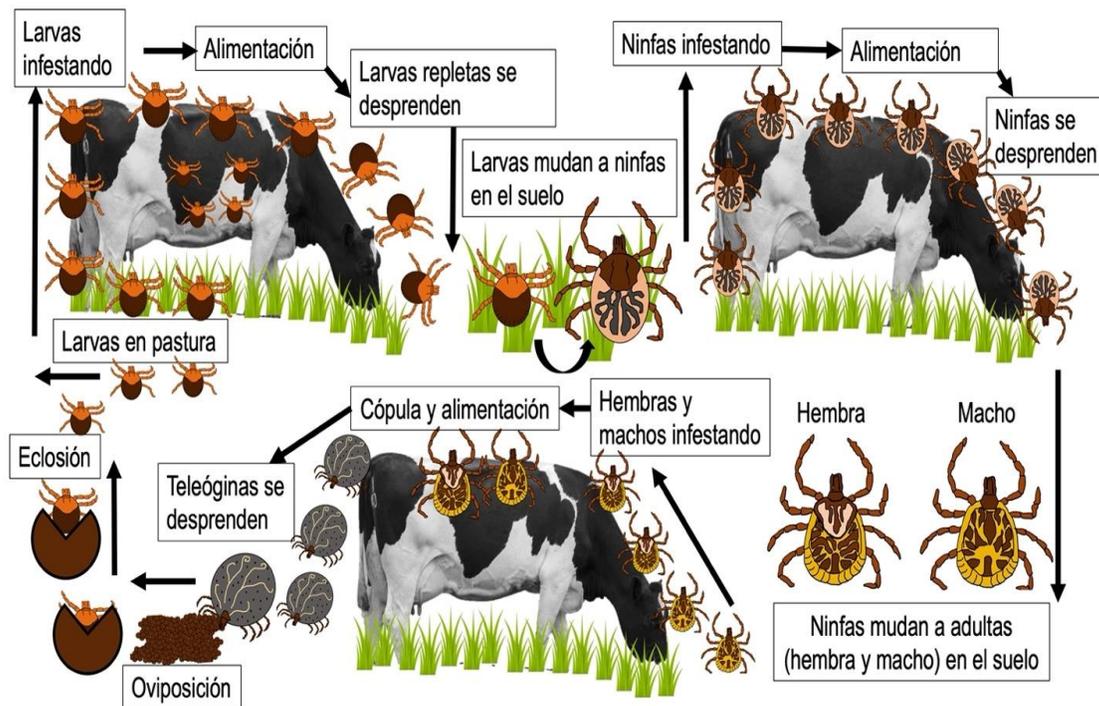


Figura 7. Ciclo biológico de *Amblyomma mixtum*.
(Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021).

II. CONTROL DE *Rhipicephalus microplus*

En las unidades de producción bovina es necesario controlar las poblaciones de *Rhipicephalus microplus* debido a los efectos negativos previamente indicados que generan. Para reducir los daños, durante las últimas décadas, el principal método de control se ha basado en el uso de acaricidas químicos aplicados por diversas vías; sin embargo, en años recientes, se ha observado la pérdida de eficacia de los acaricidas químicos debido a la presencia de poblaciones de garrapatas resistentes.

La anterior situación ha motivado la búsqueda y generación de nuevas moléculas químicas, lo cual ha sido difícil por los altos costos económicos que conlleva su investigación. A la fecha, se han evaluado otras alternativas al control químico como el uso de hongos entomopatógenos, vacunas, plantas bioactivas, o bien, estrategias de pastoreo las cuales pueden ser utilizadas bajo un esquema de manejo integral de garrapatas, combinando o alternando diversos métodos.

Métodos de control químico

Los acaricidas químicos de las familias de los organofosforados, piretroides, amidinas, lactonas macrocíclicas, fenilpirazolonas e inhibidores del crecimiento son los productos que más se han utilizado para controlar las garrapatas en bovinos. Todos ellos han tenido una participación decisiva en el control de estos ectoparásitos, coadyuvando a alcanzar una producción animal más rentable.

No obstante, a pesar de los beneficios del uso de acaricidas químicos para el control de garrapatas, actualmente son consideradas desventajas importantes la presencia de garrapatas resistentes a las principales familias químicas así como la contaminación por residuos químicos del ambiente o alimentos de origen animal.

En el Cuadro 3 se describen los aspectos y características más importantes de los principales acaricidas utilizados para el control de *R. microplus* en México. Y, en el Anexo 1 se presentan listas de productos comerciales disponibles para el control de garrapatas indicando familia, nombre comercial, principio activo, forma de aplicación y laboratorio.

Cuadro 3. Principales acaricidas utilizados para el control de *R. microplus* en México.*

Familia química	Moléculas químicas	Mecanismo de acción	Parásitos afectados	Observaciones
Órgano-fosforados	Coumafos Clorpirifos Diazinon Carbaryl	Actúan sobre el sistema nervioso central (SNC) alterando la transmisión neuromuscular y produciendo toxicidad.	Garrapatas y moscas	Altamente tóxico para animales, insectos benéficos y personas.
Piretroides	Cipermetrina Deltametrina Flumetrina	Actúan sobre el SNC bloqueando la transmisión del impulso nervioso, inhibiendo la alimentación.	Garrapatas y moscas	Altamente tóxico para organismos acuáticos.
Amidinas	Amitraz	Actúa sobre el SNC de las garrapatas sobre el receptor de la octopamina e inhibe las oxidasas monoaminas.	Garrapatas	No tiene efectividad contra moscas.
Lactonas macrocíclicas	Ivermectina Moxidectina Doramectina Milbemicina	Actúan sobre el SNC provocando hiperpolarización y muerte por parálisis flácida.	Garrapatas, parásitos gastrointestinales y moscas	Aplicación oral, subcutánea, intramuscular o tópica. De acción prolongada.
Fenilpirazolonas	Fipronil	Actúa sobre el SNC a nivel de los canales de cloro provocando muerte por hiperexcitación.	Garrapatas y moscas	Afecta hormigas, termitas y plagas agrícolas. De costo elevado.
Inhibidores del desarrollo	Fluazuron	Inhibe síntesis de quitina no permite el desarrollo del parásito.	Garrapatas	Efecto a mediano plazo.

*Al final se proporciona un anexo con un listado de productos disponibles autorizados para el control de garrapatas en México.

Buenas prácticas en el uso de los acaricidas

En las unidades de producción bovina, el mal uso de los acaricidas es uno de los principales factores relacionados a la presencia de resistencia, por lo tanto, y con la finalidad de prolongar la vida útil de un acaricida, es necesario que se desarrollen buenas prácticas de su uso dentro de un programa de control de garrapatas.

El desarrollo de resistencia por las garrapatas a los productos químicos puede presentarse rápidamente, dependiendo del uso del acaricida, lo cual ocasiona pérdidas económicas elevadas, además de aumentar el problema del impacto en el ambiente y en los alimentos de origen animal. Por ello, con la finalidad de retrasar la presentación de resistencia, se recomiendan acciones para el buen uso de los acaricidas en el control de *R. microplus*:

- 1) Utilizar productos autorizados para su uso en bovinos.
- 2) Identificar el género de garrapatas (con asesoramiento de un MVZ).
- 3) Usar las dosis recomendadas por el fabricante.
- 4) Bañar máximo 5 animales adultos y 8 animales jóvenes por cada bomba manual de 20 litros.
- 5) Evitar mezclar productos de diferentes familias.
- 6) No aplicar el producto rutinariamente, aplicar solo en presencia de garrapatas (más de 20 garrapatas por animal).
- 7) Cambiar de familia química anualmente (con asesoramiento de un MVZ).
- 8) No atacar a todas las plagas con el mismo producto (ejem. moscas y garrapatas); se sugiere utilizar un producto específico para cada una.
- 9) Adquirir el producto por los beneficios que generarán, no por el precio más bajo.
- 10) Realizar cada 6 meses o periódicamente diagnósticos de resistencia en garrapatas.

III. RESISTENCIA DE *Rhipicephalus microplus* A LOS ACARICIDAS

La resistencia se define como la presencia e incremento significativo de un porcentaje de garrapatas de una población que sobrevive después de exponerse a dosis estándar de algún acaricida; en condiciones normales, las dosis serían letales para la mayoría de los individuos de dicha población.

Desde la década de 1980 a la fecha, en México se ha identificado resistencia a varios productos químicos utilizados para el control de *Rhipicephalus microplus* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cronología de aparición de primeros casos de resistencia en México.

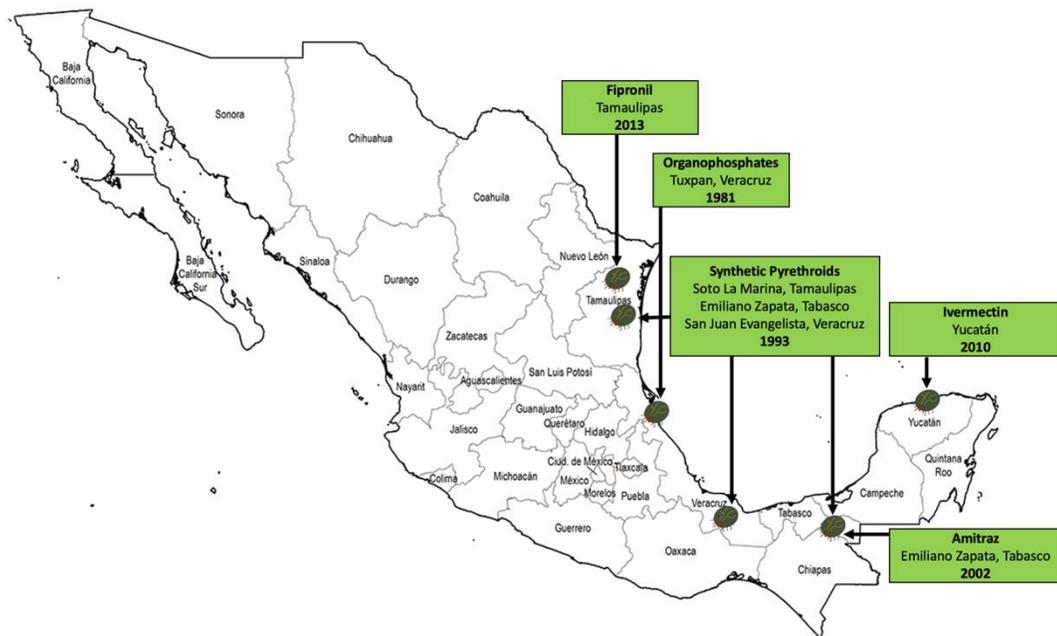
Resistencia	Año de reporte	Lugar	Referencias
Organoclorados y organofosforados	1981	Este y noreste de México	Aguirre y Santamaría, 1986
Piretroides sintéticos	1993	Zona del Golfo de México	Ortíz y col., 1995
Amitraz	2002	Tabasco	Soberanes y col., 2002
Fipronil	2013	Norte de México	Miller y col., 2013
Ivermectina	2010	Yucatán	Perez-Cogollo y col., 2010

Las principales pérdidas económicas debido a la resistencia de *Rhipicephalus microplus* a los acaricidas se deben a:

- ✓ Frecuente aplicación de químicos para controlar poblaciones resistentes.
- ✓ Pérdidas de producción causadas por la pérdida de sangre por altas infestaciones.
- ✓ Bloqueo de venta de animales con carácter de exportación.

Además, la resistencia a los acaricidas aumenta la presencia de enfermedades causadas por los hemoparásitos *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* y por la rickettsia *Anaplasma marginale*; esto porque al aumentar el número de garrapatas por animal incrementan las probabilidades de su transmisión. Además, el tratamiento de estas enfermedades resulta oneroso por el alto costo de los medicamentos y frecuentemente termina con la muerte de los animales.

Figura 8. Reportes de resistencia de *Rhipicephalus microplus* a los acaricidas en México. Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021.



Actualmente, en prácticamente todo el país, se han reportado poblaciones de *R. microplus* resistentes a organofosforados, piretroides y amidinas (Figura 8). Aunado a que se han diagnosticado poblaciones de garrapatas multi-resistentes a estos mismos productos, así como a las lactonas macrocíclicas. Esta resistencia ha provocado que cada vez existan menos opciones químicas para el control de garrapatas multi-resistentes.

Una estrategia para el control de garrapatas es aplicar medidas epidemiológicas de prevención tales como evitar el transporte de ganado infestado entre unidades de producción bovina, buscar métodos alternativos como el manejo de potreros, uso de razas resistentes, utilización de vacunas, e implementación de control biológico. También, se recomienda realizar pruebas de laboratorio para detectar poblaciones de garrapatas resistentes, y con base en los resultados, utilizar aquellos acaricidas que sean eficaces bajo un esquema de buenas prácticas de uso.

Mecanismos de resistencia de las garrapatas

Los mecanismos mediante los cuales la garrapata *Rhipicephalus microplus* puede tolerar la aplicación de acaricidas químicos son principalmente cuatro:

- 1) detoxificación metabólica
- 2) modificación del sitio de acción de las moléculas químicas
- 3) disminución de la absorción del acaricida
- 4) mecanismos conductuales en la garrapata.

1) Detoxificación metabólica

La resistencia por detoxificación metabólica es causada por la actividad elevada de algunas enzimas como oxidasas, esterasas, glutatión-s-transferasas y las carboxilesterasas (Figura 9). Estas enzimas tienen la capacidad de degradar y/o secuestrar a las moléculas de los acaricidas dependiendo del sistema enzimático o familia de químicos involucrados.

2) Modificación del sitio de acción

La modificación del sitio de acción se debe a la alteración del lugar donde las moléculas químicas actúan, de tal forma que no se completa la unión del químico con sus receptores dentro del organismo del parásito (Figura 10).

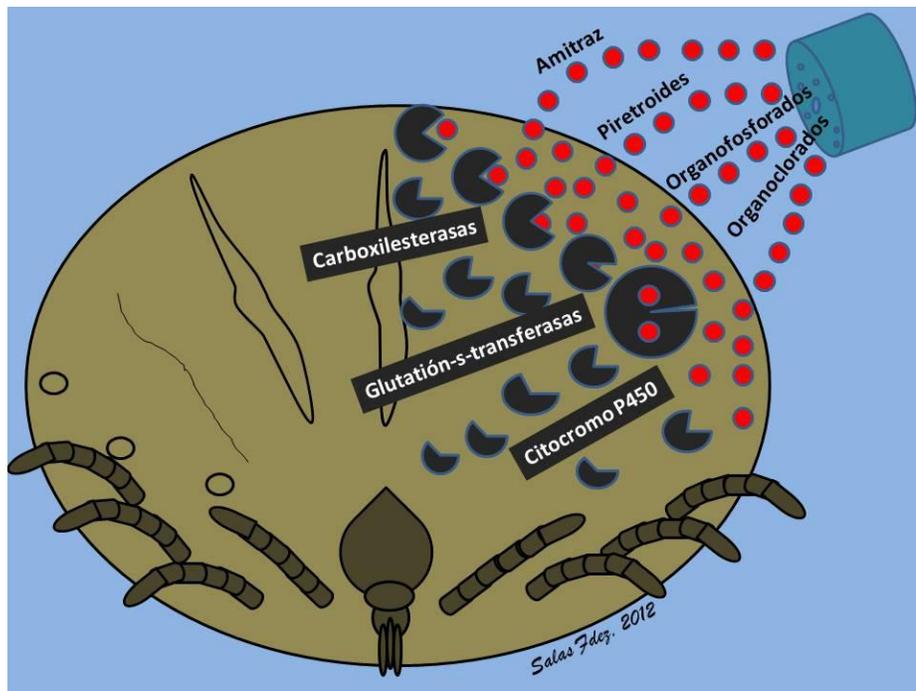


Figura 9. Resistencia a los acaricidas en garrapatas por detoxificación metabólica.
 Imagen: Agustín Fernández Salas.

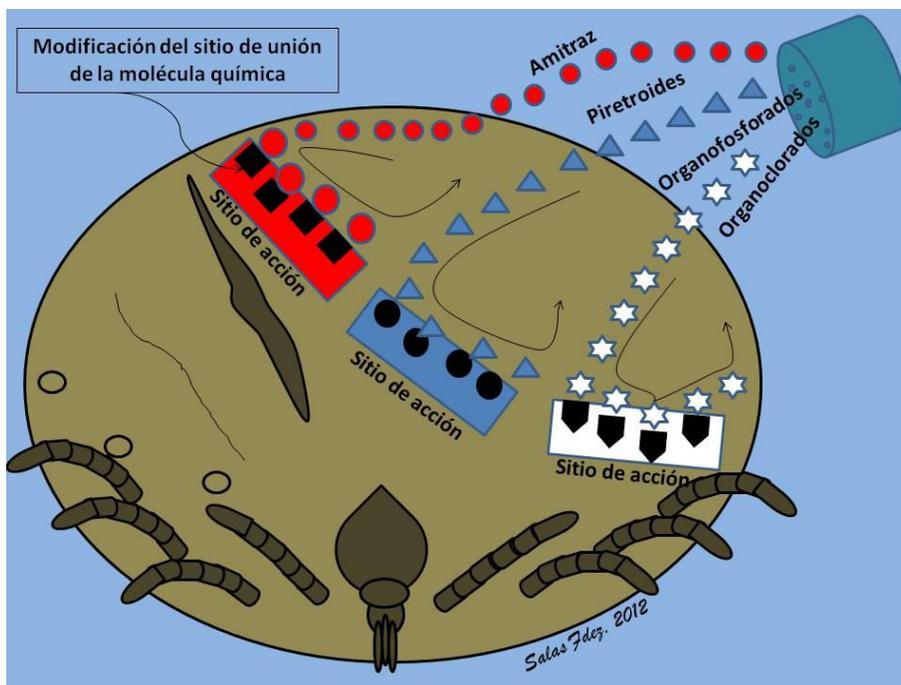


Figura 10. Resistencia a los acaricidas en garrapatas por modificación del sitio de acción.
 Imagen: Agustín Fernández Salas.

3) Disminución de la absorción

La disminución de la absorción se debe al desarrollo de barreras en la cutícula externa de *Rhipicephalus microplus* contra los acaricidas químicos (Figura 11).

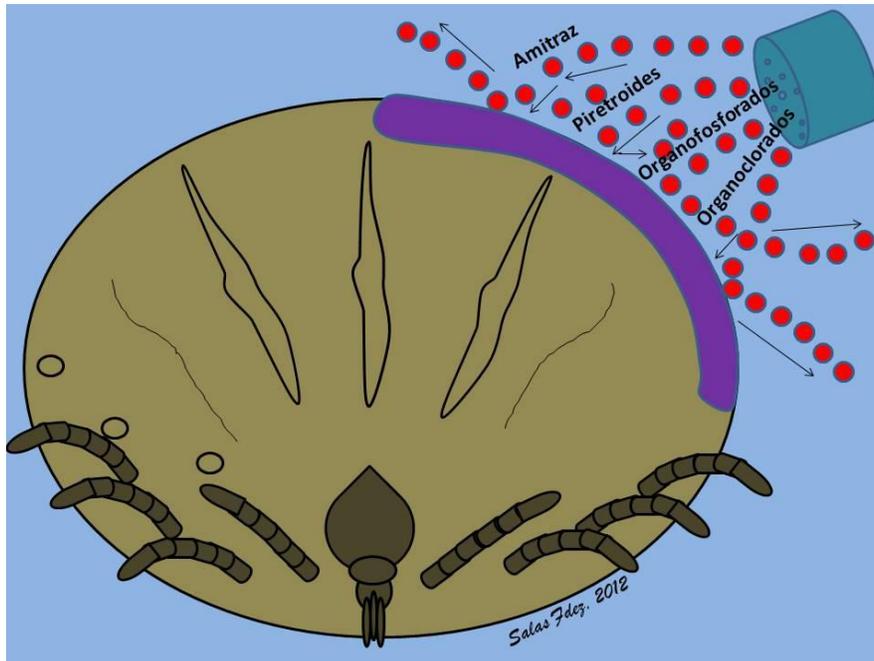


Figura 11. Resistencia a acaricidas en garrapatas por disminución de absorción de moléculas químicas.

(Imagen: Agustín Fernández Salas.

4) Resistencia por conducta

La resistencia por conducta es cuando las garrapatas tienen la capacidad de evadir el contacto con el químico, sobre todo cuando no se aplica la cantidad adecuada del acaricida.

Multi-resistencia de las garrapatas

El fenómeno de la multi-resistencia se define como la capacidad de las poblaciones de garrapatas de tolerar la aplicación de diferentes familias de acaricidas; estas poblaciones de garrapatas utilizan los diversos mecanismos de sobrevivencia previamente mencionados. Por ello, es fácil deducir que las pérdidas económicas aumentan considerablemente cuando se presentan este tipo de poblaciones.

En México se han reportado poblaciones de garrapatas con comportamientos atípicos de multi-resistencia. Por ejemplo, en el estado de Veracruz se reportaron diversas poblaciones resistentes a PS y al amitraz, y una población con capacidad de tolerar los OF, PS, Am e ivermectina; también, se han reportado poblaciones multi-resistentes en los estados de Tamaulipas, Tabasco, Coahuila, Yucatán y Campeche.

Factores que influyen en la presentación de la resistencia

La aparición de la resistencia de las garrapatas a los químicos varía entre regiones y depende principalmente de la ecología local de las garrapatas como tipos de garrapatas, condiciones ambientales, cantidad y tipo de hospedadores potenciales, así como del manejo de los productos químicos; sin embargo, se han mencionado tres factores principales con el desarrollo de garrapatas *Rhipicephalus microplus* resistentes:

1) Forma de aplicación de los acaricidas

La forma de aplicación de los acaricidas es un factor que puede predisponer a la aparición de individuos resistentes en una población de garrapatas. Las principales formas de aplicación son a través de la aspersión, inmersión y derrame dorsal, resaltando la primera, la cual se utiliza en la mayoría de las unidades de producción bovina.

Expertos en el tema indican que la aplicación por aspersión manual puede promover el desarrollo de poblaciones de garrapatas resistentes, ya que aumenta la posibilidad de

hacerlo incorrectamente; mientras que en el caso de la aplicación por inmersión, se ha señalado que ayudaría a retrasar la aparición de estas poblaciones.

Ello se debe a que la aspersión del garrapaticida puede ser insuficiente para cubrir todo el cuerpo de los animales (Figura 12a), sobre todo si no se tienen instalaciones adecuadas para esta finalidad (Figura 12b). Es importante resaltar que, cuando se traten los animales por aspersión, éstos se deben mojar por completo cubriendo todas las partes del animal, sobre todo aquellas zonas en donde las garrapatas tienen preferencia para adherirse tal cómo se indicó en la Figura 3.



Figura 12. Baño de aspersión del acaricida: (a) aplicación individual, (b) aplicación grupal. Imagen: Agustín Fernández Salas.

2) Número de aplicaciones por año

Está demostrado que un número elevado de tratamientos acaricidas por año favorece el desarrollo de resistencia de las garrapatas. En México se ha documentado que la aplicación de piretroides más de seis veces al año es un factor que influye en la presentación de resistencia a estos químicos. También, se ha reportado que la aplicación de ivermectina, cuatro o más veces al año, favorece la aparición de poblaciones de *R. microplus* resistentes a esta molécula. Por lo ello, se debe poner especial atención en la frecuencia de uso de un mismo acaricida.

Una de las principales herramientas para evitar que este factor influya en la presentación de resistencia en garrapatas, es la rotación de los acaricidas. La recomendación es cambiar de familia química, cuidando no solo sea el nombre comercial, cada 6 meses o a intervalos de por lo menos un año (consultar Figura 6).

Otra recomendación es utilizar estratégicamente las mismas moléculas de acuerdo a la dinámica poblacional del ectoparásito, es decir, solo aplicar el producto cuando hayan infestaciones que afecten a los animales (más de 20 garrapatas) o desparasitar solo a los animales con garrapatas (desparasitación selectiva).

3) Densidad de la población animal

Un factor que aumenta las posibilidades de desarrollar garrapatas resistentes es un hato mayor a 50 animales porque a mayor población animal, mayor disponibilidad de hospedadores para que las garrapatas desarrollen exitosamente su ciclo biológico. Sin embargo, esto no implica no aumentar la población animal de las unidades de producción, sino que acorde a la población animal existente en el hato se deben mejorar las prácticas de control de *Rhipicephalus microplus*.

Formas de retrasar la aparición de resistencia

Existen varias formas para retrasar la aparición de garrapatas resistentes en las unidades productivas ganaderas. A continuación de enlistan las principales recomendaciones:

1. Conocer la disponibilidad y forma de acción de los acaricidas químicos.
2. Realizar evaluaciones de resistencia en garrapatas por lo menos una vez al año.
3. Conocer la dinámica poblacional del parásito, es decir, saber cómo se comporta en el año.
4. Determinar adecuadamente que tipo de garrapata está presente en la unidad de producción.

Con esta información se pueden elaborar mapas de distribución de la resistencia en garrapatas, logrando con ello restringir el movimiento de ganado de zonas con alta presencia de resistencia a zonas con menos resistencia, o a zonas donde la resistencia aún no ha sido identificada o diagnosticada. Dicha información puede también ser útil para diseñar una estrategia de control integrado de plagas, mediante el uso combinado de varias herramientas de control.

Diagnóstico de resistencia

Actualmente existen diversas técnicas de laboratorio para diagnosticar la resistencia de las garrapatas *Rhipicephalus microplus*. Primeramente, se requiere coleccionar alrededor de 30 garrapatas hembras adultas repletas de sangre, de al menos 10 animales, las cuales se envían a un laboratorio autorizado; se puede trabajar con garrapatas adultas, las cuales se exponen al químico y se evalúa el número de muertas. Por otro lado, las adultas pueden incubarse para obtener una masa de huevos que ovipositan y, posteriormente, se obtendrán las larvas. En el caso de larvas, los resultados se obtienen a los 45 días, y en el caso de adultas se requieren 14 días (Figura 13).

En el laboratorio, las pruebas utilizadas para determinar la resistencia son:

- a) Prueba del paquete de larvas para evaluar OF, PS y fipronil,
- b) Prueba de inmersión de larvas para evaluar amidinas y lactonas macrocíclicas,
- c) Prueba de inmersión de adultas para evaluar todos los productos químicos mencionados (excepto fipronil).



Figura 13. Técnicas de laboratorio para evaluación de resistencia de *Rhipicephalus microplus* a acaricidas.

Imagen: Agustín Fernández Salas.

Otro método para evaluar la resistencia de *R. microplus* a los acaricidas es a nivel de campo donde se realiza la aplicación de acaricidas en bovinos infestados con garrapatas, y posteriormente se evalúa el grado de infestaciones que se presentan en los días subsecuentes. Para una correcta evaluación a nivel de campo, es importante considerar:

- a) Cuál es el poder residual de los acaricidas, para con ello determinar el tiempo de la evaluación.
- b) Conocer el ciclo biológico de las garrapatas para no confundir resistencia con las fases de infestación de las garrapatas de ciclo indirecto [de tres hospederos como *Amblyomma*].
- c) Identificar los factores ambientales que pueden influir en la eficacia de los productos; por ejemplo la lluvia, la cual afecta el tiempo de eficacia acaricida.

IV. MÉTODOS NO QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE *Rhipicephalus microplus*

Dada la aparición de resistencia de *R. microplus* a las diferentes familias químicas de acaricidas, aunado al problema de metabolitos químicos secundarios en el ambiente y en alimentos de origen animal, para controlar las garrapatas se han evaluado diversos métodos alternativos a los químicos. A continuación se describen las principales características de siete métodos alternativos para el control no químico de *R. microplus*.

1) Vacunas recombinantes



Las vacunas son sustancias fabricadas a partir de microorganismos patógenos o parte de ellos que al ser administradas al organismo producen defensas biológicas en contra de ellos mismos. En la actualidad, las vacunas contra garrapatas disponibles son de tipo recombinantes, que fueron desarrolladas y comercializadas a inicios de la década de 1990, las cuales inducen una protección inmunológica en el ganado contra

infestaciones de la garrapata *R. microplus*.

En México las primeras vacunas comerciales fueron la Gavac® y TickGard® pero a la fecha ya no se comercializan. En años recientes en el país se tiene disponible la vacuna Bovimune Ixovac®, la cual contiene el antígeno Bm86 obtenido del intestino de *R. microplus*. Su aplicación en los bovinos provoca el desarrollo de anticuerpos contra los antígenos o proteínas estructurales de las células del intestino de las garrapatas, así cuando las garrapatas se alimentan de sangre bovina, también ingieren los anticuerpos que ayudan a destruir las células digestivas intestinales. Algunas garrapatas mueren sobre el hospedador mientras que otras mueren en el suelo durante la oviposición; en consecuencia, se reduce el número de garrapatas hembras repletas (adultas), su peso y su capacidad reproductiva.



Algunos estudios en campo, utilizando vacunas en combinación con tratamientos químicos, han demostrado buenos resultados en el control de garrapatas. Con un adecuado protocolo se ha disminuido el número de tratamientos con acaricidas químicos a cuatro veces por año. Otras ventajas fueron la disminución del costo por tratamientos, reducción en la contaminación ambiental, y la prevención de la aparición de garrapatas

resistentes a los químicos.

Al utilizar vacunas se recomienda atender las siguientes consideraciones:

- 1) El efecto de las vacunas no es inmediato, ya que la población de garrapatas disminuye a través del tiempo.
- 2) Se requiere de un protocolo riguroso de aplicaciones.
- 3) Se debe cuidar su mantenimiento, aplicación y almacenaje, ya que cualquier mal manejo impacta su efectividad.

2) Uso de razas resistentes



Desde hace muchos años se conoce que el ganado *Bos indicus* (cebú) y las garrapatas co-evolucionaron; por lo tanto estos bovinos, en comparación al ganado *Bos taurus* (europeo), desarrollaron una resistencia natural a las infestaciones de garrapatas. Ello debido tanto a sus características fenotípicas de pelaje,

grosor de piel, o de conducta, como a su capacidad de desarrollar una respuesta inmune más eficiente, después de una primera infestación.

Por lo anterior, introducir razas cebuinas y sus cruzas en las unidades de producción bovina es una alternativa altamente efectiva para el control de garrapatas (Cuadro 5); sin embargo, este método requiere un proceso lento de selección con atención cuidadosa por parte del ganadero así como una evaluación productiva de los animales que se van a utilizar.

Cuadro 5. Porcentajes de sobrevivencia de *R. microplus* en bovinos de diferentes razas y cruzas, en diferentes épocas del año.

Raza	Primavera %	Otoño %
Cebú	1 - 2	4 al 6
Cruza (Cebú/europeo)	2 - 6	5 al 11
Europeo	10 - 20	25 al 40

Cardozo y Franchi, 1995.

3) Hongos entomopatógenos



En los últimos años, los hongos entomopatógenos (HE) han emergido como una de las alternativas más prometedoras para controlar las infestaciones por garrapatas. Entre los principales HE están *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* los cuales pueden tener una eficacia del 95 % sobre huevos, 100 % sobre larvas, 80-95 % sobre ninfas y 78-80 % sobre adultos de *R. microplus*.

Estos hongos son capaces de infectar diversos estadios de desarrollo de garrapatas sin causar efectos colaterales en los animales ni en el medio ambiente. Sin embargo, algunos estudios en campo han reportado inconsistencias en los resultados debido a que la actividad acaricida de algunos hongos entomopatógenos puede ser sensible al estrés medioambiental causado por la temperatura y los rayos UV. Por otro lado, en otros estudios recientes los hongos entomopatógenos han aumentado su eficacia al utilizar protectores, cepas de hongos adaptadas a las diferentes condiciones climatológicas del país y bajo aplicaciones estratégicas. La forma de infección y muerte de los hongos sobre *Rhipicephalus microplus* se divide en seis etapas:

- 1) Reconocimiento
- 2) Adhesión
- 3) Germinación
- 4) Penetración
- 5) Invasión y colonización
- 6) Muerte de la garrapata y emergencia sobre la cutícula.

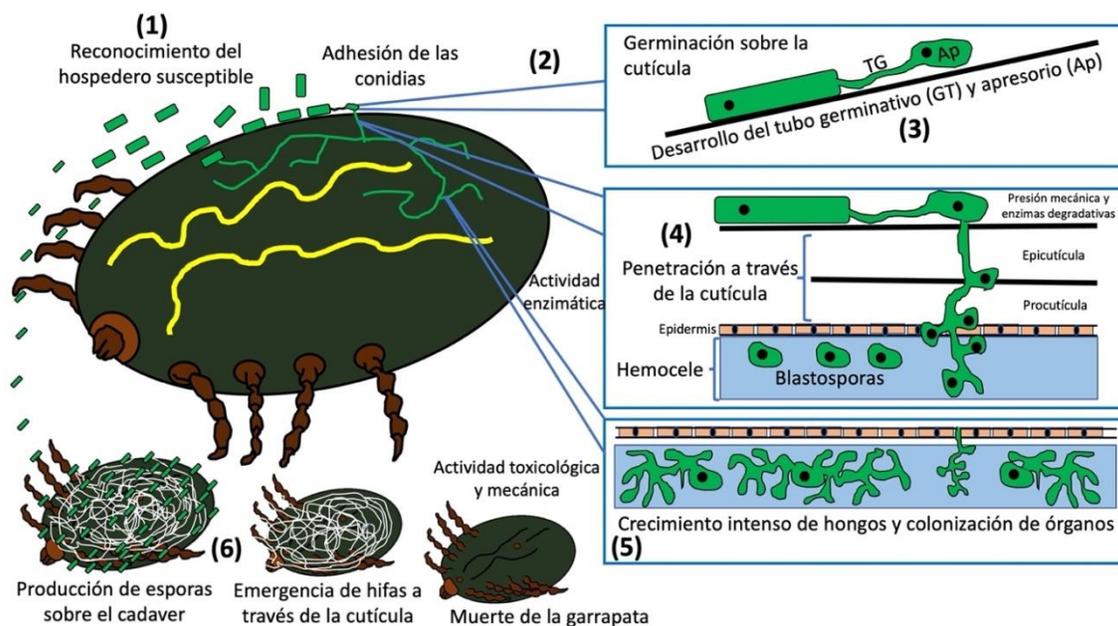


Figura 14. Formas de infección y muerte de los hongos sobre *R. microplus*.

Imagen: Agustín Fernández Salas.

4) Extractos de plantas



En las últimas tres décadas, los extractos de plantas han sido utilizados en el control de insectos pesticida-resistentes. Similarmente, estudios de laboratorio han reportado una alta eficacia en contra de garrapatas adultas, larvas, sobre la oviposición, y la eclosión de garrapatas.

Dentro de las plantas que han sido evaluadas para el control de garrapatas se encuentran *Leucaena leucocephala* (guaje), *Piscidia piscipula* (jabín), *Azadirachta indica* (neem), *Copaifera reticulata* (copaiba), *Hypericum polyanthemum* (hiperico), *Piper aduncum* (cordoncillo blanco) y *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), entre las más importantes. Por su lado, otras gramíneas y leguminosas han demostrado tener una buena acción repelente en los potreros tales como *Brachiaria brizantha* (insurgentes), *Melinis minutiflora* (pasto gordura) y *Stylosanthes* spp (stylo).

Los resultados en laboratorio de los extractos o plantas completas sobre las fases de desarrollo de *Rhipicephalus microplus*, o como repelentes, resaltan su potencial como biopesticidas y como una alternativa ambientalmente sustentable y económica. Sin embargo, en condiciones de campo aún es necesario determinar el efecto ixodicida de los extractos, porque los resultados podrían no extrapolarse directamente a condiciones *in vivo*, ya que en laboratorio el ambiente es completamente controlado.

5) Manejo de potreros

Este método de control involucra actividades como la rotación de potreros, cuyo principio es modificar o manipular el hábitat. El manejo de potreros afecta adversamente la dinámica poblacional de las garrapatas por el efecto que se produce sobre el micro y el mesoclima. El valor de este método radica en ser completamente ecológico mientras que su mayor impacto es sobre la fase de vida libre de las garrapatas. Sin embargo, entre sus desventajas es que requiere un orden riguroso en su implementación, así como una alta demanda de mano de obra, especialmente en unidades productivas ganaderas de grandes extensiones.

6) Depredadores naturales, bacterias y nematodos



A nivel de potreros, otros métodos para reducir las poblaciones de garrapatas son la presencia de depredadores naturales como hormigas, microorganismos y garzas.

En laboratorio se ha evaluado el uso de bacterias como *Cedecea lapagei* y nemátodos acaricidas, pero aún no han sido sometidos a evaluaciones en campo, por lo que la información disponible se considera incompleta.

En el caso de garzas y otras aves garrapateras se ha propuesto que se deben implementar acciones para promover su presencia, sobre todo en las temporadas de altas infestaciones.

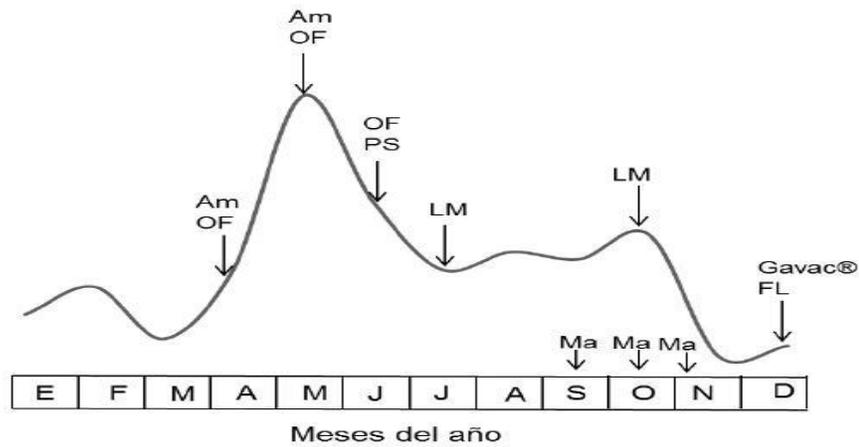
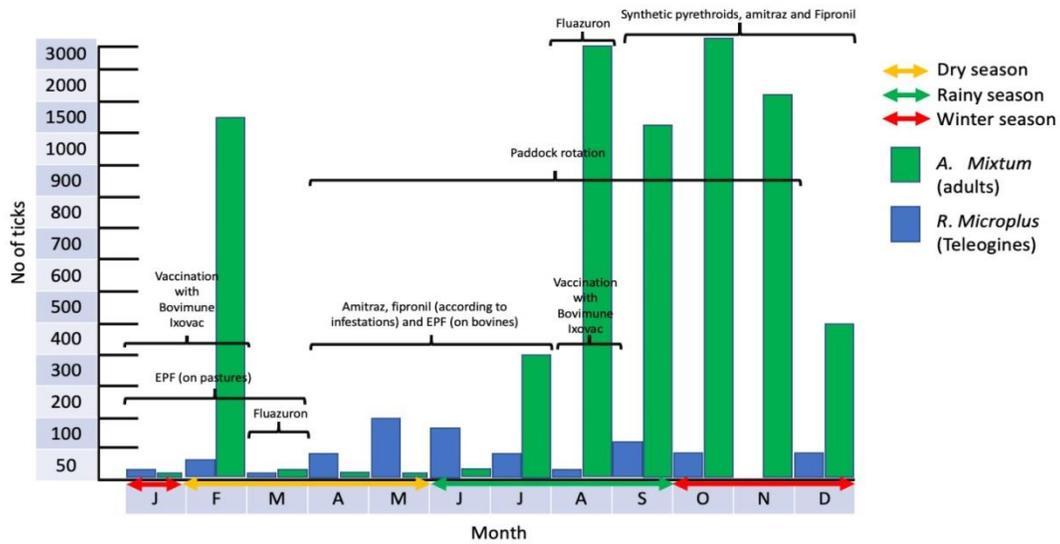
7) Manejo integral de garrapatas

El manejo integral de garrapatas consiste en la combinación de diversos métodos de control, con el objetivo de que sean eficaces contra *Rhipicephalus microplus*, de fácil aplicación, económicos, así como amables con el medio ambiente. Sin embargo, una gran interrogante sobre la implementación de un manejo integral de garrapatas es ¿Por qué a la fecha existen pocas unidades de producción bovina que han adoptado esta estrategia?

Posibles respuestas son el desconocimiento acerca de la disponibilidad de las alternativas existentes, la falta de información clara y confiable, así como el desconocimiento de su correcta implementación en producciones de bovinos en pastoreo.

Estudios en la zona centro del estado de Veracruz mostraron que 100 % de los productores utilizan únicamente productos químicos para el control de *R. microplus*, evidenciando la total dependencia hacia estos productos; estos mismos productores indicaron desconocer la existencia de nuevas alternativas de control de garrapatas. Un punto importante a considerar es que los métodos alternativos no químicos presentan resultados a mediano y largo plazo, lo cual puede significar una limitante en la aceptación de su uso por parte de los productores.

Para un uso correcto y eficiente del manejo integral de garrapatas es necesario considerar el medio ambiente de cada región, así como la dinámica poblacional de la garrapata a controlar (Figura 15). Este método de control busca mantener a las poblaciones de garrapatas por debajo de la cantidad de parásitos que causan problemas económicos en las unidades de producción, se sugiere menos de 20 garrapatas por animal, retrasando la aparición de poblaciones de garrapatas resistentes a los químicos al disminuir el uso de acaricidas químicos, y con ello preservar los acaricidas comerciales que existen en el mercado.



Am: Amitraz
 OF: Organofosforado
 PS: Piretroide sintético
 Ma: *Metarhizium anisopliae*
 LM: Lactona macrocíclica
 Gavac: Vacuna antigarrapata
 FL: Fluazurón

Figura 15. Propuestas para control de *R. microplus* en regiones tropicales de México.

Se han desarrollado esquemas de control integral de *R. microplus* mediante el uso de una molécula química aunado a uno o más métodos de control alternativo. Ejemplo de ello es el estudio del uso de deltametrina y el hongo entomopatógeno *M. anisopliae* efectivo contra larvas resistentes a piretroides; el uso de la vacuna Gavac® en combinación con Amitraz. Otro estudio menciona una reducción importante en el número de garrapatas en los animales combinando rotación de potreros, uso de la vacuna Gavac® y uso de piretroides sintéticos.

Para promover la utilización de métodos alternativos no químicos, sin duda se requieren programas de difusión y capacitación a productores, personal técnico agropecuario, así como a los profesionales de la medicina veterinaria. Además, para la difusión de la existencia y beneficios de los métodos alternativos es necesario incluir la participación activa de la industria farmacéutica, así como de las instituciones de investigación y educación agropecuaria. Transferir el conocimiento sobre la importancia de la erradicación, control y resistencia química, así como el uso de métodos alternativos para controlar a *Rhipicephalus microplus* es una estrategia para que los hatos ganaderos sean más rentables.

CONCLUSIONES

Las garrapatas son consideradas los parásitos que más afectan a la ganadería bovina en todo el planeta, entre ellas, *Rhipicephalus microplus* destaca por las severas afectaciones que provoca. Frecuentemente, el método más utilizado para su control es el uso de productos de diferentes familias químicas. Sin embargo, el uso inadecuado de estos químicos ha propiciado la aparición de poblaciones de garrapatas resistentes que, sin duda, han provocado desequilibrios sanitarios y económicos en las unidades de producción bovina.

El manual *Rhipicephalus microplus*: biología, control y resistencia presenta información actualizada acerca de la biología de esta garrapata con la finalidad de contribuir a mejorar los protocolos de control de *R. microplus*. También, describe el fenómeno de la resistencia y se mencionan los métodos tradicionales y alternativos que actualmente se utilizan para su control; con ello, se apoya a la difusión de información teórica, así como herramientas prácticas para el control de *R. microplus*.

Finalmente, el conocimiento de la biología de *R. microplus* es fundamental para implementar las medidas de control apropiadas y mitigar el impacto de la resistencia basado en conocimientos actualizados y confiables.

Literatura consultada

Fernández-Salas, A., Rodríguez-Vivas, R. I., & Alonso-Díaz, M. A. (2012). First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, *183*(3-4), 338-342.

Fernández-Salas, A., Rodríguez-Vivas, R. I., Alonso-Díaz, M. A., & Basurto-Camberos, H. (2012). Ivermectin resistance status and factors associated in *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) populations from Veracruz, Mexico. *Veterinary Parasitology*, *190*(1-2), 210-215.

Alonso-Díaz, M. A., & Fernández-Salas, A. (2021). Entomopathogenic fungi for tick control in cattle livestock from Mexico. *Frontiers in Fungal Biology*, *2*, 18.

Fernández-Salas, A., Alonso-Díaz, M. A., & Alonso-Morales, R. A. (2019). Effect of entomopathogenic native fungi from paddock soils against *Rhipicephalus microplus* larvae with different toxicological behaviors to acaricides. *Experimental parasitology*, *204*, 107729.

Mendoza-Martínez, N., Alonso-Díaz, M. A., Merino, O., Fernández-Salas, A., & Lagunes-Quintanilla, R. (2021). Protective efficacy of the peptide Subolesin antigen against the cattle tick *Rhipicephalus microplus* under natural infestation. *Veterinary parasitology*, *299*, 109577.

Díaz, M. Á. A., Silva, B. J. L., de Magalhães Labarthe, A. C. L., & Vivas, R. I. R. (2007). Infestación natural de hembras de *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 (Acari: Ixodidae) en dos genotipos de bovinos en el trópico húmedo de Veracruz, México. *Veterinaria México*, *38*(4), 503-509.

Rodríguez-Vivas, R. I., Rosado-Aguilar, J. A., Ojeda-Chi, M. M., Pérez-Cogollo, L. C., Trinidad-Martínez, I., & Bolio-González, M. E. (2014). Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, *1*(3), 295-308.

Esteve-Gasent, M. D., Rodríguez-Vivas, R. I., Medina, R. F., Ellis, D., Schwartz, A., Cortés García, B., & Pérez de León, A. A. (2020). Research on integrated management for cattle fever ticks and bovine babesiosis in the United States and Mexico: current status and opportunities for binational coordination. *Pathogens*, *9*(11), 871.

ANEXO 1

Cuadro 1. Productos comerciales de familias mixtas contra garrapatas

Nombre	Principio activo	Forma de aplicación		Laboratorio
MEZCLAS				
Ectogan	Cymiazol+Cipermetrina	Aspersión	Inmersión	Elanco
Garra ban Mo 29	Clorpirifos+permetrina	Aspersión	Inmersión	Lapisa
Ectosules Plus	Cipermetrina+Ethion	Aspersión	Inmersión	Microsules
Impacto	Cipermetrina+Clorpirifos	Aspersión		Ourofino
Tickill Plus	Clorfenvinfos+A.Ciper.	Aspersión	Inmersión	Microsules
Tick Gard	Fipronil+Fluazuron	Pour On		MSD Salud Animal
Fluatac Duo	Fluazuron+Abamectina	Pour On		Ourofino
Duoline Pour On	Fipronil+Eprinomectina	Pour On		Boehringer
Finox Super	Fipronil+Fluazuron	Pour On		Microsules
Finox	Fipronil+Abamectina	Pour On		Microsules
Fluron Gold	Fluazuron+Clorpirifos+ Piperonilo+Cipermetrina	Pour On		Ceva

Cuadro 2. Productos comerciales disponibles para el control de garrapatas.

Nombre	Principio activo	Forma de aplicación		Laboratorio
FENILPIRAZOLONAS				
Ectoline	Fipronil	Pour On		Boehringer
Effipro Bovis	Fipronil	Pour On		Virbac
Fiprotick	Fipronil	Pour On		Biozoo
INHIBIDORES DEL DESARROLLO				
Acatak	Fluazuron	Pour On		Elanco/Novartis
CicloTick 2.5%	Fluazuron	Pour On		Microsules
ORGANOFOSFORADOS				
Nombre	Principio activo	Forma de aplicación		Laboratorio
Asuntol líquido	Coumafos	Aspersión	Inmersión	Bayer
Asuntol Polvo	Coumafos	Aspersión	Inmersión	Bayer
Ganafos	Coumafos	Aspersión	Inmersión	Zoetis

Cuadro 3. Productos comerciales disponibles para el control de garrapatas.

PIRETROIDES				
Barricade Plus	Cipermetrina	Aspersión	Inmersión	Zoetis
Bayticol baño	Flumetrina	Aspersión	Inmersión	Bayer
Bayticol P.O.	Flumetrina	Pour On		Bayer
Butox	Deltametrina	Aspersión	Inmersión	MSD Salud Animal
Cipermil Asp.	Cipermetrina	Aspersión	Inmersión	Ourofino
Cipermil Pour On	Cipermetrina	Pour On		Ourofino
Ticoff	Cipermetrina	Aspersión	Inmersión	Lapisa
Lomo PON S	Permetrina	Pour On		Lapisa
Ectosules 15%	Cipermetrina	Aspersión	Inmersión	Microsules
AMIDINAS				
Bombard	Amitraz	Aspersión	Inmersión	Zoetis
Bovitraz	Amitraz	Aspersión	Inmersión	Bayer
Gamitraz	Amitraz	Aspersión	Inmersión	Zoetis
Nokalt	Amitraz	Aspersión	Inmersión	Ourofino
Taktic	Amitraz	Aspersión	Inmersión	MSD Salud Animal
Trak	Amitraz	Aspersión	Inmersión	Lapisa
Acarmic	Amitraz	Aspersión	Inmersión	Microsules
ENDECTOCIDAS				
Baymec Prolong	Ivermectina 1%	Inyectable		Bayer
Cydentin NF	Moxidectina	Inyectable		Zoetis
Cydectin Onix	Moxidectina	Inyectable		Zoetis
Dectiver Premium	Ivermectina 3.15%	Inyectable		Lapisa
Dectomax	Doramectina	Inyectable		Zoetis
Endovet	Ivermectina	Inyectable		Riverfarma
Ivermectina sanfer	Ivermectina 1%	Inyectable		Sanfer
Ivermectina 3.15% LA	Ivermectina 3.15%	Inyectable		Sanfer
Ivomec F	Ivermectina 1%	Inyectable		Boehringer
Ivomec Gold	Ivermectina 3.15%	Inyectable		Boehringer
Ivomec Pour On	Ivermectina 0.5%	Pour On		Boehringer
Rank LA	Ivermectina 1%	Inyectable		MSD Salud Animal
Solution 3.15% LA	Ivermectina+Abamectina	Inyectable		MSD Salud Animal
Virbamec platino	Ivermectina 3.15%	Inyectable		Virbac
Zeramec	Ivermectina 1%	Inyectable		Virbac
Zeramec Platino	Ivermectina 3.15%	Inyectable		Virbac
Iver LA	Ivermectina 1%	Inyectable		Ourofino
Master LP	Ivermectina 4%	Inyectable		Ourofino
Abamic Pour On	Abamectina	Pour On		Microsules
Eprisules	Eprinomectina	Pour On		Microsules
Ivermax	Ivermectina 1%	Inyectable		Tornel
Genesis L.A.	Abamectina	Inyectable		Biozoo
Eprexis 2%	Eprinomectina	Inyectable		Ceva
Dectomec L.A.	Doramectina	Inyectable		AgroVetMarket
Bovimec Etiq.Azul.	Ivermectina 3.15%	Inyectable		AgroVetMarket
Eprimec Zero Pour On	Eprinomectina	Pour On		AgroVetMarket
Ivergold LP 4%	Ivermectina 4%	Inyectable		Farvet