

**Universidad Nacional autónoma de Nicaragua. UNAN- LEÓN.**

**Área de Conocimiento de Ciencias Agrarias Veterinaria.**

**Dirección específica de Medicina Veterinaria, zootecnia y agropecuaria.**



**Monografía para optar al título de médico veterinario.**

**Título:** Evaluación *In-vitro* de resistencia de *Rhipicephalus microplus* hacia los ixodicidas de uso tradicional en tres fincas del departamento de León enero-febrero 2024.

**Autores:** Br. David Josué Leytón Mercado.

Br. Katherine Yamila Zambrana Sánchez.

**Tutora:** Msc. Verónica Espinoza Pomares.

León Nicaragua, 15/02/2024.

2024:45/19 La patria la revolución.

## **Dedicatoria**

Al concluir esta maravillosa etapa, queremos extender nuestro profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible esta meta.

Primeramente, a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto, por la salud, por la sabiduría, por darnos la fuerza necesaria para seguir adelante día a día y lograr nuestros objetivos.

A nuestros padres que han sido pilar fundamental en este proceso, por su apoyo, sus consejos, su motivación constante, su perseverancia y más que nada por su amor incondicional. A nuestros hermanos por ser ejemplo y estar siempre en los momentos más difíciles, por permitirnos aprender de sus aciertos y errores para poder ser mejores.

A nuestra tutora, al ir junto a nosotros, paso a paso en este estudio, su disponibilidad, y su entera confianza.

Agradecemos a aquellas personas que estuvieron directa e indirectamente a la realización de este estudio.

A nuestros amigos, que, con su apoyo, en aquellos momentos de adversidades, estuvieron siempre para extender una mano amiga.

A nuestros docentes, que, durante todo este tiempo, nos proporcionaron conocimiento y orientación

## **Resumen.**

La garrapatoxis representa una de las problemáticas más notorias en la ganadería nacional, ocasionando numerosas pérdidas económicas de forma directa e indirecta, convirtiéndola en uno de los puntos negativos que más afectan el desarrollo de esta actividad económica. La ganadería nicaragüense posee factores socioeconómicos y culturales que favorecen la aparición de resistencias hacia los ixodidas usados en el control de esta parasitosis. El objetivo de este estudio fue la evaluación *In-vitro* de resistencia de las garrapatas de la especie *Rhipicephalus microplus* hacia los ixodidas de uso común de la ganadería nicaragüense en tres fincas del departamento de León.

Se realizó un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia, se obtuvo garrapatas de bovinos mayores de 6 meses, que no hayan recibido un tratamiento contra garrapatas en un periodo no menor de quince días previos al muestreo. Los ixodidas usados en el estudio fueron: Cipermetrina, Amitraz y Diclorvos a concentración indicada por el fabricante y a una doble concentración y además Fipronil solamente a concentración indicada.

Se aplicaron tres pruebas: Inmersión de garrapatas adultas, inhibición de la ovoposición y prueba de paquete de larvas. Los resultados obtenidos en la prueba inmersión de teologinas, indicó que las garrapatas adultas obtenidas de las tres explotaciones han desarrollado cierto nivel de resistencia hacia Cipermetrina y Amitraz (mortalidad no mayor de 85 %). Diclorvos a doble concentración y Fipronil mostraron mayor efectividad con valores entre 90 y 100 % de mortalidad. De igual forma, Amitraz y Cipermetrina mostraron menor efectividad en la inhibición de la ovoposición de las teologinas que Diclorvos y Fipronil. En la prueba de paquete de larvas se obtuvieron valores para la mortalidad por encima del 90 % para todos los tratamientos de las tres fincas, mostrando la mejor efectividad durante el estudio.

Palabras clave: Garrapatas, resistencia, in vitro.

León, 2 de mayo, 2024

**Carta de autorización del tutor.**

M.Sc. Osmar Soto

Dirección específica de Ciencias Agrarias y Veterinaria

En sus manos.

En carácter de tutor de trabajo monográfico “**Diagnóstico *in vitro* de resistencia de *Rhipicephalus microplus* hacia los ixodícidias de uso tradicional en tres fincas del departamento de León, enero-febrero 2024**”. Presentado por **Br. David Josué Leytón Mercado, numero de carné 18-00579-0 y Katherine Yamila Zambrana Sánchez, numero de carné 17-04442-0**. Para optar al título de médico veterinario de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Consideramos que dicho trabajo reúne los requisitos establecidos para su defensa ante el jurado calificador para tales fines extendemos la presente en la ciudad de León, Nicaragua a los 2 días del mes de mayo, 2024

---

Msc. Verónica Danelia Espinoza Pomares  
Docente de Medicina Veterinaria.  
Tutora

## Índice

1. Introducción.....	7
2. Objetivos. ....	9
2.1 General .....	9
2.2 Específicos .....	9
3. Marco teórico. ....	10
3.1 Taxonomía. ....	10
3.2 Las garrapatas de Centroamérica y específicamente Nicaragua. ....	11
3.3 <i>Rhipicephalus microplus</i> . ....	13
3.3.1 Distribución geográfica de <i>Rhipicephalus microplus</i> . ....	13
3.3.2 Morfología de <i>Rhipicephalus microplus</i> . ....	13
3.3.3 Ciclo de vida de <i>Rhipicephalus microplus</i> . ....	15
3.3.4 Importancia de las garrapatas para la ganadería bovina. ....	17
3.4 Tratamiento y control de las garrapatas. ....	17
3.4.1 Control químico. ....	18
3.4.2 Farmacología de las ixodicidas. ....	20
3.4.3 Resistencia contra ixodicidas. ....	21
3.4.4 Estrategia: Manejo integrado de plagas (MIP). ¡Error! Marcador no definido.	
4. Diseño metodológico. ....	24
4.1 Tipo de estudio. ....	24
4.2 Área de estudio.....	24
4.3 Tamaño de la muestra. ....	24
4.4 Selección de la muestra. ....	24
4,5 Recolección y transporte de la muestra. ....	24

4.6 Fase de laboratorio.....	25
4.7 Análisis de los datos. ....	27
5. Resultados y discusión .....	28
6. Conclusiones.....	36
7. Recomendaciones. ....	37
8. Bibliografía .....	38
9. Anexos .....	43

## **1. Introducción.**

Las garrapatas son ácaros cosmopolitas, ectoparásitos temporales obligados de reptiles, aves o mamíferos, son observables a simple vista por su tamaño. Las garrapatas y enfermedades que transmiten son una de las principales limitantes de la explotación de bovinos en el mundo. La severidad del problema de la infestación por estas depende de cada región, las especies de garrapatas presenten, así como de la situación socioeconómica y el avance tecnológico en la aplicación de las medidas de control y prevención. Dentro de las garrapatas que más afectan al ganado bovinos se encuentran el género *Rhipicephalus* y *Amblyomma* (1).

Para completar su ciclo de vida, estos ectoparásitos se alimentan de sangre, absorbiendo de 1 a 3 ml durante su vida parasitaria, Sus picaduras provocan irritación lo que determina molestias, interfiriendo con la alimentación del animal, los daños provocados en la piel constituyen puerta de entrada para enfermedades bacterianas, fúngicas y otras parasitosis, que pueden ocasionar grandes pérdidas en el vacuno (2).

Nicaragua es un país donde la actividad agropecuaria representa uno de los pilares más fuertes para la economía nacional. En los sistemas de producción ganadera ubicados en regiones tropicales y subtropicales, las afecciones por ectoparásitos son consideradas como una causa importante de pérdidas en la producción debido a daños como morbilidad y mortalidad de los animales y altos costos de control (3). El impacto económico negativo de las garrapatas en la ganadería se debe a efectos directos e indirecto, de forma directa se ven afectados los parámetros productivos y reproductivos del ganado bovino y la forma indirecta se produce como consecuencia a la transmisión agentes patógenos los cuales las garrapatas son su principal vector, lo que implica gastos para el tratamiento (4). El método de control tradicional mediante el uso de acaricidas químicas has sido parcialmente exitoso, ya que el mismo trae aparejando serios problemas de contaminación de la carne y la leche, así como del medio ambiente. Además, en los últimos años se ha reportado la aparición de la resistencia a estos productos (5).

Los principales tratamientos usados para el control de las garrapatas en Nicaragua son los baños de aspersión con mochila empleando diferentes acaricidas a base de piretroides, Amitraz, organofosforados o Fipronil, así como el uso de soluciones inyectables a bases de lactonas macrocíclicas. Las garrapatas muchas veces por problemas de dosificación inadecuada en el tratamiento, a la aplicación del mismo, problemas de manejo u otros de índole similar, adquieren resistencia a los grupos químicos, tornándose muy difícil su tratamiento y control (6, 7).

En este estudio se determinó mediante tres pruebas *In-vitro* siendo estas la mortalidad en hembras adultas y en paquetes de larvas de *Rhipicephalus microplus*, así como la inhibición de la ovoposición, la efectividad de los ixodicidas de uso común en la ganadería nicaragüense en tres explotaciones ganaderas, ubicadas en el departamento de León.

## **2. Objetivos.**

### **2.1 General.**

- Evaluar el grado de resistencia in vitro de *Rhipicephalus microplus* hacia cipermetrina, amitraz, diclorvos y fipronil en tres fincas del departamento de León.

### **2.2 Específicos.**

- Valorar el porcentaje de mortalidad de *Rhipicephalus microplus* adultos a los ixodicidas usados en el estudio con la prueba de inmersión.
- Calcular la eficacia en la inhibición de la ovoposición de los ixodicidas usados en el estudio.
- Estimar el porcentaje de mortalidad en larvas de *Rhipicephalus microplus* tratados con los ixodicidas usados en el estudio mediante la prueba paquete de larva.

### 3. Marco teórico.

Las garrapatas son ectoparásitos hematófagos obligados de vertebrados terrestres con su origen situado en el Cretácico (~350 millones de años) y la mayor parte de la evolución y dispersión durante el Terciario (5 - 65 millones de años) (8). Las garrapatas se distribuyen en todo el mundo, aunque la distribución de las especies individuales de garrapatas varía según factores climáticos, como la temperatura, la humedad, la altitud y los tipos de vegetación (9).

Hoy en día, la infestación por garrapatas juega un papel importante en la ganadería (19), en la salud de las mascotas (11) e incluso por ser un potente vector transmisor de enfermedades infecciosas, tiene un impacto a la salud pública (12,13). Las consecuencias de la presencia de esta plaga son de carácter sanitario y además provocan elevadas pérdidas económicas por los daños a la producción en la ganadería y por la necesidad de aplicar tratamientos prolongados (14).

#### 3.1 Taxonomía.

La superfamilia Ixodoidea (nombre común garrapata) se divide en tres familias con 18 géneros: Ixodidae, garrapatas duras, 12 géneros y más de 700 especies; Argasidae, garrapatas blandas, (5 géneros y ~ 200 especies) y Nuttalliellidae consta de una sola especie (*Nuttalliella namaqua*) que se considera la más ancestral entre las tres familias de garrapatas (Figura 1). Las garrapatas duras parasitan a numerosos mamíferos, incluido el ser humano. Las garrapatas blandas, nombre debido a que carecen del escutelo dorsal, parasitan a aves y mamíferos (15).

Amblyomma, Dermacentor, Haemaphysalis, Hyalomma, Ixodes y Rhipicephalus son los seis géneros de las garrapatas duras de particular importancia como vectores de agentes que causan enfermedades en humanos y/o animales domésticos; de estos seis géneros, dos tienen mayor importancia para el ganado bovino: Rhipicephalus y Amblyomma.

Entre las más importantes se encuentran las seis especies del género Rhipicephalus, subgénero Boophilus son: *R. annulatus*, *R. australis*, *R. decoloratus*, *R. geigy*, *R. kohlsi*, y *R. microplus* (16).

En cuanto al ganado, *R. microplus* se considera la especie con mayor impacto económica para la industria ganadera mundial. El género *Rhipicephalus* contiene 82 especies descritas (17). *R. microplus* se conocía anteriormente como *Boophilus microplus*, pero evidencias moleculares indicaban que *Boophilus* filogenéticamente es un subgénero del género *Rhipicephalus* (18).

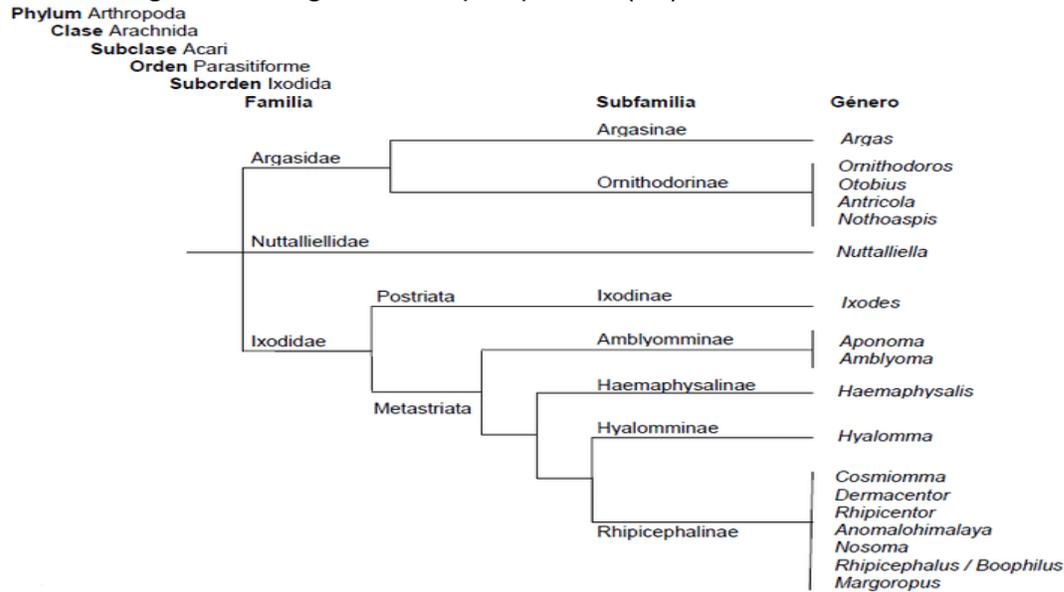


Figura 1. Clasificación taxonómica de las garrapatas. (Parola y Raoult 2001).

### 3.2 Las garrapatas de Centroamérica y específicamente Nicaragua.

Centroamérica contiene un área aproximada de 520 mil km<sup>2</sup> con una amplia diversidad biológica incluso una rica fauna de garrapatas, con alrededor de 80 especies reportadas hasta la fecha. Las especies más frecuentes y con mayor importancia son: *A. mixtum*, *A. ovale*, *D. nitens*, *R. microplus* y *R. sanguineus* (8).

En Nicaragua, Düttmann et al. (2010), muestrearon 437 fincas en 17 municipios, 9 departamentos, con altitudes entre 10 y 1500 m. Un total de 4.841 animales (4.481 vacas y 360 caballos) fue inspeccionado, y el 68 % de los animales revisados fue infestado con garrapatas. En la zona montañosa se encontró la mayor prevalencia de animales infestados con el 80,4 % (1886/2347); la zona del Pacífico con 54,5 % (697/1278) de los animales infestados y el 58,9 % (716/1216) por la Costa Caribe. El ganado vacuno y equino fueron parasitados por siete especies de garrapatas: *A. maculatum*, *A. mixtum*, *A. parvum*, *A. tenellum*, *D. dissimilis*, *D. nitens* y *R. microplus*.

De las 4481 vacas, 3059 (68 %) fueron parasitadas por al menos una especie de garrapata. *R. microplus* fue la especie más común: el 94,7% de todas las explotaciones visitadas tenían esta especie y el 75,2% de las garrapatas recolectadas del ganado bovino. Además, se encontraron las especies *A. mixtum* (14,3 %), *A. parvum* (1 %), *A. tenellum* (0,5 %) y *A. maculatum* (0,5 %) en las fincas. Aunque se encontraron garrapatas durante todo el año, la mayor carga de garrapatas se observó durante la estación seca. No se encontró *D. nitens* parasitando a las vacas. La mayoría de las garrapatas se recolectaron en granjas por debajo de los 1000 m (92 %). Este fue el primer informe que documentó la presencia de *A. tenellum* en Nicaragua. 59 vacas fueron infestadas por múltiples especies de garrapatas, y 49 fueron parasitadas por *R. microplus* y *A. mixtum*.

Las garrapatas identificadas en el total de los 67 % equinos infestados correspondieron a las especies *D. nitens* (41,5 %), *A. mixtum* (31,7 %), *R. microplus* (13,8 %), *A. parvum* (6,5 %), *A. tenellum* (3,3 %), *D. dissimilis* (2,4 %) y *A. maculatum* (0,8 %). Más que el 10 % de los caballos parasitados (25/240) fueron infestados por más de una especie de garrapata, en casos hasta cuatro especies, la mayoría en combinación con *A. mixtum*, la especie que mostró el rango de distribución más amplio, encontrado en zonas con elevaciones de 20 a 1450 m. *D. dissimilis* sólo se colectó en caballos provenientes del altiplano (Jinotega, mayor que 1100 m) (19).

Mejía (2020) encontró en su estudio que la especie de hospedero mayormente infestada fueron los bovinos con 64.4 %, seguido por los equinos (20,9 %) y los caninos (14,7 %). Las garrapatas encontradas pertenecían con 77.2 % al género *Rhipicephalus*, *Dermacentor* 15,1 % y *Amblyomma* 7,7 %. De las garrapatas del género *Rhipicephalus* el 80 % fue *R. microplus* y la otra quinta parte *R. sanguineus*. En el ganado bovino se encontraron las cuatro especies (*R. microplus*, *R. sanguineus*, *A. mixtum* y *D. nitens*) de garrapatas recolectadas durante el estudio con la mayor presencia de *R. microplus* (84,5 %) (20).

### **3.3 *Rhipicephalus microplus*.**

*R. microplus*, una garrapata de un solo huésped, infesta principalmente al ganado bovino, los ciervos y los búfalos, pero también se la puede encontrar en caballos, cabras, ovejas, asnos, perros, cerdos y algunos mamíferos silvestres y está asociada con la transmisión de *Anaplasma marginale*, *Anaplasma centrale*, *Babesia bigemina* y *Babesia bovis*, incluso puede transmitir la babesiosis a humanos susceptibles (30).

#### **3.3.1 Distribución geográfica de *Rhipicephalus microplus*.**

A nivel mundial, se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales, como en el subcontinente indio, gran parte de Asia tropical y subtropical, el nordeste de Australia, Madagascar, el sudeste de África, América del Sur y México. En los EE.UU. ha sido erradicada, esporádicamente se presenta en zona de cuarentena en Texas o California (21).

En América Central y la región del Caribe se han reportado aproximadamente 80 especies de garrapatas (22). *R. microplus* está ampliamente distribuida en sitios con altitudes que varían de 0 a 2000 m en diferentes condiciones climáticas (19,23).

#### **3.3.2 Morfología de *Rhipicephalus microplus*.**

Las garrapatas duras son artrópodos macroscópicamente visibles, caracterizados por poseer cuatro pares de patas y un cuerpo globoso, aplanado dorso-ventralmente y no segmentado entre cefalotórax y abdomen; suelen medir entre 3 y 8 mm, aunque pueden llegar hasta 1 cm tras alimentarse de sangre. Las garrapatas duras poseen un escudo dorsal (scutum) y su aparato bucal (capitulum) sobresale cuando se lo observa desde arriba.

Las garrapatas del género *Rhipicephalus* se reconocen por la forma hexagonal de la base de los capítulos cuando se miran dorsalmente y el subgénero *Boophilus* son garrapatas pequeñas y carecen de ornamentación; poseen un capitulum con base hexagonal. La placa espiracular tiene forma redonda u ovalada y los pedipalpos son pequeños, comprimidos y acanalados dorsalmente y lateralmente. Los machos tienen placas adanales y accesorias (Figura 2).

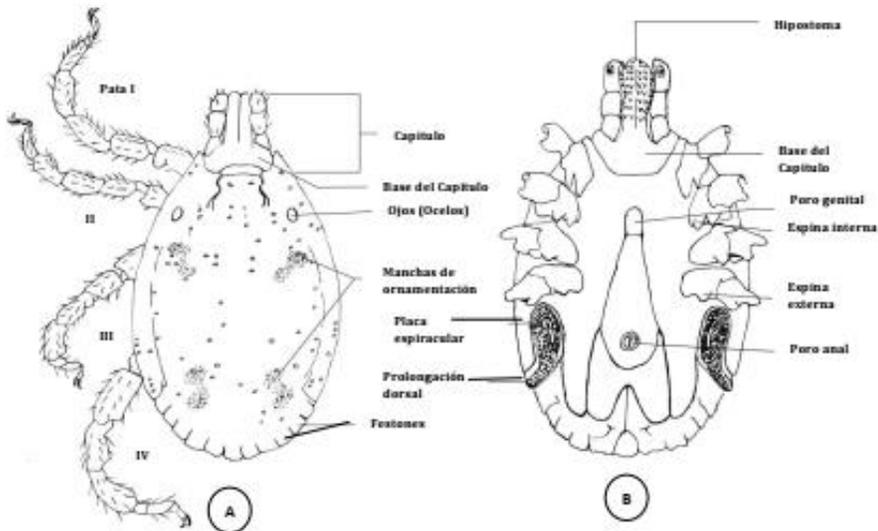


Figura 2: Morfología de las garrapatas duras (Acari: Ixodidae) Macho, A. vista dorsal, B. vista ventral. (Housemans, 2013).

El surco anal está ausente o poco definido en las hembras, y levemente visible en los machos. Estas garrapatas carecen de festones y ornamentos (Figura 3).

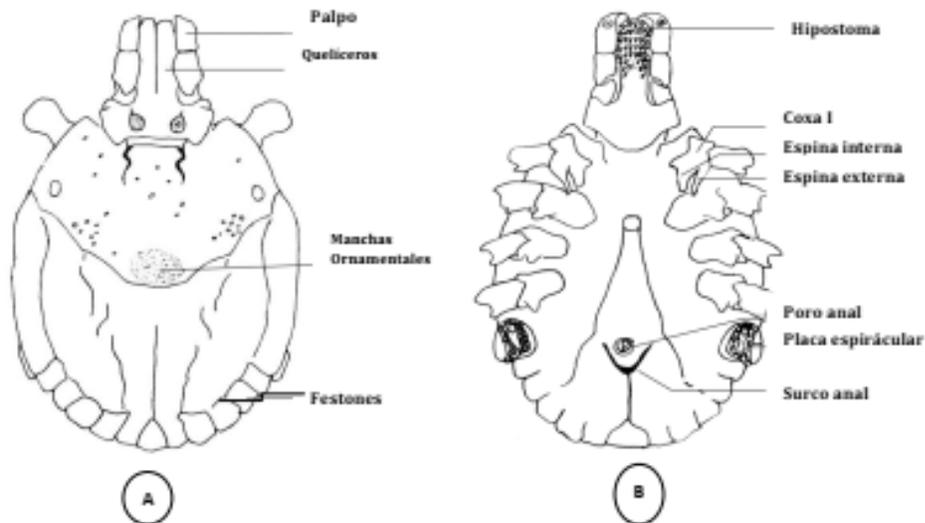


Figura 3: Morfología de las garrapatas duras (Acari: Ixodidae) Hembra, A. vista dorsal, B. vista ventral. (Housemans, 2013).

Las garrapatas de la especie *R. microplus* adultas poseen un capitulum corto y recto. Las patas son de color amarillo pálido y existe un amplio espacio entre el primer par de patas y el hipostoma (trompa), el cual es corto. El cuerpo tiene forma entre ovalada y rectangular y el escudo es ovalado, más ancho en la parte anterior. Las ninfas de esta especie poseen un scutum de color marrón anaranjado. El cuerpo

tiene forma ovalada y es más ancho en la parte anterior. El color del cuerpo varía de marrón a azul grisáceo, con áreas blancas en la parte anterior y en los bordes (Figura 4). Las larvas de *R. microplus*, con un cuerpo de color marrón o crema, poseen un capitulum corto y recto. Las larvas poseen seis patas en lugar de ocho (21).



Figura 4: *Rhipicephalus microplus*, dorsal, izquierda hembra, derecha macho. (Walker, 2003).

### 3.3.3 Ciclo de vida de *Rhipicephalus microplus*.

*R. microplus* es una garrapata de un sólo hospedero, quiere decir que su metamorfosis desde la larva a la garrapata adulta, se realiza en un solo animal, principalmente parasita al ganado bovino. Esta especie de garrapatas puede completar su ciclo de vida en un plazo de 3 a 4 semanas, lo que se traduce en una gran carga de garrapatas en los animales. La garrapata hembra adulta ingurgitada se suelta del hospedero y deposita los huevos en el medio ambiente en grietas, detritus o debajo de las piedras. Los huevos eclosionan en el medio ambiente y las larvas caminan por las plantas para encontrar un hospedero. Ocasionalmente pueden ser transportadas por el viento. En temperaturas cálidas, las garrapatas *R. microplus* pueden sobrevivir durante un período de hasta 3 o 4 meses sin alimentarse. En temperaturas más frías pueden vivir sin alimento hasta seis meses. Las garrapatas que no pueden encontrar un hospedero finalmente mueren de inanición.

Al encontrar un hospedero, las larvas se adhieren a zonas finas de la epidermis por ejemplo la cara interna de los muslos en los flancos y las patas traseras, debajo de la cola y en la ubre, el abdomen, el pecho y los pliegues del cuello (Figura 5).

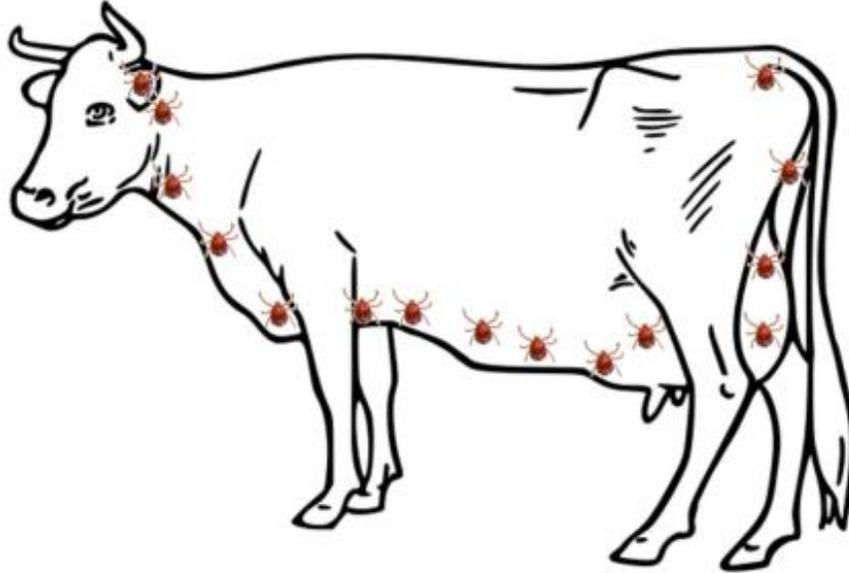


Figura 5. Zonas de fijación de *Rhipicephalus* en el bovino. (Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2022).

Al adherir, las larvas se alimentan de sangre y posteriormente se convierten en ninfas y ulteriormente en garrapatas adultas. Para cada estadio de desarrollo (larva, ninfa y adulta) se alimenta una sola vez durante varios días. Las garrapatas macho adultas maduran sexualmente después de la alimentación y se aparean con hembras que todavía están alimentándose. La hembra adulta que se ha alimentado y apareado se separa de su huésped para depositar los huevos en el medio ambiente, donde muere la garrapata hembra (21) (Figura 6).

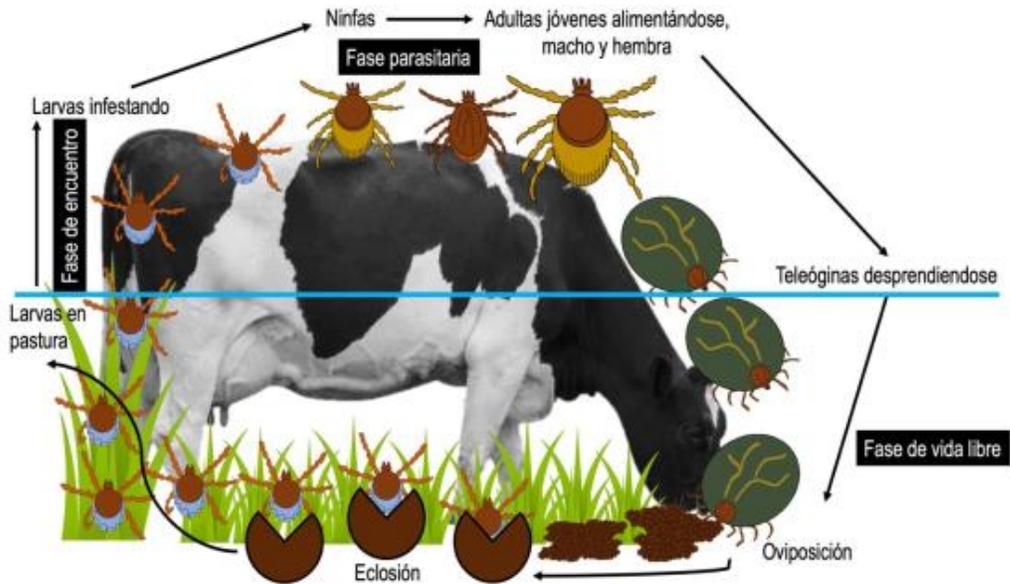


Figura 6. Ciclo biológico de *Rhipicephalus microplus* (Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2022).

### 3.3.4 Importancia de las garrapatas para la ganadería bovina.

Se señalan las garrapatas como uno de los factores que más limitan el avance de la ganadería en los países tropicales. Una alta carga de estos ectoparásitos causa elevadas pérdidas económicas disminuyendo la producción debido a los daños directos que ocasionan, tales como pérdidas de sangre hasta niveles de anemia, inoculación de toxinas, daño a los cueros y gastos para su control. Además, desempeñan un papel importante como vectores en la transmisión de patógenos que incluso provocan enfermedades zoonóticas. Entre las enfermedades con importancia en la ganadería se destacan la Fiebre Q, que provoca el aborto en la última etapa de gestación y que representa también un riesgo de zoonosis, la Babesiosis - Piroplasmosis, que causa anemia y también aborto y la Anaplasmosis que provoca la coloración amarillenta de las mucosas oral, conjuntival y piel, además de la muerte (24).

### 3.4 Tratamiento y control de las garrapatas.

Entre los tratamientos y el enfoque de control se pueden resaltar la aplicación directa de un tratamiento químico o plantas medicinales, el control biológico (hongos entomopatógenos), vacunas, el uso de razas bovinas resistentes a garrapatas, rotación y descanso de praderas. Sin embargo, el método más eficiente es el control integrado de garrapatas, lo que consiste en aplicar sistemáticamente dos o más

métodos de control de plagas para disminuir las aplicaciones de productos químicos y así por consiguiente reduciendo los riesgos sobre la salud animal y ambiental incluso la salud humana (25).

#### **3.4.1 Control químico.**

Para lograr un control eficaz de las garrapatas, los agricultores aumentan la aplicación de acaricidas y con esto también sus costos. Además por el manejo indiscriminado de estos químicos provocan el desarrollo de resistencia a acaricidas o incluso alteración de la calidad de la carne o la leche, debido a que se encuentran residuos tóxicos en sus producto (26). Al mismo tiempo la aplicación masiva de acaricidas tiene un efecto devastador en la ecología debido a su falta de especificidad (25).

Las aplicaciones más utilizadas para el control de *R. microplus* son la inmersión, la aspersión o el derrame dorsal sobre el cuerpo de los animales infestados con ixodicidas en determinados intervalos y duración según severidad de la infestación. Los ixodicidas más empleados son: organofosforados (ej. Diclorvos), piretroides sintéticos (ej. Cipermetrina) y amidinas (Amitraz). Aunque los ixodicidas controlaron las garrapatas con éxito, su uso constante y frecuentemente inapropiado ha ocasionado la selección de poblaciones resistentes. El producto Fipronil de la familia de los fenilpirazolonas ha sido en la última década el tratamiento químico alternativo para controlar garrapatas con cepas resistentes a piretroides y organofosforados. Su aplicación es vía derrame en la línea dorsal del animal, desde la nuca hasta la grupa (27) (Tabla 1).

Tabla 1. Ixodicidas y fenilpirazol utilizados para el control de las garrapatas (con importancia para el presente estudio).

<b>Familia</b>	<b>Sustancia activa</b>	<b>Aplicación</b>
Organofosforados	Diclorvos	Inmersión Aspersión
Piretroides sintéticos	Cipermetrina	Inmersión Aspersión Derrame dorsal
Amidinas	Amitraz	Inmersión Aspersión
Fenilpirazoles	Fipronil	Derrame dorsal

Diclorvos es un antiparasitario del grupo de los ésteres orgánicos del ácido fosfórico que puede usarse tanto por vía tópica (ectoparásitos como garrapatas) y como por vía oral (nematodos gastrointestinales).

Cipermetrina pertenece al grupo de los piretroides y es un veneno de contacto de acción rápida que provoca un efecto de derribo en los artrópodos. Las garrapatas mueren en dos días, pero la resistencia es posible.

Amitraz, de la familia de las amidinas, es un antiparasitario externo con efectos acaricidas e insecticidas. En muchos países sigue siendo el principal producto de elección para el control de las garrapatas del ganado bovino, aunque se han demostrado ciertos niveles de resistencia.

Fipronil pertenece al grupo de los fenilpirazoles y es un veneno de contacto con propiedades acaricidas e insecticidas. Se caracteriza por un contacto rápido y un efecto residual duradero. Las garrapatas se caen entre 24 y 48 horas después de la infestación, generalmente sin haber chupado sangre.

### **3.4.2 Farmacología de las ixodicidas.**

Los efectos de control químico de las garrapatas, tienen como función romper los ciclos de vida de las garrapatas a través de la aplicación de ixodicidas a intervalos determinados por la región ecológica, especies a las que se va a combatir, eficacia residual o persistencia del antiparasitario.

Los modos de acción según el Instituto de Farmacología y Toxicología Veterinaria, Suiza 2024 son:

Diclorvos: El fármaco actúa como veneno de contacto, alimentario y respiratorio contra los ectoparásitos causando una inhibición que es difícilmente reversible o frecuentemente irreversible de las acetilcolinesterasas. Normalmente, la acetilcolina se elimina rápidamente una vez cumplida su función; la degradación y eliminación se realiza por la enzima acetilcolinesterasa que transforma la acetilcolina en colina y acetato. Cuando los niveles de colinesterasa son bajos por la excesiva inhibición, la cantidad de acetilcolina aumenta y el sistema nervioso puede funcionar mal, lo cual puede conducir a la muerte del parásito.

Cipermetrina: A través de la penetración pasiva, el fármaco liposoluble pasa a través de la cutícula y se distribuye por todo el cuerpo del insecto o ácaro. Es neurotóxica y provoca una apertura duradera o un cierre más lento de los canales de Na<sup>+</sup> de las membranas de las células nerviosas y la entrada asociada de iones Na<sup>+</sup> al interior de la célula. Se producen descargas repetitivas y despolarización espontánea de la membrana celular. Las neuronas sensoriales, las células neurosecretoras y las terminaciones nerviosas son particularmente sensibles. En los artrópodos esto provoca inicialmente estados de excitación con convulsiones, seguidos de trastornos de coordinación y parálisis. Si el tiempo de exposición es lo suficientemente largo, se produce la muerte.

Amitraz: La efectividad del fármaco se basa en un efecto antagonista sobre los receptores de octopamina en el cerebro de los parásitos causando una sobreestimulación de la sinapsis octopaminérgica en los ácaros, la cual conduce a una hiperexcitabilidad, seguido por un comportamiento anormal, temblores, convulsiones, parálisis y muerte.

Fipronil: El fármaco penetra rápidamente a través del exoesqueleto del parásito y llega al sistema nervioso central donde interfiere con los canales de cloro regulados por el neurotransmisor GABA, interrumpiendo la transmisión de impulsos entre las células nerviosas, ocasionando convulsiones y muerte del insecto o arácnido. (28)

### **3.4.3 Resistencia contra ixodicidas.**

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 (29).

La resistencia a los ixodicidas es causada por varios factores intrínsecos y operativos. Los factores intrínsecos son condiciones relacionadas a la biología, la ecología, la genética y la tasa de mutación de las garrapatas que desarrollaron la capacidad para adaptarse a un ambiente tóxico permitiendo la sobrevivencia a una exposición de ixodicidas que matan a otros individuos de la misma población. Además, quedan las resistentes para reproducir nuevas generaciones y así dando pase a poblaciones resistentes completas. Mientras los factores operativos están relacionados al manejo, principalmente al uso inadecuado de los ixodicida.

Las garrapatas pueden activar dos mecanismos fisiológicos que pueden causar la resistencia a los acaricidas. Solos o en combinación, estos dos mecanismos confieren resistencia a todas las clases disponibles de acaricidas.

1. Insensibilidad en el sitio blanco del ixodicida lo que podría resultar por efecto de mutaciones en el canal de sodio, acetilcolinesterasa, ácido  $\gamma$ -aminobutírico y en genes de receptores de octopamina, evitando de esta manera el efecto tóxico del ingrediente activo del producto químico.

2. Las alteraciones en el nivel o las actividades de las proteínas de desintoxicación. La detoxificación metabólica actúa degradando y/o secuestrando a las moléculas de los garrapaticidas, debida a la participación de enzimas como el citocromo P450, las glutatión-s-transferasas y las carboxilesterasas. La resistencia está mediada por estererasas, un mecanismo importante en los procesos de detoxificación de

piretroides y organofosforados en varios insectos y garrapatas. Esta condición se puede observar principalmente en Australia y Latinoamérica (30).

Alonso-Díaz (2006) clasificaron la resistencia de ectoparásitos al tratamiento en cuatro grupos:

1. Resistencia del comportamiento: el insecto modifica su conducta para evitar el contacto con el insecticida.
2. Resistencia de la penetración: una modificación del exoesqueleto del insecto para inhibir o retardar la penetración del químico, en general depende de la concentración de lípidos que facilitan o retardan la penetración del pesticida a través de esta estructura.
3. Resistencia metabólica: la detoxificación del insecticida por procesos enzimáticos que radica en la modificación de las vías metabólicas del insecto.
4. Insensibilidad del sitio de acción: los sitios blancos como canales de sodio (blanco de los piretroides) y la acetilcolinesterasa (blanco de los carbamatos y organofosforados), presentan modificaciones en el sitio de unión o en las propiedades catalíticas, lo cual se traduce en una reducida sensibilidad del enzima blanco a la inhibición por el insecticida.

El uso frecuente de ixodicidas ha provocado la selección de poblaciones de garrapatas resistentes. Existe un patrón de desarrollo exponencial entre el descubrimiento de nuevos insecticidas y el desarrollo de especies resistentes a estos nuevos productos, En México, los primeros reportes de poblaciones resistentes de *R. microplus* se publicaron al inicio de los años 80 (Tabla 2) con inicialmente la resistencia a un acaricida, después de tres décadas se había desarrollado una resistencia múltiple a la mayoría de los acaricidas (31).

Tabla 2. Cronología de aparición de resistencias a acaricidas en México (Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2022).

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

El problema de la resistencia se reconoce por las fallas del ixodicida en el campo, y su posterior confirmación en pruebas de laboratorio. Las pruebas para el diagnóstico de la resistencia a ixodicidas se dividen en bioensayos, pruebas bioquímicas y pruebas moleculares.

Los bioensayos son 1. Prueba de inmersión de hembras adultas (descrita y desarrollada por Drummond et al., 1967), para determinar la eficacia de nuevos ixodicidas contra varias especies de garrapatas. Además, fue adaptada como prueba de resistencia en varios laboratorios. 2. Prueba de paquete de larvas que 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 previamente impregnada con ixodicidas. 3. Prueba de la inhibición de la ovoposición determinando el peso de los huevos puestos.

Las pruebas bioquímicas determinan los inhibidores encargados de la desintoxicación metabólica y las pruebas moleculares identifican alteraciones en la secuencia de los genes que codifican el sitio de acción de los ixodicidas en la garrapata (29).

## **4. Diseño metodológico.**

### **4.1 Tipo de estudio.**

Experimental.

### **4.2 Área de estudio.**

Las muestras para este estudio se obtuvieron de tres explotaciones ganaderas diferentes, ubicadas en el departamento de León. Todas poseen un tipo de explotación doble propósito.

### **4.3 Tamaño de la muestra.**

Se muestreo la cantidad de 160 garrapatas por finca, para un total de 480 garrapatas usadas en el estudio.

### **4.4 Selección de la muestra.**

Para la selección de las garrapatas a muestrear se aplicó un modelo no probabilístico por conveniencia, en el que se tomó como criterios de inclusión Garrapatas hembras ingurgitadas de la especie *Rhipicephalus boophilus microplus*.

### **4,5 Recolección y transporte de la muestra.**

Para la recolección de las garrapatas se visitaron las fincas a tempranas horas de la mañana, para aprovechar la actividad del ordeño y extraer las garrapatas causándoles el mínimo estrés posible (Anexo 1).

Una vez se finalizaba el ordeño de los animales y aun inmovilizados se procedió a revisar minuciosamente la cara interna de los miembros posteriores, la ubre, los pliegues caudales de la cola y las axilas, las cuales son las áreas predilectas de las garrapatas para posarse en los animales. Luego de haber visualizado en donde se encontraban las garrapatas se procedió a realizar la extracción manual de estas, sujetándolas con los dedos índice y pulgar y aplicando una leve tracción para desprenderla sin ningún daño a su aparato bucal, para posteriormente colocarlas en grupos de 20 garrapatas en tubos de ensayo de 10 ml, con un tapón de algodón para garantizar la correcta oxigenación y al mismo tiempo evitar su fuga y ser trasladadas hacia el laboratorio.

#### **4.6 Fase de laboratorio.**

##### 1. Prueba de mortalidad de teoglinas.

En el laboratorio de parasitología se procedió a lavar las muestras con agua para limpiarlas de la suciedad e impurezas que estas traían, luego fueron colocadas sobre papel toalla para escurrir el agua. Una vez limpias las muestras se clasificaron taxonómicamente (1, 17, 18) mediante la observación directa al estereoscopio para garantizar que todas las garrapatas del estudio fueran *R. microplus* (Anexo 2). Una vez clasificadas como *R. microplus* se separaron en grupos heterogéneos de 20 garrapatas; se pesaron en una báscula analítica electrónica (Anexo 3) y se colocaron en una placa Petri previamente rotulada tanto con el lugar de origen, fecha del muestreo, el tratamiento y concentración del producto a las que fueron expuestas, con un trozo de algodón humedecido en su interior para mantener un aproximado de 80 % de humedad relativa.

Se procedió entonces a realizar las disoluciones de los ixodicidas seleccionados (Tabla 3) para usar en este estudio, a la concentración recomendada por el fabricante y a una doble concentración en el caso de Cipermetrina, Amitraz y Diclorvos, para el caso de Fipronil se procedió de una forma diferente, se tomó un trozo de papel Whatman de ocho centímetros de largo por ocho centímetros de ancho y se impregno con 0.5 ml de producto a la concentración original (Tabla 1). Para el resto de los tratamientos se colocaron 10 ml de cada una de las soluciones en una placa Petri, para posteriormente adicionar las garrapatas en esta y dejarlas inmersas durante 5 minutos, pasados los 5 minutos se procedió a retirarlas de la solución y colocarlas sobre un papel toalla para eliminar el excedente de solución y volverlas a colocar en la placa Petri asignada (Anexo 4). Cada uno de los grupos experimentales se incubaron en condiciones ambientales del laboratorio de parasitología durante 9 días, durante este periodo se procedió a supervisar diariamente todos los grupos experimentales y a recolectar datos de nuestro interés como lo es la mortalidad de las teoglinas para lo cual se tomó como criterios de inclusión lo cual se tomó en cuenta, así como la cantidad de garrapatas que se encontraba en ovoposición.

Tabla 3. Descripción de los ixodicidas de uso frecuente en las explotaciones ganaderas muestreadas y concentraciones usadas en el estudio.

Nombre comercial	Principio activo	Concentración 1	Concentración 2
Ciprometrina 25 %	Cipermetrina	250 ppm	500 ppm
Startox 20,8 %	Amitraz	200 ppm	400 ppm
Torvan 76 %	Diclorvos	760 ppm	1500 ppm
Ectobull 1 %	Fipronil.	1 mg	

Se les dio seguimiento durante 9 días a todos los grupos experimentales con el objetivo de evaluar la mortalidad de estas. Tomando el movimiento de las extremidades y hemolinfa como criterios para garrapatas vivas.

### 2. Inhibición de la ovoposición.

De las placas Petri con las hembras ingurgitadas se procedió de determinar la cantidad de hembras que oviponen después de haber sido expuesto a los productos químicos de interés en esta evaluación.

A los 14 días iniciado el experimento se procedió a retirar todos los huevos pesarlos en una báscula electrónica y calcular el índice de inhibición de la ovoposición (3). Los huevos del grupo control se colocaron en tubos de ensayos para posterior a su eclosión realizar con estos la prueba paquete de larva (Anexo 5).

$$PIO = \frac{\text{Peso total de huevos}}{\text{Peso inicial de teologinas}} * 100$$

### 3. Prueba paquete de larvas.

En esta prueba se utilizaron soluciones con las mismas concentraciones a las que se sometieron las hembras ingurgitadas de la prueba de mortalidad de adulto.

Se procedió a realizar sobres con papel filtro Whatman de 8x8 y rotularlos con el origen y tratamiento y concentración correspondiente. Posterior a esto se impregnaron con las soluciones de los ixodicidas iniciando con los sobres del grupo

control al que solo les añadió agua destilada, procediendo luego con las soluciones de los ixodicidas en orden de menor a mayor concentración para evitar sesgos por contaminación, una vez impregnados todos los sobres con las soluciones correspondiente se procedió a dejarlos secar.

Una vez secos los sobres se introdujeron un aproximado de 100-150 larvas sellando los sobres con pinzas para evitar que estas se escaparan de los sobres. Pasadas las 24 horas de este proceso se procedió a realizar la lectura de los resultados.

La lectura de los resultados de la mortalidad de los paquetes de larvas se realizó en el mismo orden en que se prepararon los tratamientos, empezando por las pruebas de control y seguido de los tratamientos en orden de menor a mayor concentración. Según como se explica en el manual de diagnóstico de resistencia y estrategias para el control de parásitos en rumiantes de la ONU (34) los criterios tomados en cuenta para considerar las larvas vivas es la capacidad de estas para caminar, no se toman como larvas vivas las que únicamente mueven las extremidades.

Para el conteo de mortalidad se tomaron primeramente las larvas vivas con un pincel y se colocaron sobre un algodón humedecido con agua, para luego hacer el conteo de las larvas muertas y finalmente adicionar al conteo el total de larvas vivas.

$$\text{Mortalidad PPL: } \frac{\text{Larvas muertas}}{\text{Larvas totales}} * 100$$

#### **4.7 Análisis de los datos.**

Los registros de las pruebas de inmersión de adultas (Anexo 6), teologinas en ovoposición (Anexo 7) y mortalidad de la prueba paquete de larvas se guardaron en el programa Microsoft Excel. Para realizar el análisis de resultado se emplearon las fórmulas diseñadas por Drummond y establecidas por la ONU para el correcto diagnóstico de resistencia de garrapatas en bovinos (19, 20).

## 5. Resultados y discusión.

La efectividad de los ixodicidas evaluada en la prueba *In-vitro* determinando la mortalidad de garrapatas adultas fue diferente en las tres fincas muestreadas (Figura 10). En las garrapatas seleccionadas en la finca 3 se encontró menor resistencia a los cuatro ixodicidas evaluados, ya que los 4 tratamiento en sus dos concentraciones demostraron más del 70 % de eficacia, para el caso de Fipronil y Diclorvos a doble concentración fueron los tratamientos más efectivos con un 95 % y 100 % de mortalidad respectivamente. El tratamiento menos efectivo fue Amitraz, aplicado a la concentración indicada por el fabricante, observando un 75 % de mortalidad.

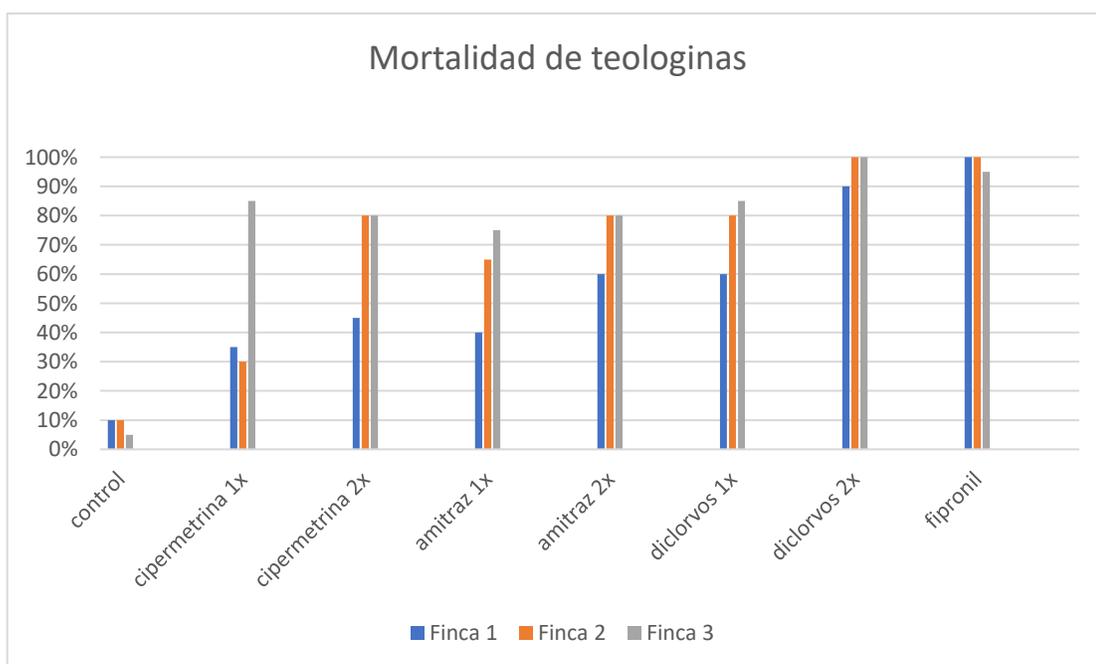


Figura 10. Resultados de la mortalidad *in vitro* (%) según el tratamiento aplicado en las tres fincas en estudio.

Los tratamientos de Fipronil y Diclorvos a doble concentración aplicados a las garrapatas provenientes de la finca 2 obtuvieron un 100 % de eficacia, en contraste al tratamiento de Cipermetrina que, a la concentración indicada, solamente logró un 30 % de mortalidad en las garrapatas.

Finalmente, en la finca 1 fue en donde se encontró el mayor índice de resistencia hacia los ixodicidas usados. Obteniendo 35, 40 y 45 % de mortalidad para Cipermetrina, Amitraz y Cipermetrina a doble concentración respectivamente, 100% y 90 % de mortalidad para los tratamientos de Fipronil y Diclorvos a doble concentración respectivamente.

Los resultados de la exposición de las garrapatas adultas a los diferentes ixodicidas variaron, siendo de forma general Fipronil y Diclorvos los que demostraron ser más eficaces, por el contrario, los tratamientos con Amitraz y Cipermetrina los menos efectivos, la diferencia de resultados como los expuestos en este estudio ha sido documentada ya anteriormente y son varios los factores implicados en esto, tanto socioeconómicos (21, 22) como factores farmacológicos de ixodicidas (23, 24).

Farmacológicamente hablando el Amitraz es un acaricida específico (40), sin embargo la inadecuada aplicación que se ha venido realizando desde su lanzamiento al mercado es lo que ha provocado que las garrapatas sean resistente a este en todo el mundo (8, 26), por otro lado Cipermetrina es un ixodicidas genérico no es específico contra ácaros, pero es muy usado en la ganadería para el control de ectoparásitos por su bajo costo. Contrario a ixodicidas organofosforados como Diclorvos que tiene un costo monetario mayor.

De los factores socioeconómicos se destacan la preferencia de los productores del uso de los ixodicidas con menor costo, tal es el caso de la Cipermetrina y Amitraz lo que conlleva a la incidencia de otro de otro factor de relevancia, la rotación de ixodicidas, ya que, siendo la Cipermetrina y Amitraz los de menos valor no se realiza la rotación de ixodicidas de los diferentes grupos químicos favoreciendo la resistencia a estos (42), la dosificación inadecuada es otra de las prácticas que se realiza en las fincas ganaderas (43).

Los resultados de la mortalidad hacia los ixodicidas de las garrapatas muestreadas en la finca 3 indica que estos fueron más efectivos en esta finca que en las otras, esto debido al poco manejo químico empleado por el propietario contra las garrapatas, alegando que realiza baños con ixodicidas dos veces al año como máximo, por el contrario en la finca 2 y en la finca 1 realizan control químico de

forma más periódicas, siendo esta en donde más baños con ixodicidas se aplican con un intervalo entre baños de 15 días aproximadamente.

La mortalidad ocasionada por Fipronil en la finca 2 posterior al tratamiento fue evidente, 18 de las 20 garrapatas habían muerto al tercer día y al día 6 se obtuvo un 100 % de mortalidad. Cipermetrina en cambio luego de los 9 días de seguimiento de esta prueba solo habían perecido seis garrapatas (Figura 11).

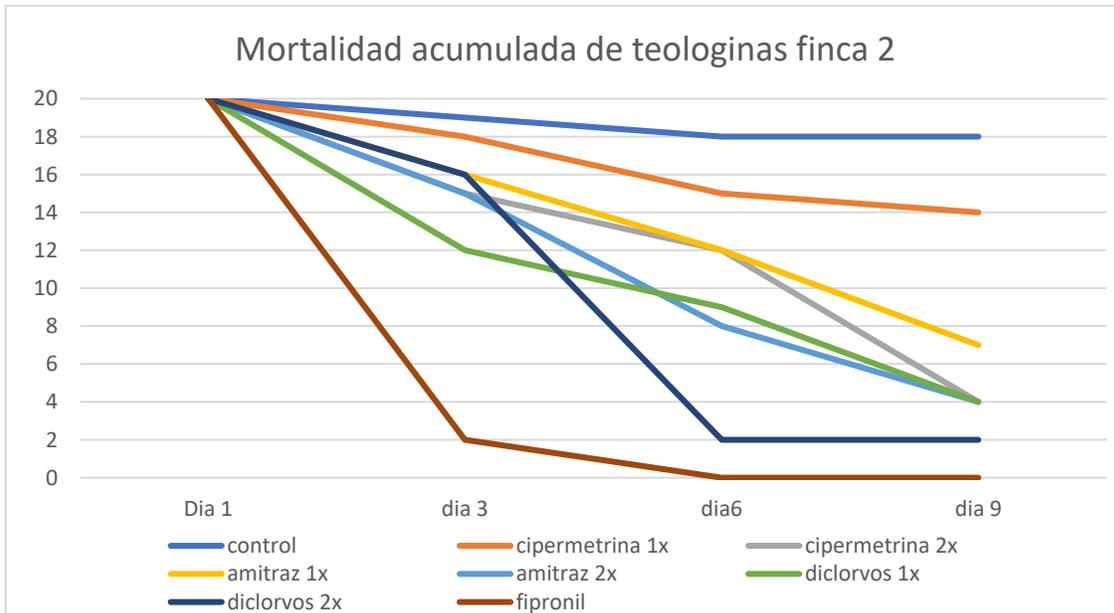


Figura 11. Resultados de mortalidad acumulada de teologinas seleccionadas en la finca 2.

La mortalidad ocasionada por Fipronil en la finca 1 posterior al tratamiento también fue evidente, ya que 17 de las 20 garrapatas habían muerto al tercer día y al día 6 se obtuvo un 100 % de mortalidad. Por la aplicación de Cipermetrina, en cambio, luego de los nueve días de seguimiento durante esta prueba solo habían perecido 7 garrapatas (Figura 12).

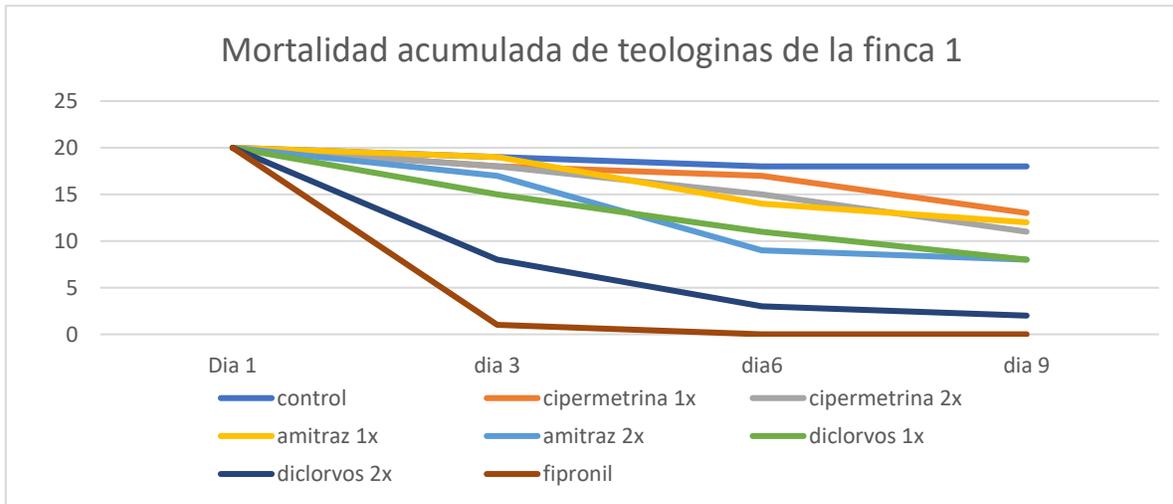


Figura 12. Resultados de mortalidad acumulada de teologinas obtenidos en la finca 1.

La mortalidad ocasionada por Fipronil y Diclorvos a doble concentración en la finca 3 fue muy bueno, al día 6 Diclorvos a doble concentración había provocado la muerte de las 20 teologinas de este grupo y al día 9 de solamente había u garrapata viva en el grupo experimental de Fipronil (Figura 13).

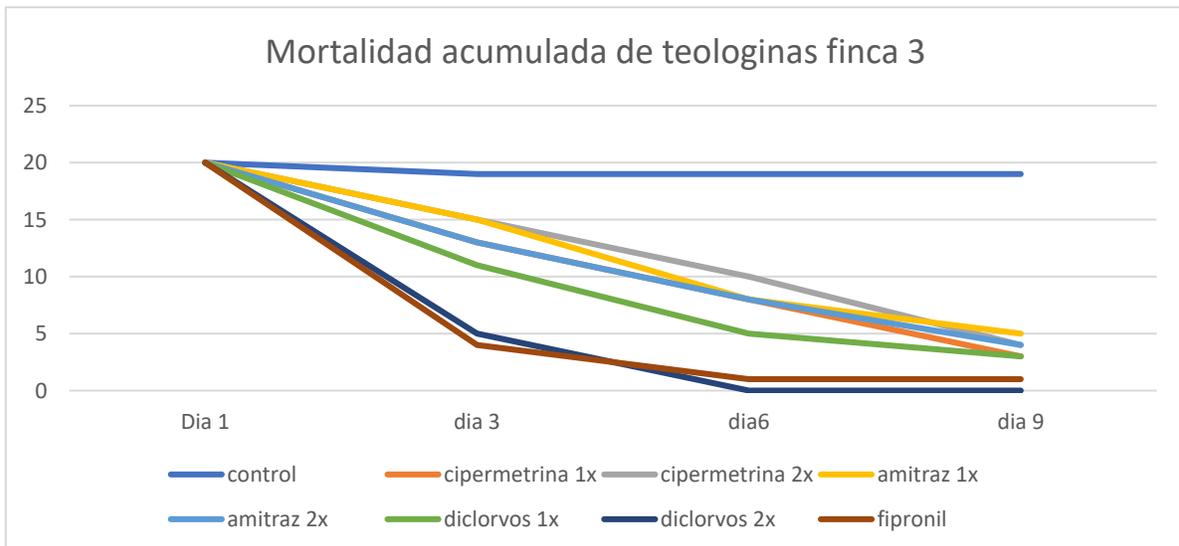


Figura 13. Resultados de mortalidad acumulada de teologinas seleccionadas en "la finca 3.

En la prueba de inhibición de la ovoposición se encontró que las tres fincas muestreadas Fipronil y Diclorvos a doble concentración lograron un 100 % en la inhibición de la ovoposición (Figura 14).

La finca 3 fue en donde se obtuvo mejores resultados para este parámetro, siendo Cipermetrina a doble concentración el tratamiento con menor índice de inhibición de la ovoposición, ya que el 25 % del peso inicial de las teologinas fue convertido en huevos, ambos tratamientos con Diclorvos y Fipronil tuvieron un 100 % de efectividad de la inhibición de la ovoposición.

En la finca 2 se encontró un alto índice de conversión del peso inicial de las hembras en huevos para Cipermetrina a la concentración indicada por el fabricante con un 86 y 14 % para Diclorvos.

En la finca 1 el valor máximo de conversión de peso inicial de las hembras en huevos se obtuvo con el tratamiento de Cipermetrina a la concentración indicada por el fabricante con un 41 % y Amitraz a doble concentración 21 %.

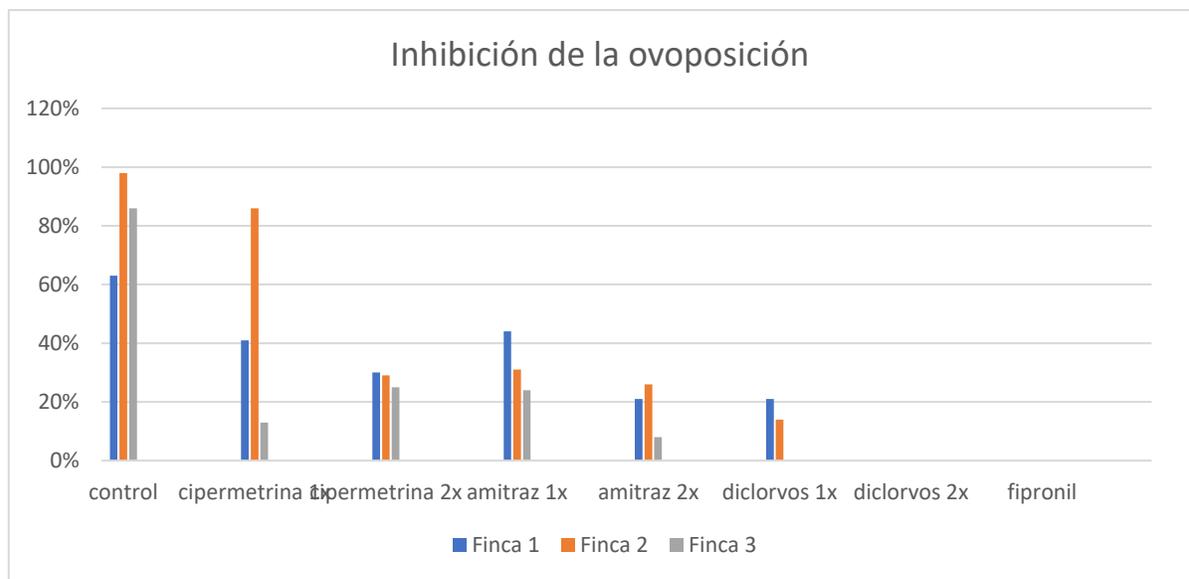


Figura 14. Resultados de la inhibición de la ovoposición in vitro (%) según el tratamiento aplicado en las tres fincas en estudio.

Dado que el porcentaje de ovoposición está estrechamente ligada a la mortalidad de las teologinas (42) los resultados obtenidos de este parámetro también son

concluyentes en la existencia de resistencia hacia los ixodicidas. Se esperaba que los grupos tratados con Amitraz tuvieran uno de los porcentajes de ovoposición más bajo entre todos los grupos experimentales, ya que este tiene mecanismos de acción que afectan el proceso de oviposición y la eclosión, tales como la acción de la octopamina, neuromodulador involucrado en el comportamiento reproductivo de los artrópodos, por actividad sobre receptores específicos en el oviducto, lo cual, potencia la acción letal de la molécula para inhibir la ovoposición como lo exponen en un estudio realizado en el año 2014 (42), Sin embargo esto no concuerda con los resultados obtenidos en este estudio para la inhibición de la ovoposición.

Los resultados obtenidos en otro trabajo investigativo en Colombia en el que tenían como objetivo diagnosticar resistencia a los mismos ixodicidas se encontraron valores similares en cuanto el porcentaje de ovoposición (41) en este mismo trabajo se describe también que las causas de la aparición de resistencia en esta población de garrapatas se debe al uso repetitivo del producto, lo que ejerce una fuerte presión de selección, así como también la inadecuada dosificación del producto.

Los resultados obtenidos con Diclorvos en las tres pruebas sugieren que este ixodicidas es hasta el momento efectivo para el control de las garrapatas en el ganado, caso contrario sucede con el Amitraz y Cipermetrina quedando demostrado que en las tres fincas existe resistencia contra estos, resultados similares se ha encontrado en varios estudios como el realizado en la Universidad Nacional Agraria por Membreño y Ortiz en el año 2015 (44) en el cual midieron el grado de efectividad *In-vitro* de tres ixodicidas, clorpirifos, el cual pertenece al mismo grupo químico del Diclorvos, Cipermetrina y Amitraz, resultando Clorpirifos que mejores resultados demostró para la inhibición de la ovoposición. Otro estudio realizado en Colombia en el cual utilizaron Metrifonato (organofosforado), Amitraz y Cipermetrina para diagnosticar la resistencia *In-vitro* con garrapatas de la especie *R. microplus*, obtuvieron resultados similares, siendo el ixodicidas del grupo de los organofosforados que obtuvo mejores resultados para la inhibición de la ovoposición con 96 %, para Amitraz 44,6 y 45,5 % para Cipermetrina (41).

Los resultados de la prueba paquete de larva de las tres fincas muestreados nos indican que la descendencia de las garrapatas tratadas con los ixodicidas presentó poca resistencia, Con resultados entre 90 al 100 % de mortalidad (Figura 15). Los tres tratamientos aplicados a las muestras recolectadas en la finca 3, dos presentaron una efectividad mayor que el 95 % y solamente Amitraz obtuvo un 93 % de mortalidad.

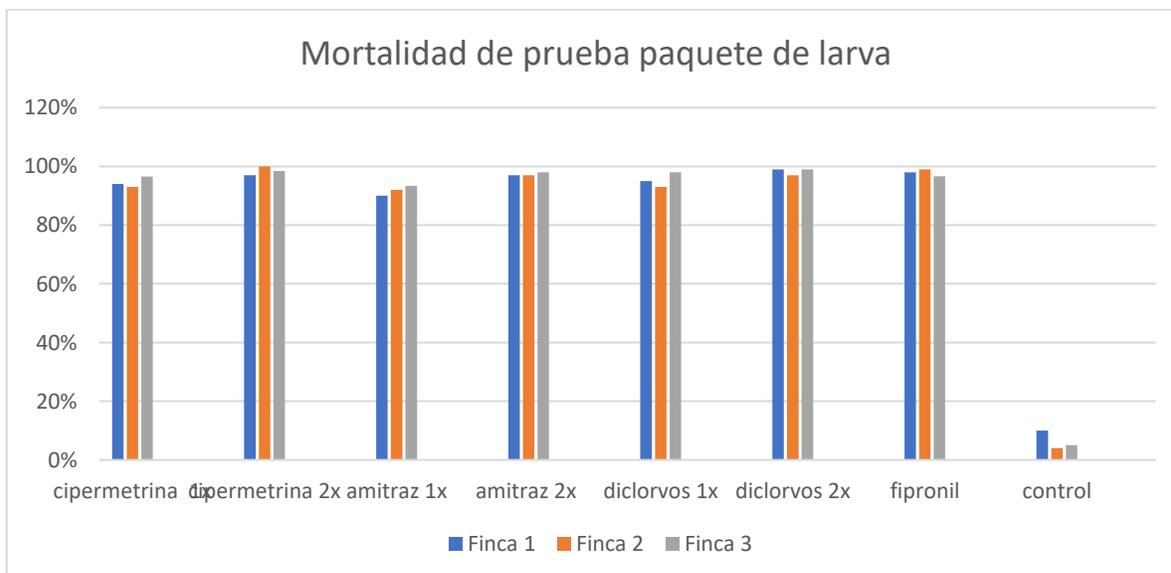


Figura 15. Resultados de la mortalidad de larvas in vitro (%) según el tratamiento aplicado en las tres fincas en estudio.

Los resultados obtenidos de Fipronil como tratamiento para el control de las garrapatas en el ganado nos induce a pensar que este es un elemento prometedor, ya que fue el que mejores resultados obtuvo en las tres pruebas realizadas, sin embargo se necesita hacer más estudios al respecto, para poder validar este dato, ya que los autores de diferentes señalan que la aplicación de este producto in vivo en el ganado bovino demostró ser muy poco efectivo (30, (46) , También existe un estudio realizado en Brasil con 11 diferentes poblaciones de garrapatas expuestas a Fipronil en el que documento por primera vez resistencia de *R. microplus* hacia este mediante el uso de prueba paquete (47), así mismo en Uruguay también se realizó la evaluación de resistencia *In-vitro* para Fipronil encontrando resultados similares a los encontrados en Brasil para la resistencia de la garrapata del ganado

hacia Fipronil (48). Pudiendo ser la falta de una técnica especializada para el diagnóstico de resistencia hacia este lo que ocasionó que en este estudio las garrapatas estuvieran expuestas a una alta concentración del producto lo que provocó una alta mortalidad en las pruebas empleadas, La concentración que se usó de Fipronil en este estudio fue sumamente alta y es por eso que la mortalidad de las tres pruebas fue alta. Se deberían de realizar estudios más detallados con las técnicas adecuadas para el diagnóstico *In-vitro* de resistencia hacia Fipronil.

## 6. Conclusiones.

La tasa de mortalidad de hembras adultas de la especie *Rhipicephalus microplus*, hacia los ixodicidas evaluados en la prueba *In-vitro*, varió entre las fincas muestreadas, siendo Fipronil y Diclorvos los tratamientos que ocasionaron mayor porcentaje de mortalidad. Mientras Cipermetrina y Amitraz se consideran poco efectivos, por la baja tasa de mortalidad obtenida.

Los resultados obtenidos con los tratamientos de Cipermetrina y Amitraz mostraron poca efectividad en la inhibición de la ovoposición de las garrapatas adultas, lo que probablemente radica en una resistencia hacia estos compuestos. Mientras en las garrapatas tratadas con Diclorvos y Fipronil el índice de conversión de masa total inicial en huevos fue baja.

Todos los ixodicidas usados en este estudio para evaluar la mortalidad de las larvas mediante la prueba *In-vitro* paquete de larvas, se mostraron efectivas ya que los valores para la mortalidad de los diferentes ixodicidas fueron desde un 93 hasta el 100 %, infiriendo así que la descendencia de las poblaciones de garrapatas de las diferentes fincas tiene menor resistencia que las hembras adultas.

## **7. Recomendaciones.**

Estandarizar una prueba que permita evaluar la resistencia de las garrapatas hacia Fipronil en estudios posteriores a este.

Instar a los propietarios de las tres explotaciones ganaderas muestreadas en la importancia de un buen plan de control integral de la garrapata, para disminuir el riesgo de la aparición de resistencia de las garrapatas hacia los ixodicidas.

Realizar sesiones de acompañamiento didáctico sobre la importancia del correcto manejo y dosificación de los ixodicidas usados en el control de los ectoparásitos en los bovinos.

Buscar alternativas para el control de las garrapatas más amigables con el medio ambiente, que dejen pocos residuos o en el mejor de los casos nulos que interfieran con el funcionamiento normal del ecosistema.

## 8. Bibliografía.

1. Bowman DD. Georgi. Parasitología para veterinarios. Elsevier Health Sciences; 2022. 528 p.
2. Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos. Embrapa; 2013.
3. Docslib [Internet]. [citado 10 de marzo de 2024]. Guidelines Resistance Management and Integrated Parasite Control in Ruminants. Disponible en: <https://docslib.org/doc/5704004/guidelines-resistance-management-and-integrated-parasite-control-in-ruminants>.
4. Gallegos DPB. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS. :54.
5. Alianza SIDALC [Internet]. [citado 27 de abril de 2022]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=029862>.
6. Alianza SIDALC [Internet]. [citado 27 de abril de 2022]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=025386>
7. Rhipicephalus microplus: biología, control y resistencia.
8. de la Fuente J, Estrada-Peña A, Rafael M, Almazán C, Bermúdez S, Abdelbaset AE, et al. Perception of Ticks and Tick-Borne Diseases Worldwide. Pathogens. octubre de 2023;12(10):1258.
9. Pathogens | Free Full-Text | Global Distribution of Babesia Species in Questing Ticks: A Systematic Review and Meta-Analysis Based on Published Literature [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-0817/10/2/230>.
10. Beware of babesiosis: A rare and severe case causing death - ScienceDirect [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0735675718307149>
11. LA ENFERMEDAD DE LYME - Repositorio Institucional de Documentos [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/129158>
12. Behzadi MY, Mostafavi E, Rohani M, Mohamadi A, Ahmadinezhad M, Moazzezy N, et al. A Review on Important Zoonotic Bacterial Tick-Borne Diseases in the Eastern Mediterranean Region. J Arthropod-Borne Dis. 30 de septiembre de 2021;15(3):265-77.

13. Worldwide epidemiology of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus in humans, ticks and other animal species, a systematic review and meta-analysis | PLOS Neglected Tropical Diseases [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0009299>
14. An economic evaluation of cattle tick acaricide-resistances and the financial losses in subtropical dairy farms of Ecuador: A farm system approach | PLOS ONE [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0287104>
15. Sándor AD, Mihalca AD, Domşa C, Péter Á, Hornok S. Argasid Ticks of Palearctic Bats: Distribution, Host Selection, and Zoonotic Importance. *Front Vet Sci* [Internet]. 22 de junio de 2021 [citado 28 de abril de 2024];8. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.684737>
16. Quantitative models of Rhipicephalus (Boophilus) ticks: historical review and synthesis - Wang - 2017 - Ecosphere - Wiley Online Library [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecs2.1942>
17. Geographic distribution of the hard ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae) of the world by countries and territories | Zootaxa [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.mapress.com/zt/article/view/zootaxa.5251.1.1>
18. Systematics and evolution of ticks with a list of valid genus and species names | Parasitology | Cambridge Core [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/abs/systematics-and-evolution-of-ticks-with-a-list-of-valid-genus-and-species-names/D4A48C408D174138A6485838E00FF5C2>
19. Düttmann C, Flores B, Kadoch Z N, Bermúdez C S. Hard ticks (Acari: Ixodidae) of livestock in Nicaragua, with notes about distribution. *Exp Appl Acarol*. 1 de septiembre de 2016;70(1):125-35.
20. Repositorio Institucional, UNAN-León: Identificación molecular de rickettsia spp. En garrapatas de zonas rurales en los municipios El Sauce y Achuapa del departamento de León [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/7681>
21. Bickett-Weddle DA, Aquilino ML, Roth JA. The Cooperative University of Iowa / Iowa State University MPH Program. *J Vet Med Educ*. junio de 2008;35(2):173-6.
22. Pathogens | Free Full-Text | Ticks and Tick-Borne Diseases in Central America and the Caribbean: A One Health Perspective [Internet]. [citado 28 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-0817/10/10/1273>

23. Basu AK, Charles R. Ticks of Trinidad and Tobago - an Overview. Academic Press; 2017. 107 p.
24. Herrera J, Hernández C. INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y AGROTECNOLOGICAS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA 25-11-19. 2019.
25. Rodríguez-Vivas RI, Pérez-Cogollo LC, Rosado-Aguilar JA, Ojeda-Chi MM, Trinidad-Martinez I, Miller RJ, et al. *Rhipicephalus(Boophilus) microplus* resistant to acaricides and ivermectin in cattle farms of Mexico. Rev Bras Parasitol Veterinária. junio de 2014;23:113-22.
26. Meneghini LZ, Rübensam G, Bica VC, Ceccon A, Barreto F, Ferrão MF, et al. Multivariate Optimization for Extraction of Pyrethroids in Milk and Validation for GC-ECD and CG-MS/MS Analysis. Int J Environ Res Public Health. noviembre de 2014;11(11):11421-37.
27. Rodríguez-Vivas RI, Jonsson NN, Bhushan C. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. Parasitol Res. 1 de enero de 2018;117(1):3-29.
28. Wirkstoff: Fipronil - Pharmakologie [Internet]. [citado 29 de abril de 2024]. Disponible en: [https://www.vetpharm.uzh.ch/wirkstoffe/000000012006/8373\\_02.html](https://www.vetpharm.uzh.ch/wirkstoffe/000000012006/8373_02.html)
29. Alonso-Díaz MA, Rodríguez-Vivas RI, Fragoso-Sánchez H, Rosario-Cruz R. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. Arch Med Vet. 2006;38(2):105-13.
30. Rodríguez-Vivas RI, Hodgkinson JE, Trees AJ. Resistencia a los acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: situación actual y mecanismos de resistencia. Rev Mex Cienc Pecu. septiembre de 2012;3:9-24.
31. Miller RJ, Almazán C, Ortiz-Estrada M, Davey RB, George JE, De León AP. First report of fipronil resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* of Mexico. Vet Parasitol. 16 de enero de 2013;191(1):97-101.
32. Nava S, Mangold AJ, Simonato GE, Puntin E, Sproat M del C. Guía para la identificación de las principales especies de garrapatas que parasitan a los bovinos en la provincia de Entre Ríos, Argentina [Internet]. Ediciones INTA; 2019 [citado 3 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/5621>
33. Salvador E. PRINCIPALES ESPECIES DE. :66.
34. Guidelines resistance management and integrated parasite control in ruminants.

35. NOM-006-ZOO-1993 | Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria | Gobierno | gov.mx [Internet]. [citado 28 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-006-zoo-1993>
36. Saporiti T, Losiewicz S, Trelles A, Miraballes C, Correa FR, Cuore U, et al. Análisis del perfil de susceptibilidad de la garrapata *Rhipicephalus microplus* para cinco grupos químicos y factores asociados en poblaciones de campo del norte de Uruguay. *Vet Montev* [Internet]. junio de 2021 [citado 16 de abril de 2024];57(215). Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1688-48092021000101510&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1688-48092021000101510&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
37. Domínguez IJR. Resistencia de *Rhipicephalus (boophilus) microplus* a ixodicidas en ranchos bovinos del municipio Evangelista, Veracruz, México. 2013;
38. Cipermetrina. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2024 [citado 16 de abril de 2024]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cipermetrina&oldid=159064829>
39. Dismetrina® - Disagro Nicaragua [Internet]. [citado 16 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.disagro.com.ni/product/dismetrina/>
40. amitraz [Internet]. [citado 11 de abril de 2024]. Disponible en: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/29-amitraz>
41. Rodríguez-Pacheco JE, Pulido-Medellín MO, Garcia-Corredor DJ. Resistencia in vitro de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a organofosforados, piretroides y amitraz en el Departamento de Boyacá, Colombia. *Rev Fac Cienc Vet.* junio de 2017;58(1):17-23.
42. Araque A, Ujueta S, Bonilla R, Gómez D, Rivera J. RESISTENCIA A ACARICIDAS EN *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* DE ALGUNAS EXPLOTACIONES GANADERAS DE COLOMBIA. *Rev UDCA Actual Amp Divulg Científica.* junio de 2014;17(1):161-70.
43. Valdespino GHR, Ramirez AR, Mancera BD, Melgarejo SM, Beltran AH, Acosta PC, et al. SUR DE VERACRUZ, MÉXICO. 2009;
44. Membreño Rodríguez HJ, Ortiz Ayal DC. Efectividad de los garrapaticidas (piretroides, amidinas, organofosforados) in vitro bajo las condiciones ambientales de la finca experimental «Las Mercedes», municipio de Managua durante junio – septiembre 2015 [Internet] [bachelor]. Universidad Nacional Agraria, UNA; 2015 [citado 31 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3322/>
45. Nava S, Morel N, Mangold A, Guglielmone A. Un caso de resistencia de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) al fipronil detectado en pruebas de

campo en el este de Santiago del Estero, Argentina. FAVE Sección Cienc Vet. 2018;17(1):1-5.

46. Cuore U, Trelles A, Sanchis J, Gayo V, Solari MA. Primer diagnóstico de resistencia al Fipronil en la garrapata común del ganado *Boophilus microplus*. Vet Montev. 1 de enero de 2007;42(165-166):35-41.
47. Castro-Janer E, Martins JR, Mendes MC, Namindome A, Klafke GM, Schumaker TTS. Diagnoses of fipronil resistance in Brazilian cattle ticks (*Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*) using in vitro larval bioassays. Vet Parasitol. 29 de octubre de 2010;173(3):300-6.
48. Castro-Janer E, Rifran L, González P, Piaggio J, Gil A, Schumaker TTS. *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to fipronil in Uruguay evaluated by in vitro bioassays. Vet Parasitol. 19 de abril de 2010;169(1-2):172-7.

## 9. Anexos

Anexo 1.



Recolección de muestras en la finca 1.  
(Foto Zambrana, enero 2024)

Anexo 2.



Identificación taxonómica en el laboratorio de parasitología del Área de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinaria de la UNAN-LEÓN. (Foto Leytón enero 2024)



Anexo 3. Pesaje grupal de las garrapatas.  
(Foto Leytón enero 2024)



Anexo 4. Inmersión de teologinas adultas a los tratamientos. (Foto Leytón enero 2024)

Anexo 5.



Ovoposición de teologinas del grupo control. (Foto Leytón enero 2024).

Anexo 6.

Registro de mortalidad teologinas (número de hembras adultas muertas).								
Día	Control	Amitraz 1x	Amitraz 2x	Cipermetrina 1x	Cipermetrina 2x	Diclorvos 1x	Diclorvos 2x	Fipronil
3								
6								
9								

Anexo 7.

Registro inhibición de la ovoposición (observación ovoposición).								
Día	Control	Amitraz 1x	Amitraz 2x	Cipermetrina 1x	Cipermetrina 2x	Diclorvos 1x	Diclorvos 2x	Fipronil
3								
6								
9								

