



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**TESIS DE LICENCIATURA**

**EFECTO IXODICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Rosmarinus officinalis* SOBRE LARVAS DE *Rhipicephalus microplus***

**Para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista**

**PRESENTA**

Daniel Melo Guzmán

**Directora**

Dra. Nallely Rivero Perez

**Codirector**

Dr. Edgar Castro Saínes

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

## TESIS DE LICENCIATURA

**EFFECTO IXODICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Rosmarinus officinalis* SOBRE LARVAS DE *Rhipicephalus microplus***

**Para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista**

### **PRESENTA**

Daniel Melo Guzmán

### **Directora**

Dra. Nallely Rivero Perez

### **Codirector**

Dr. Edgar Castro Saínes

### **Asesores**

Dr. Rodolfo Esteban Lagunes Quintanilla

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Dr. Agustín Olmedo Juárez

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

*Institute of Agricultural Sciences*

Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

*Academic Area of Veterinary Medicine and Zootechnics*

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, a 27 de noviembre del 2025

**Asunto:** Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia **Daniel Melo Guzmán**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado “titulado **“EFECTO IXODICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Rosmarinus officinalis* SOBRE LARVAS DE *Rhipicephalus microplus*”**”, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

**PRESIDENTE** Dr. Adrian Zaragoza Bastida

**SECRETARIO** Dra. Nallely Rivero Perez

**VOCAL 1** Dr. Agustín Olmedo Juárez

**VOCAL 2** Dr. Rodolfo Esteban Lagunes Quintanilla

**SUPLENTE 1** Dr. Edgar Castro Saines

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

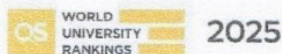
Atentamente

“Amor, Orden y Progreso”

**Dra. Maricela Ayala Martínez**  
**Coordinadora de Programa**  
**Educativo de Medicina Veterinaria**  
**y Zootecnia.**

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,  
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,  
México. C.P. 43775.  
Teléfono: 7717172001 Ext. 42105  
mvzjefatura@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



uaeh.edu.mx

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por permitir mi formación como Médico Veterinario Zootecnista.

Al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por las instalaciones y material otorgado.

A la Dra. Nallely por ser parte de mi formación como Médico Veterinario, por sus regaños, consejos, por creer en mí, por siempre impulsarme en crecer cada día más y por todo el apoyo.

Al Dr. Adrian por ser parte de este trabajo, por sus consejos y confianza depositada en mí.

Al Dr. Rodolfo por los conocimientos y tiempo brindado.

Al Dr. Edgar por los conocimientos y tiempo brindado.

Al Dr. Agustín por la confianza, paciencia y conocimientos brindados.

Al Dr. Misael por la paciencia, conocimientos brindados, confianza, por los consejos y marcar en mí el amor por la parasitología.

A Daniel y Aranza por haberme invitado a trabajar este proyecto juntos.

## **Dedicatoria**

Le dedico este trabajo a todos aquellos que estuvieron en mi desarrollo profesional y personal.

### **Dios**

Por darme la fuerza, coraje y perseverancia para hacer todo lo que se me proponga, pero sobre todo por nunca perder la fe.

### **Mis padres y hermano**

Por estar incondicionalmente a mi lado, por apoyarme en todos los sentidos durante mi formación y lo que llevo de vida, pero sobre todo por amarme.

### **Dana, Johan, Magali, Carla y Gaby**

Por ser mis amigos, cómplices y compañeros en la universidad y en la vida.

### **Yatzel (Mych)**

Por los 10 años que llevamos de amistad y siempre estar para mí cuando más lo necesito.

### **Aranza y Daniel**

Por acompañarme en este proceso, por ser mis amigos de laboratorio y de vida.

### **Yas, Nelly, Gio, Diana y Ximena**

Por recordarme que siempre es bueno tomar un respiro y apreciar el valor de la amistad.

### **Santiago**

Por hacerme ver la vida de una forma diferente.

## Índice

I. Glosario .....	<i>i</i>
II. Listado de figuras y cuadros .....	<i>ii</i>
III. Resumen .....	<i>iii</i>
IV. Abstract.....	<i>iv</i>
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico .....	3
2.1 Importancia de la ganadería bovina en México .....	3
2.1.1 Regiones ganaderas bovinas en México.....	3
2.2 Enfermedades en ganado bovino.....	4
2.2.2 Ectoparásitos de importancia zoonótica.....	4
2.2.3 Garrapatas en ganado bovino.....	5
2.3 <i>Rhipicephalus microplus</i> .....	5
2.3.1 Distribución geográfica .....	6
2.3.2 Ciclo biológico .....	8
2.4 Enfermedades transmitidas por <i>Rhipicephalus microplus</i> .....	9
2.4.2 Anaplasmosis .....	9
2.4.3 Babesiosis .....	10
2.5 Tratamientos ixodicidas .....	10
2.5.1 Piretroides sintéticos .....	10
2.5.2 Amidinas .....	11
2.5.3 Organofosforados .....	11
2.5.4 Lactonas macrocíclicas .....	11
2.5.5 Fenilpirazolonas .....	12
2.5.6 Inhibidores del crecimiento.....	12
2.5.7 Isoxazolinas .....	12
2.6 Resistencia antiparasitaria.....	13
2.6.1 Resistencia cruzada .....	13
2.6.2 Resistencia múltiple.....	13
2.7 Alternativas de control .....	13
2.7.1 Metabolitos secundarios de las plantas .....	14

2.7.2 Aceites esenciales .....	14
2.8 <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	15
2.8.1 Propiedades medicinales .....	15
2.8.2 Bioactividad del 1,8-cineol, $\alpha$ -pineno y $\beta$ -pineno .....	16
3. Planteamiento del problema .....	17
4. Justificación.....	18
5. Hipótesis .....	19
6. Objetivos .....	20
6.1. General.....	20
6.2. Específicos .....	20
7. Materiales y métodos .....	21
7.1 Obtención del material vegetal .....	21
7.1.1 Extracción del aceite esencial .....	21
7.3. Localización del área experimental .....	22
7.4 Material biológico .....	23
7.5 Preparación de los tratamientos.....	23
7.6 Evaluación del aceite esencial de <i>Rosmarinus officinalis</i> sobre larvas de <i>R. microplus</i> .....	24
7.7 Determinación de la mortalidad larvaria.....	25
7.8 Análisis estadístico .....	25
8. Resultados .....	26
8.1 Aceite esencial .....	26
8.2 Mortalidad larvaria .....	26
9. Discusión .....	29
10. Conclusión .....	33
11. Referencias .....	34
12. Anexos .....	45
12.1 Participación en eventos académicos .....	45
12.2 Estancias realizadas .....	46

## I. Glosario

Termino	Significado
RL	Rosmarinus officinalis
CL <sub>50</sub>	Concentración letal 50
CL <sub>90</sub>	Concentración letal 90



## II. Listado de figuras y cuadros

**Figura 1.** Características morfológicas de una garrapata hembra adulta (Acevedo-Gutiérrez *et al.*, 2020).

**Figura 2.** Distribución mundial de *R. microplus* (Marques *et al.*, 2020).

**Figura 3.** Estatus zoosanitario de *R. microplus* en México (SENASICA, 2024).

**Figura 4.** Ciclo biológico de *R. microplus* (Díaz y Agustín, 2022).

**Figura 5.** CENID-SAI del INIFAP, Jiutepec Morelos, México.

**Figura 6.** *Rosmarinus officinalis*.

**Figura 7.** Alambique de cobre para la extracción por arrastre de vapor.

**Figura 8.** Fase larvaria de *R. microplus*.

**Figura 9.** Diluciones utilizadas para la prueba de inmersión de larvas.

**Figura 10.** Inmersión de larvas en los diferentes tratamientos.

**Figura 11.** Sellado de paquetes de larvas e incubación.

**Figura 12.** Cuantificación de larvas vivas y muertas.

**Figura 13.** Aceite esencial de *R. officinalis*.

**Figura 14.** Concentraciones letales 50 y 90 de *R. officinalis* sobre la mortalidad larvaria de *R. microplus*.

**Cuadro 1.** Porcentaje de mortalidad larval de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* expuestos a un aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*.

### III. Resumen

El ganado bovino, se ve afectado por múltiples factores los cuales limitan su óptimo desarrollo, principalmente factores de origen biológico, como las infecciones causadas por bacterias, virus, hongos y parásitos. Las infestaciones por garrapatas, como *Rhipicephalus* spp. en ganado bovino, causan diversas afecciones externas e internas, al ser un vector de diferentes enfermedades, por lo que son un riesgo para la salud animal. Como medida de control de estos ectoparásitos, se ha utilizado por mucho tiempo antiparasitarios de contacto y sistémicos de amplio espectro. Sin embargo, el mal uso de estos fármacos ha propiciado el fenómeno de resistencia a ixodicidas. Por lo que se buscan alternativas de control, efectivas, naturales y amigables con el medio ambiente, como los productos obtenidos a partir de plantas, entre ellos los aceites esenciales con propiedades medicinales destacando su potencial, antiinflamatorio, antiespasmódico, analgésico y antimicrobiano. *Rosmarinus officinalis* es un arbusto con múltiple bioactividad debido a los metabolitos secundarios que posee, como 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno. Por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar el potencial ixodicida del aceite esencial de *R. officinalis* sobre larvas de *Rhipicephalus microplus*, mediante la prueba de inmersión larvaria *in vitro*. Se extrajo aceite esencial de *R. officinalis* mediante la técnica de arrastre de vapor, con un rendimiento de 1.51% del aceite esencial, posteriormente se realizó la prueba de inmersión de larvas, con aceite esencial de *R. officinalis*, a 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.12 % por triplicado en paquetes larvarios de cada concentración del aceite esencial y del control negativo, dando como resultado, 100, 100, 100, 95 y 9.38 % de mortalidad larvaria, las concentraciones letales 50 y 90 (CL<sub>50</sub> y CL<sub>90</sub>), fueron 0.15 y 0.23 %. El aceite esencial de *R. officinalis* presentó potencial actividad ixodicida frente a larvas de *R. microplus* a porcentajes del 2 al 0.25%. Por lo que podría ser una alternativa de tratamiento funcional, al interferir con una parte del ciclo biológico de este artrópodo.

**Palabras clave:** *Rhipicephalus microplus*, *Rosmarinus officinalis*, Mortalidad larvaria, aceite esencial.

#### IV. Abstract

Cattle are affected by multiple factors that limit their growth, mainly biological factors such as infections caused by bacteria, viruses, fungi, and parasites. Tick infestations, such as those by *Rhipicephalus* spp. in cattle, cause various external and internal conditions and act as vectors of different diseases, posing a risk to animal health. As a control measure for these ectoparasites, broad-spectrum contact and systemic antiparasitic agents have long been used. However, the misuse of these drugs has led to the development of resistance to ixodicides. Therefore, effective, natural, and environmentally friendly alternatives are being sought, such as plant-derived products, including essential oils with medicinal properties, notable for their anti-inflammatory, antispasmodic, analgesic, and antimicrobial potential. *Rosmarinus officinalis* is a shrub with multiple bioactivities due to its secondary metabolites, such as 1,8-cineole,  $\alpha$ -pinene, and  $\beta$ -pinene. The aim of the present study was to determine the ixodicidal potential of *R. officinalis* essential oil on *Rhipicephalus microplus* larvae through an *in vitro* larval immersion test. Essential oil from *R. officinalis* was extracted using steam distillation, yielding 1.51% of essential oil. Subsequently, the larval immersion test was conducted using *R. officinalis* essential oil at concentrations of 2, 1, 0.5, 0.25, and 0.12%, in triplicate, on larval packets of each concentration and on the negative control. The results showed larval mortalities of 100, 100, 100, 95, and 9.38%, respectively. The lethal concentrations (LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub>) were 0.15 and 0.23%. *R. officinalis* essential oil showed potential ixodicidal activity against *R. microplus* larvae at concentrations ranging from 2% to 0.25%. Therefore, it could represent a viable alternative treatment by interfering with part of this arthropod's biological cycle.

**Keywords:** *Rhipicephalus microplus*, *Rosmarinus officinalis*, larval mortality, essential oil.

## 1. Introducción

La ganadería bovina constituye una de las actividades agropecuarias más importantes a nivel mundial, no solo por su relevancia económica, sino también por su papel en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. En México, esta actividad representa un componente esencial del sector primario, especialmente en comunidades rurales donde el ganado bovino es fuente de alimento, empleo y sustento económico (FAO, 2020). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2025), en 2022 el país contaba con aproximadamente 24.8 millones de cabezas de ganado bovino, de las cuales más de dos millones correspondían a vacas en ordeña, con una producción diaria de más de 31 millones de litros de leche. Los estados de Veracruz, Jalisco, Durango, Coahuila, Chihuahua y Aguascalientes destacan como los principales productores a nivel nacional, consolidando a México como una potencia ganadera en América Latina (Hernández et al., 2011; INEGI, 2025). Sin embargo, la ganadería mexicana enfrenta múltiples desafíos que afectan su productividad y sustentabilidad, entre ellos las enfermedades parasitarias transmitidas por ectoparásitos, las cuales representan una amenaza constante para la salud y el rendimiento animal (Ruiz et al., 2024).

Las enfermedades parasitarias y en particular aquellas causadas por ectoparásitos, constituyen un serio problema en los sistemas de producción bovina. Estos organismos no solo ocasionan daños directos como irritación cutánea, anemia, pérdida de peso y disminución en la producción de leche y carne, también actúan como vectores de patógenos que pueden afectar tanto a los animales como a los humanos (Magaña-Monforte *et al.*, 2006). Entre los ectoparásitos más importantes se encuentra la garrapata *R. microplus*, anteriormente conocida como *Boophilus microplus*, reconocida por su alta capacidad de adaptación y su papel en la transmisión de enfermedades como la anaplasmosis y la babesiosis (Rojas *et al.*, 2021). La infestación por este parásito genera pérdidas económicas significativas y constituye una de las principales limitantes para el desarrollo de la ganadería en

zonas tropicales y subtropicales (Gonzalez *et al.*, 2012; Polanco-Echeverry & Ríos-Osorio, 2016).

En México, las enfermedades transmitidas por garrapatas, como rickettsiosis, babesiosis y anaplasmosis, representan un desafío tanto veterinario como sanitario. Su control es complejo debido a factores ambientales, biológicos y humanos, como el cambio climático, la movilidad de los animales y la resistencia a los ixodicidas (Oteo *et al.*, 2025). A través de la Campaña Nacional para el Control de la garrapata *Boophilus* spp., se han establecido zonas de control, erradicación y vigilancia, aunque la persistencia del ectoparásito en regiones cálidas y húmedas, especialmente en Veracruz, continúa siendo un obstáculo para lograr una ganadería sostenible (Rojas Martínez *et al.*, 2021; SENASICA, 2024). La variabilidad climática y la presencia de microambientes favorables para el desarrollo de las garrapatas explican su amplia distribución en el país (Estrada-Peña *et al.*, 2006; Sallent *et al.*, 2022).

Históricamente, el control de *R. microplus* se ha basado en el uso de acaricidas químicos como organofosforados, amidinas, piretroides sintéticos y lactonas macrocíclicas, los cuales actúan afectando el sistema nervioso del parásito (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). Sin embargo, el uso excesivo y continuo de estos productos ha generado resistencia en las poblaciones de garrapatas, reduciendo su eficacia y aumentando los costos de producción (Rivera, 2012). Este fenómeno, conocido como resistencia cruzada o múltiple, implica la capacidad del ectoparásito para sobrevivir a dosis letales de diferentes compuestos químicos, lo cual representa un serio problema para los programas de control sanitario (Membreño & Ortiz, 2015; Arriola, 2006). Además, el uso indiscriminado de estos productos ha provocado impactos negativos sobre el medio ambiente, la inocuidad de los alimentos y la salud humana (Jiménez & Márquez, 2003; Alonso-Díaz *et al.*, 2006).

Ante esta problemática, la búsqueda de alternativas ecológicas y sostenibles ha cobrado relevancia en los últimos años. Dentro de estas estrategias se encuentran el manejo integrado de plagas, la selección genética de animales resistentes, el uso de vacunas y, más recientemente, la aplicación de compuestos naturales derivados

de plantas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2018). Los extractos vegetales y aceites esenciales han demostrado poseer propiedades insecticidas, repelentes y acaricidas, atribuidas a la presencia de metabolitos secundarios como terpenos, flavonoides, taninos y alcaloides (Avalos & Pérez-Urria, 2009; Rivero-Pérez *et al.*, 2019). Estos compuestos ofrecen ventajas como su biodegradabilidad, bajo impacto ambiental y bajo riesgo de generar resistencia (Reyes, 2022; Bogado, 2022).

Entre las plantas de interés para el control biológico de garrapatas destaca *R. officinalis* (romero), una especie aromática de la familia *Lamiaceae* ampliamente utilizada en la medicina tradicional, la industria cosmética y farmacéutica (Andrade *et al.*, 2018). El aceite esencial de *R. officinalis* contiene compuestos como 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno, con reconocidas propiedades antibacterianas, antioxidantes e insecticidas (Nieto *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2008). Estudios recientes han demostrado que los extractos de romero poseen actividad biológica contra diferentes ectoparásitos, lo que lo convierte en una alternativa viable y sostenible frente al uso de productos químicos convencionales (Cai *et al.*, 2021; Limeira *et al.*, 2024).

Debido a lo antes mencionado, el objetivo de la presente investigación fue, determinar el efecto ixodicida del aceite esencial de *R. officinalis* sobre larvas de *R. microplus* susceptibles a ixodicidas, mediante pruebas *in vitro*, para proponer una alternativa de control y/o tratamiento de origen fitoquímico.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Importancia de la ganadería bovina en México**

La producción bovina a nivel mundial es una de las actividades productivas más relevantes, la cual satisface en gran medida las cadenas alimentarias, socioeconómicas y culturales (FAO, 2020), a nivel nacional, México conforma una de las cadenas productivas más prevalentes en zonas rurales y en todas las regiones agroecológicas del país, desarrollándose de acuerdo con las condiciones medioambientales y fines zootécnicos (Hernández *et al.*, 2011). En 2022, hubo un total de 24.8 millones de ganado bovino existente en México con un total de 2226462 de vacas en ordeña, las cuales produjeron 31851949 litros de leche por día, en cuanto a producción cárnica 1897060 cabezas de ganado con una producción de 504909 toneladas de carne, siendo los estados con mayor producción, Veracruz, Jalisco, Durango, Coahuila, Chihuahua y Aguascalientes; con un promedio de 3.1 % de leche producida para autoconsumo (INEGI, 2025).

#### **2.1.1 Regiones ganaderas bovinas en México**

La República Mexicana comprende cuatro regiones ecológica-ganaderas, debido a todas sus variantes climáticas; árida, semiárida, trópico seco, trópico húmedo y zona templada (Luna *et al.*, 2007), desarrollándose la producción bovina en distintos sistemas de producción; en bovinos carne, vaca-becerro, recría, engorde en corral, doble propósito y pie de cría; mientras que para bovinos de producción de leche comprende, especializado, familiar, doble propósito, traspatio o de subsistencia, respectivamente (Martínez-González *et al.*, 2017).

Las regiones ecológico-ganaderas comprenden a los principales estados productores de carne de bovino en México como, Veracruz en primer lugar, Jalisco, Chiapas, Sinaloa y Baja California (del Moral Barrera & Villanueva, 2015) y en cuanto a la producción lechera, los principales estados que destacan son,

Chihuahua, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Estado de México y Puebla (Ruiz *et al.*, 2024).

## **2.2 Enfermedades en ganado bovino**

A pesar de que la producción bovina es una de las actividades con gran prevalencia e importancia en la mayor parte del territorio mexicano, se ve inmersa en desafíos y limitaciones que propician un decremento en cuanto a la calidad y producción de la misma (Magaña-Monforte *et al.*, 2006), como las enfermedades infectocontagiosas que atacan al ganado bovino, producidas por un complejo de patógenos virales, bacterianos y parasitarios (Experto, 2005), siendo estos últimos los más prevalentes en zonas tropicales y subtropicales, produciendo pérdidas significativas para la producción bovina, incluyendo las infestaciones por garrapatas *R. microplus* en México, siendo esta de las más importantes, debido a la transmisión de diferentes patógenos como *Anaplasma marginale* y *Babesia* spp., siendo un riesgo para la salud bovina, debido a su gran adaptabilidad a diversos ecosistemas (Rojas *et al.*, 2021).

### **2.2.2 Ectoparásitos de importancia zoonótica**

Los ectoparásitos son aquellos artrópodos que infestan animales vertebrados, incluido el hombre, provocando problemas de salud a sus hospedadores debido al papel que fungen como hospederos intermediarios y/o vectores de diversos patógenos intracelulares (Sánchez *et al.*, 2016), los cuales incluyen, ácaros, garrapatas, pulgas y piojos, por mencionar los más comunes, caracterizándose por tener el *Phylum* más diverso, con características específicas, contando con un exoesqueleto quitinoso, apéndices articuladas, dando lugar a estructuras más desarrolladas como patas, antenas, mandíbulas, etc. Permitiéndole así desplazarse y a su vez la obtención de su alimento, sin embargo, en su ciclo de vida también les permite ser parte de diversos eslabones epidemiológicos, como parásito, vector e inclusive hospedero intermediario de algunos helmintos (Lareschi, 2017).



### 2.2.3 Garrapatas en ganado bovino

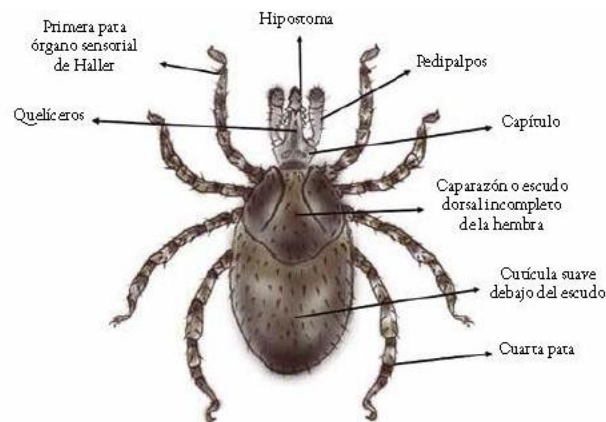
Las garrapatas que afectan al ganado bovino y demás especies se clasifican en tres familias, Ixodidae (garrapatas duras), poseen una lámina dorsal dura, la familia Argasidae (garrapatas blandas) las cuales carecen de lámina dorsal y Nuttalliellidae de origen africano y solo comprende una especie *Nuttalliella namaque*, (Gonzalez *et al.*, 2012), debido a sus hábitos hematófago; producen afecciones a su hospedero que van desde una acción traumática, toxica y expoliatriz como daños directos, por otra parte también pueden generar daños indirectos como, anemia, deterioro de la piel, disminución de la producción cárnica y lechera además de un lento desarrollo y representa una limitación en cuanto a la adaptación así como predisposición a enfermedades (Polanco-Echeverry & Ríos-Osorio, 2016).

### 2.3 *Rhipicephalus microplus*

La garrapata *R. microplus*, anteriormente conocida como *Boophilus microplus*, es el principal ectoparásito que afecta al ganado bovino en zonas tropicales y subtropicales (Perez-Cogollo *et al.*, 2010), se caracteriza por tener un solo hospedero siendo bovinos principalmente, sin embargo, se han encontrado en otras especies domésticas y silvestres como, caninos, caprinos, ovinos, équidos, capibaras y venados (Acevedo-Gutiérrez *et al.*, 2020), su clasificación taxonómica comprende un *phylum* Artrópoda, orden Acarina, clase Arácnida, suborden Metastigmata y perteneciente a la familia Ixodidae (Mendoza, 2021).

Su alimentación inicia desde la unión al hospedero lacerando la epidermis por medio de sus órganos bucales (quelíceros e hipostoma) los cuales les ayudan a anclarse, ambos ubicados en el *capitulum* como se observa en la (Figura 1) (Kanduma *et al.*, 2020), sin embargo, *R. microplus* realiza una serie de pasos para poder alimentarse correctamente, compuesta por, apetencia al hospedero, adherencia a la epidermis, posteriormente la búsqueda de un sitio de unión y penetración de sus órganos bucales a la epidermis y dermis, seguida la ingestión de sangre así como de fluidos del hospedero a su vez aumentando su volumen por la ingestión de sangre también

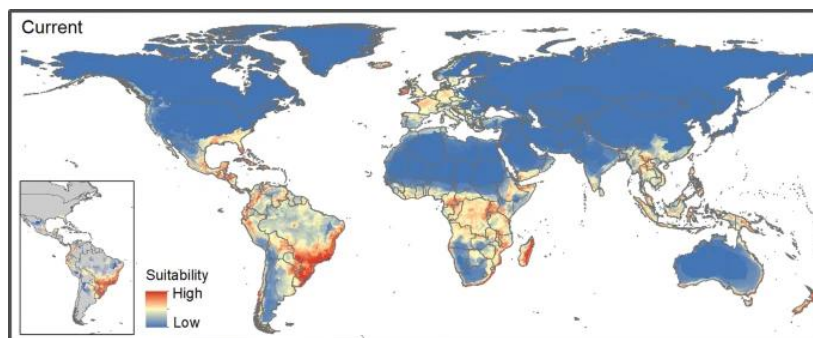
denominado ingurgitada, por último el desprendimiento de la cavidad bucal y separación de su hospedero (Polanco-Echeverry & Ríos-Osorio, 2016).



**Figura 1.** Características morfológicas de una garrapata hembra adulta (Acevedo-Gutiérrez *et al.*, 2020).

### 2.3.1 Distribución geográfica

*R. microplus* es uno de los artrópodos que se caracteriza por tener una amplia distribución, focalizándose en zonas tropicales y subtropicales, sin embargo, debido al cambio climático, principalmente asociado a un déficit hídrico y la temperatura (Nava *et al.*, 2011), se ha observado un cambio en su dinámica de distribución en América y Europa, destacando una prevalencia que va desde el sur de Estados Unidos, México, norte de Argentina, norte de Uruguay y Brasil, además de una distribución en parte de África subsahariana (excepto de Sudáfrica y Botsuana), Europa Occidental, Sudeste Asiático y Australia, como se muestra en la (Figura 2)(Marques *et al.*, 2020).



**Figura 2.** Distribución mundial de *R. microplus* (Marques *et al.*, 2020).

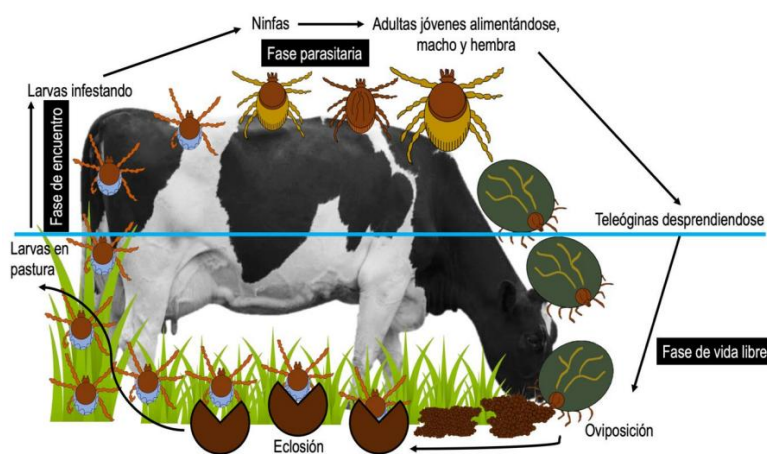
En México la presencia de *R. microplus* representa una limitante para la movilización nacional, tanto como su exportación a Estados Unidos y demás países (Domínguez *et al.*, 2016). En la República Mexicana se ha implementado la Campaña Nacional para el control de la garrapata *Boophilus* spp., donde los diferentes estados del territorio nacional se clasifica por estatus zoonosanitarios, como libre, erradicación y control, siendo Sonora, Tlaxcala, Aguascalientes, Baja California y Chihuahua (excepto municipios de Morelos, Guadalupe y Calvo) y Norte de Baja California Sur como libres de ectoparásitos; en erradicación Municipios de los Cabos, sur de la Paz, norte de Sinaloa y Coahuila; por último como control el resto del país, como se muestra en la (Figura 3), (SENASICA, 2024), destacando una mayor presencia en zonas mayormente cálidas y húmedas, por lo tanto la relación que existe en cuanto a su dinámica de población se ve estrechamente relacionada con cambio climático, en el caso de Veracruz se ha reportado todo el año (Estrada-Peña *et al.*, 2006).



**Figura 3.** Estatus zoonosanitario de *R. microplus* en México (SENASICA, 2024).

### 2.3.2 Ciclo biológico

El ciclo biológico de *R. microplus* se caracteriza por ser directo y desarrollarse en un solo hospedero, sin embargo, destaca por tener una fase de vida libre (no parasita), la cual se divide en pre-ovoposición (2-4 días), ovoposición (4-60 días), post-ovoposición (2-15 días) que es la ovoposición del último huevo y muerte de la garrapata, posteriormente sucede la incubación y eclosión entre 14 y 16 días; fase de encuentro es la que sucede entre 5 a 14 días post-eclosión, cuando las larvas suben a las plantas en búsqueda de algún hospedero guiándose por el CO<sub>2</sub> despedido y se adhieren a su hospedero; fase parasitaria, sucede entre 21 a 25 días, donde sucede su primera muda (meta-larva), convirtiéndose en ninfa y posteriormente a meta-ninfa, donde se diferenciarán sexualmente, siendo las hembras las que se ingurgitan, mientras que los machos no se repletan, se aparean, comen y buscan nuevamente a otra hembra para aparearse hasta morir como se observa en la (Figura 4) (Diaz y Agustin, 2022).



**Figura 4.** Ciclo biológico de *R. microplus* (Diaz y Agustin, 2022).

## **2.4 Enfermedades transmitidas por *Rhipicephalus microplus***

Las enfermedades transmitidas por picadura de garrapatas representan una amenaza para la salud animal, debido a que los artrópodos se encuentran entre los vectores de enfermedades más numerosos en el mundo (Oteo *et al.*, 2025), su diagnóstico y diseminación se puede deber a una serie de factores los cuales propician un aumento en el número de casos y van desde la expansión de especies animales parasitadas, aumento de la temperatura medioambiental principalmente en verano y debido al cambio climático, desempeñando un papel crucial en las variaciones epidemiológicas (Sallent *et al.*, 2022).

Existe una gran diversidad de agentes patógenos que se han adaptado al ciclo de vida de las garrapatas, comprendiendo virus, bacterias y parásitos; siendo las garrapatas su reservorio principal, las enfermedades que producen habitualmente son difíciles de controlar e inclusive no erradicables, como anaplasmosis y babesiosis (Mutz, 2010), las cuales destacan *Anaplasma marginale* y *Babesia* spp., como los principales patógenos transmitidos por *R. microplus* diagnosticadas en México (Rojas Martínez *et al.*, 2021).

### **2.4.2 Anaplasmosis**

Causada por la bacteria *A. marginale*, Gram-negativa, intracelular obligada, enfermedad del ganado bovino, sin embargo, también puede afectar a otros rumiantes, se transmite por la picadura de garrapatas, moscas y por iatrogenia (Rojas Martínez *et al.*, 2021).

Presenta un periodo de incubación de 7 a 60 días invadiendo los eritrocitos, replicándose y eliminación de eritrocitos infectados duplicándose cada 24 horas, su signología se basa en fiebre, pérdida de peso, aborto, letargo, además de presentar anemia, ictericia e inclusive la muerte del animal (Aubry y Geale, 2011), su diagnóstico consiste en la observación de signos clínicos, observación de inclusiones intracelulares mediante frotis sanguíneo, pruebas ELISA y PCR (Dantas-Torres *et al.*, 2016).

### **2.4.3 Babesiosis**

Causada por el parásito protozooario intracelular *Babesia* spp, es una infección que afecta al ganado bovino (*Babesia bovis*), la cual se transmite por la picadura de garrapatas de la familia ixodidae (Santos *et al.*, 2023).

Presenta un ciclo biológico indirecto, el cual comprende de un hospedero intermediario (bovinos) y uno definitivo (garrapatas), en el último es donde se reproduce sexualmente el parásito, mientras que, en el intermediario de una forma asexual, presentando múltiples padecimientos que van desde fiebre, anemia, hemoglobinuria, taquicardia, taquipnea, entre otros; su diagnóstico se basa en la identificación de los signos clínicos, frotis sanguíneo y PCR (Cordero, 1999).

## **2.5 Tratamientos ixodicidas**

Como medida de control y tratamiento para infestaciones por garrapatas se ha implementado el uso de ixodicidas comerciales, como los piretroides sintéticos, amidinas, organofosforados, lactonas macrocíclicas, fenilpirazolonas, inhibidores del crecimiento e isoxazolinas, los cuales actúan por contacto directo con el parásito, mientras que otros son sistémicos e inclusive de amplio espectro frente a diferentes géneros y especies de parásitos, interfiriendo en el ciclo biológico de los ectoparásitos en sus diferentes fases parasitarias dependiendo de la dosis, concentración y vía de administración (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

### **2.5.1 Piretroides sintéticos**

Son esteres del ácido crisantémico, con una alta lipofilia, siendo su sitio de acción los canales de sodio-voltaje dependientes, aumentando el número de neurotransmisores en sistema nervioso central (SNC) y periférico, uniéndose a membranas celulares de las neuronas de los artrópodos, generando una parálisis y posteriormente la muerte del invertebrado (Rivera, 2012), algunos de los utilizados para el control de *R. microplus* en ganado bovino son la deltametrina y cipermetrina,

con un modo de aplicación “pour-on” o en línea dorsal (flurmetrina) (Muraguri et al., 2003) y pulverizando de corrales o por medio de baños de inmersión a los animales infestados (cipermetrina) (Rothwell *et al.*, 1999).

### **2.5.2 Amidinas**

Las amidinas pertenecen a un grupo de compuestos orgánicos, derivados estructurales de amidas con un átomo de oxígeno reemplazado por un nitrógeno (Hollingworth, 1976), se caracterizan por actuar sobre SNC, hiperexcitando así como generando el derribe post-aplicación, con un 95% de efectividad en la primer aplicación, posterior al segundo día los animales se encuentran limpios, además de provocar esterilidad de los huevos de las garrapatas, siendo amitraz uno de los más utilizados, por medio de baños de aspersión del ganado (Membreño y Ortiz, 2015).

### **2.5.3 Organofosforados**

Los organofosforados son derivados del ácido fosfórico, se caracterizan por ser liposolubles, se absorben fácilmente por piel con una amplia distribución en tejido adiposo, teniendo como mecanismo de acción la inhibición de la acetilcolinesterasa, hidrolizando a la acetilcolina localizado en terminaciones nerviosas tanto de invertebrados, como de vertebrados y en cuanto a su modo de aplicación, principalmente se basa en baños de inmersión (Arriola, 2006).

### **2.5.4 Lactonas macrocíclicas**

Las lactonas macrocíclicas son el resultado de la fermentación de un actinomiceto, dando como resultado las avermectinas y milbemicina, se caracterizan por tener un mecanismo de acción sobre los canales de cloro ligados a receptores de glutamato en los parásitos, permitiendo una hiperpolarización, actuando sobre fases adultas e inmaduras así como en la reducción de la capacidad reproductiva de las garrapatas, tienen una buena absorción, una amplia distribución en sangre y eliminación por heces, con aplicación tópica, oral, subcutánea e intramuscular (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2010).

### **2.5.5 Fenilpirazolonas**

Las fenilpirazolonas, pertenecen a un grupo de antiparasitarios químicos de contacto como el fipronil, el cual actúa sobre SNC, bloqueando los canales del ácido Gama aminobutírico (GABA) ocasionando una acumulación de iones de cloruro en presinapsis, produciendo una serie de reacciones a los artrópodos, que van desde hiperexcitación, parálisis, convulsiones y muerte; con un modo de aplicación tópica exclusivamente por medio de pipetas o spot-on, representando cierta toxicidad para invertebrados como para vertebrados, con un espectro de acción sobre, pulgas, garrapatas, ácaros y piojos (Singh *et al.*, 2021).

### **2.5.6 Inhibidores del crecimiento**

Los inhibidores del crecimiento o fluazurón, actúan sobre el transporte y ensamblaje de los precursores de quitina, así como el bloqueo de microfibrillas en la cutícula, actuando en los diferentes estadios de las garrapatas, en fases inmaduras, frena la ecdisis, produciendo la muerte del parásito durante la muda y en hembras adultas actúa a nivel transovárico, incorporándose al saco vitelino en el huevo evitando así la eclosión de estas (Torrents *et al.*, 2022).

### **2.5.7 Isoxazolinas**

Las isoxazolinas pertenecen a un grupo químico de acaricidas sistémicos como afoxolaner, fluralaner, sarolaner y lotilaner, destacan por actuar sobre los receptores GABA y glutamato, sobreestimulando el SNC, produciendo la muerte del parásito, su modo de aplicación es vía oral, se ha descrito ampliamente su uso en perros y gatos para el control de ectoparásitos como pulgas, garrapatas, ácaros y piojos, sin embargo en el ganado bovino, se ha implementado recientemente el uso de fluralaner vía tópica o pour-on para el control de garrapatas, con espectro extendido sobre diferentes invertebrados (Da Costa *et al.*, 2023).



## **2.6 Resistencia antiparasitaria**

El fenómeno de resistencia se define como la capacidad adquirida de ciertas poblaciones parasitarias de sobrevivir a dosis letales de fármacos utilizados en poblaciones normales o susceptibles, se subdivide en resistencia cruzada y múltiple (Alonso-Díaz *et al.*, 2006) y se clasifica en tres fases, a) Establecimiento, se establece un alelo resistente o readaptación de mutaciones naturales; b) Dispersión, propagación de alelos o diseminación de garrapatas resistentes; c) Emergencia, alelo muy común en poblaciones de garrapatas (Jiménez y Márquez, 2003).

### **2.6.1 Resistencia cruzada**

Ocurre cuando una población de garrapatas es sometida a un fármaco sintético y resiste debido a la presión de selección y posteriormente al aplicar otro fármaco de diferente familia, pero modo de acción similar al anterior, resiste nuevamente a él (Arriola, 2006).

### **2.6.2 Resistencia múltiple**

Se caracteriza por adquirir resistencia a diferentes insecticidas con mecanismos de acción diferentes, aplicados con anterioridad o no, destacando una desintoxicación del fármaco (Jiménez y Márquez, 2003).

## **2.7 Alternativas de control**

El control de las infestaciones por garrapatas se ve limitado por el fenómeno de resistencia a los diferentes ixodicidas, sin embargo, también existen otras alternativas de control no farmacológicas, las cuales comprenden un manejo estratégico del ganado como, la selección de animales resistentes, manejo y quema de praderas, mejora nutricional, utilización de vacunas contra *R. microplus*, uso de productos obtenidos a partir de plantas con propiedades medicinales las cuales suplen o coadyuvan el uso de la farmacoterapia y además en algunos casos son

accesibles, amigables con el medio ambiente y económicas para los productores Rodríguez-Vivas *et al.*, 2018).

El uso de productos obtenidos a partir de plantas, se ha descrito como una herramienta alternativa de control y tratamiento de diferentes patógenos que afectan a la salud humana y animal, con especial interés en la actividad ixodida, donde se han utilizado aceites esenciales (Bogado, 2022) y extractos sobre la mortalidad de garrapatas *R. microplus*, así como en las diferentes fases parasitarias, larvas, ninfas, adultas y sobre la inhibición de la ovoposición, interfiriendo en una parte del ciclo biológico de las mismas (Reyes, 2022).

### **2.7.1 Metabolitos secundarios de las plantas**

Naturalmente las plantas contienen aleloquímicos o metabolitos secundarios los cuales les proveen de diferentes funciones inespecíficas, para su protección contra depredadores y como atrayentes de polinizadores, sin embargo, la cantidad y composición de estos fitocompuestos, va a depender de múltiples factores medioambientales en los que se encuentre expuesto el organismo vegetal y se agrupan en cuatro clases principales, a) Terpenos, hormonas, pigmentos o aceites esenciales, siendo los más numerosos; b) Compuestos fenólicos, cumarinas, flavonoides, lignina y taninos; c) Glicósidos, saponinas, glicósidos cardiacos, cianogénicos y glucosinolatos; d) Alcaloides (Avalos & Pérez-Urria, 2009).

Los fitocompuestos tienen una diversa bioactividad sobre diferentes padecimientos, se han descrito con actividad antibacteriana, antiparasitaria, antiviral, anticancerígena, antiespasmódica, antiinflamatoria, entre otras, con una potente actividad biológica (Rivero-Perez *et al.*, 2019).

### **2.7.2 Aceites esenciales**

Los aceites esenciales se definen como fracciones líquidas obtenidas por arrastre de vapor, provenientes de plantas aromáticas, con una composición compleja de compuestos alifáticos, monoterpenos, sesquiterpenos, fenilterpenos y se clasifican

con base a su consistencia, origen y naturaleza química (Martínez, 1996), estos poseen una bioactividad frente a diversos patógenos, como actividad antihelmíntica sobre *Haemonchus contortus* (Štrbac, 2023), sobre bacterias de importancia de salud pública y sobre garrapatas *R. microplus*, demostrando una posible actividad de amplio espectro sobre diferentes patógenos destacando su utilización frente a fármacos convencionales (Miranda, 2024).

## **2.8 *Rosmarinus officinalis***

Es una planta arbustiva, comúnmente conocida como romero, originaria del Mediterráneo, perteneciente a la familia *Lamiaceae*, de crecimiento perenne, caracterizada por tener hojas lanceoladas lineales, con bordes curvados, con una coloración del haz verde oscura y granulosa y del envés tomentosas, mayormente utilizada como una especia de uso culinario. Sin embargo, también se ha descrito por sus propiedades bioactivas, resultado de los fitocompuestos biológicamente activos y para su obtención es necesario la obtención de extractos y aceites esenciales mediante técnicas de maceración y/o destilación por arrastre de vapor, comprendiendo una diversidad y cantidad en cuanto a compuestos mayoritarios concentrados en la planta (Andrade *et al.*, 2018).

### **2.8.1 Propiedades medicinales**

Los productos obtenidos a partir de *R. officinalis* se han utilizado para el tratamiento de diferentes enfermedades, debido a su potencial hepatoprotector, antiangiogénico, antioxidante, antibacteriano, antifúngico e insecticida, se conoce que las propiedades biológicas de esta planta se deben principalmente a los compuestos fenólicos, sin embargo, su composición se diversifica debido a los factores externos que incentivan a la planta a producirlos, así como la forma de extracción, conservación y utilización de estos compuestos (Nieto *et al.*, 2018).

Se ha descrito la identificación de compuestos mayoritarios en esta planta por medio del análisis del aceite esencial mediante cromatografía de gases acoplado a masas,

evidenciando una composición de terpenoides como 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno, responsables de su múltiple bioactividad (Wang *et al.*, 2008).

### **2.8.2 Bioactividad del 1,8-cineol, $\alpha$ -pineno y $\beta$ -pineno**

El 1,8-cineol o también conocido como eucaliptol, el cual se extrae principalmente de aceites esenciales de plantas de las familias, *Lamiaceae*, *Myrtaceae* y *Zingiberaceae* siendo las más representativas y se ha demostrado poseer propiedades biológicas como antiinflamatoria y antioxidante por medio de la regulación NF- $\kappa$ B y Nrf2, además de su utilización en enfermedades cardiovasculares y respiratorias, sin embargo, se han desarrollado escasas formulaciones para su estabilidad y biodisponibilidad (Cai *et al.*, 2021).

Para  $\alpha$ -pineno las principales propiedades biológicas que se han descrito son, antibacteriana, antitumoral, neuroprotectora, antioxidante, antiinflamatoria, antinociceptiva, antifúngica, gastroprotectora, ansiolítica, sedante, inmunomodulador, entre otras y para  $\beta$ -pineno actividad hipoglucemiante, hipolipemiante, antiviral y anticonvulsionante (Limeira *et al.*, 2024).

### 3. Planteamiento del problema

En la actualidad la producción bovina en México representa uno de los pilares más importantes en el sector pecuario, debido a la relevancia de los subproductos obtenidos, como carne en canal y leche, así como la exportación de los mismos a otros países, generando una derrama económica importante. Sin embargo, su productividad se ve limitada por problemas que afectan el bienestar, salud y producción del ganado bovino, los cuales van desde enfermedades bacterianas, virales, parasitarias, hasta las afecciones causadas por ectoparásitos como las garrapatas, las cuales afectan de una forma directa e indirecta la salud, bienestar y producción de los animales y la economía de los productores.

El uso fármacos convencionales para el tratamiento y control de estas infestaciones se ha visto amenazado, debido a su uso inadecuado y desmedido, lo cual, ha ocasionado la aparición del fenómeno de resistencia a ixodicidas. Por lo que se buscan alternativas de control eficaces, accesibles, amigables con el medio ambiente y económicas, para el control y tratamiento de poblaciones de *R. microplus* resistentes a ixodicidas

Los aceites esenciales debido a los compuestos fitoquímicos que contienen han evidenciado múltiple bioactividad sobre diferentes patógenos incluyendo ectoparásitos como *R. microplus*, por lo que, su uso podría ser una alternativa de control y /o tratamiento efectivo para disminuir el uso de fármacos convencionales.

#### 4. Justificación

La presencia de *R. microplus* en unidades de producción bovina con resistencia a múltiples ixodicidas es alarmante debido al impacto negativo que estos ectoparásitos generan en la salud animal y medioambiental.

Por ello se buscan alternativas de control y tratamiento, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental, favorecer la producción de subproductos inocuos y disponer de tratamiento eficaces, tal es el caso de *R. officinalis* y sus aceites esenciales.

El aceite esencial de *R. officinalis* posee terpenos como 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno con potencial actividad sobre diversos géneros de ácaros, pulgas y garrapatas que afectan a plantas y animales, por lo que podría ser una alternativa eficaz para el control, y/o tratamiento de infestaciones por *R. microplus* y coadyuvar en la disminución del fenómeno de resistencia.

## **5. Hipótesis**

El aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* provocará la muerte de larvas de *Rhipicephalus microplus*, expuestas a diferentes concentraciones del aceite esencial *in vitro*.

## **6. Objetivos**

### **6.1. General**

Determinar el efecto ixodicida del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* sobre larvas de *Rhipicephalus microplus*, mediante la prueba de inmersión larvaria *in vitro* para proponer al aceite como una alternativa de control y/o tratamiento.

### **6.2. Específicos**

1. Determinar el porcentaje de mortalidad larvaria del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* sobre *Rhipicephalus microplus in vitro*.
2. Calcular las concentraciones letales 50 y 90 del esencial de *Rosmarinus officinalis* sobre larvas de *Rhipicephalus microplus*.



## 7. Materiales y métodos

### 7.1 Obtención del material vegetal

Se colectaron partes aéreas de *R. officinalis* de un cultivo de traspatio (Figura 5) en la temporada de verano en 2024 a una temperatura ambiental aproximada de 22 a 25° C y una humedad relativa del 95 % en la región de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, 20°07'09"N 98°21'48"O.



**Figura 5.** *Rosmarinus officinalis*.

### 1.1 Extracción del aceite esencial

Se dejaron secar las partes aéreas de *R. officinalis* bajo sombra durante 72 horas, transcurrido el tiempo las hojas fueron reducidas a un tamaño de partícula de 2mm, posteriormente se utilizaron 250 g del material vegetal y 2500 mL de agua destilada, se destiló mediante la técnica por arrastre de vapor, utilizando un alambique de cobre (Figura 6) en el Laboratorio de Investigación de Bacteriología del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Campus Tulancingo, obteniéndose el aceite esencial de *R. officinalis* de acuerdo con la metodología descrita por Paucar & Orta (2018), una vez recuperado el aceite esencial fue almacenado en un vial ámbar de cristal hermético bajo refrigeración.



**Figura 6.** Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor.

### 7.3. Localización del área experimental

La evaluación biológica del aceite esencial de *R. officinalis* se realizó en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (SENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla 8534, Colonia Progreso, Jiutepec Morelos, C.P, 62574, en el laboratorio de Artropodología (Figura 7).



**Figura 7.** CENID-SAI del INIFAP, Jiutepec Morelos, México.

## 7.4 Material biológico

Se utilizaron larvas de *R. microplus* cepa Media Joya susceptible a ixodicidas, de aproximadamente de 7 a 15 d de edad, proporcionadas por el CENID-SAI del INIFAP del laboratorio de Artropodología.

Para lo cual fue necesario infestar a un bovino de raza Holstein de forma experimental con 0.5 g de larvas de garrapatas durante 24 d en confinamiento, posteriormente a los 21 d fueron colectadas las garrapatas hembras en fase adulta ingurgitadas para ser incubadas a una temperatura de 27° C y una humedad relativa de 80% para su ovoposición, se colectaron los huevos y fueron depositados en viales de cristal con una barrera de algodón hasta la eclosión y obtención de larvas (Reyes, 2022) (Figura 8) las cuales fueron utilizadas en el bioensayo.



**Figura 8.** Fase larvaria de *R. microplus*.

## 7.5 Preparación de los tratamientos

Se prepararon 5 tratamientos, utilizando en combinación de aceite esencial de *R. officinalis* con los porcentajes 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.12 % con etanol (20%) y Tween-20® (0.9%), como control negativo se utilizó agua destilada en combinación con Tween-20® (0.9%) y etanol (20%) (Figura 9), las diferentes concentraciones se realizaron por triplicado (Miranda, 2025).



**Figura 9.** Diluciones utilizadas para la prueba de inmersión de larvas.

### 7.6 Evaluación del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* sobre larvas de *R. microplus*

Una vez realizadas las soluciones con los porcentaje correspondientes del aceite esencial, se realizó la técnica de inmersión de larvas, para ello se emplearon alrededor de 1500 larvas para todos los tratamiento, con ayuda de un pincel del frasco de vidrio que contenía las larvas se tomaron de 100 a 150 larvas las cuales fueron depositadas en tubos Eppendorf® de 1.5 mL ya con las diferentes concentraciones del aceite esencial (2 a 0.12 %) y el control negativo durante 10 minutos (Figura 10), posterior con ayuda de un pincel se retiraron las larvas previamente sumergidas y fueron colocadas en paquetes de papel filtro (7.5 x 8.5 cm), sellados con ayuda de tres broches BACO® tipo “Bulldog”, siendo etiquetados con la concentración y nombre del tratamiento (Figura 11), una vez identificados los paquetes fueron colocados en charolas para su incubación durante 24 horas a  $29\pm 2^{\circ}\text{C}$  y del 80 a 90 % de humedad relativa (Reyes, 2022).



**Figura 10.** Inmersión de larvas en los diferentes tratamientos.



**Figura 11.** Sellado de paquetes de larvas e incubación.

### 7.7 Determinación de la mortalidad larvaria

Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a abrir los paquetes larvarios y contabilizar las larvas muertas y vivas (Figura 12), catalogando a aquellas sin movimiento o con movimiento solo en apéndices sin desplazarse como muertas y aquellas que se desplazaban como vivas (Miranda *et al.*, 2023).



**Figura 12.** Cuantificación de larvas muertas y vivas

### 7.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95%. Las concentraciones letales 50 y 90 se determinaron por un análisis de regresión mediante el procedimiento PROBIT en el paquete estadístico SAS 9.0.



## 8. Resultados

### 8.1 Aceite esencial

Resultado de la destilación por arrastre de vapor, se obtuvo hidrolato o también denominado agua perfumada y aceite esencial de *R. officinalis* en la superficie (Figura 13), siendo la parte bioactiva el aceite esencial, mientras que el hidrolato se desechó, resultado de 250 g de material vegetal seco se obtuvo un rendimiento del aceite esencial de 1.51 %.



**Figura 13.** Aceite esencial de *R. officinalis*.

### 8.2 Mortalidad larvaria

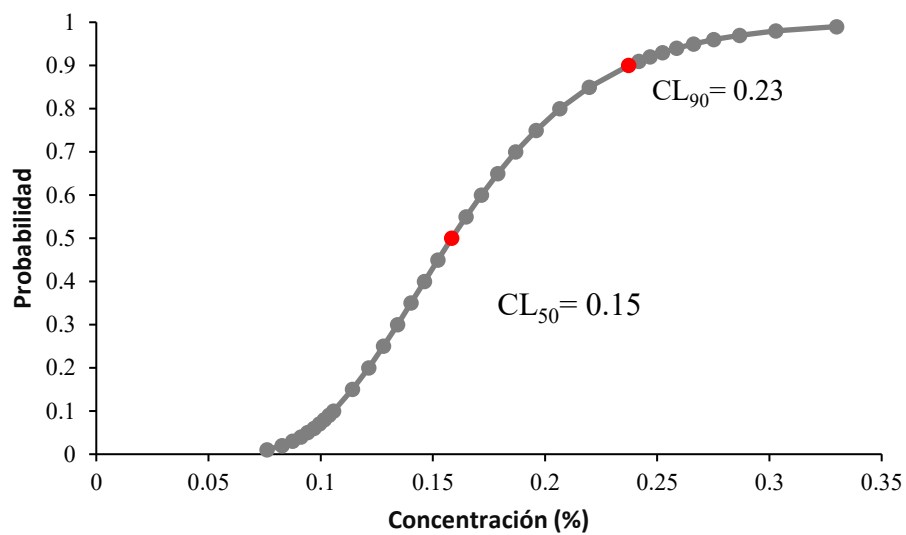
De acuerdo con los resultados obtenidos de la cuantificación de larvas vivas y muertas se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P=0.0001$ ), entre los porcentajes de aceites evaluados (2.0-0.12%) y el control negativo, destacando el efecto del aceite esencial de *R. officinalis* a porcentajes que fueron del 2.0 al 0.25% con un 100 a 95.17% de mortalidad de larvas de *R. microplus*, sin presentar diferencias estadísticas significativas a dichas concentraciones. Mientras que la concentración más baja de aceite (0.12%), solo produjo el 9.38% de mortalidad, como se puede observar en el Cuadro 1. Evidenciando un comportamiento concentración-dependiente, donde a mayor concentración del aceite esencial de *R. officinalis*, mayor el porcentaje de mortalidad larvaria.

**Cuadro 1.** Porcentaje de mortalidad larvaria de *Rhipicephalus microplus* expuestas al aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*.

Tratamientos	Promedio de larvas vivas y muertas recuperadas		%Mortalidad $\pm$ d.e
	Vivas	Muertas	
Tween 20 (18%)	100	0	0.00
Aceite esencial de <i>Rosmarinus officinalis</i> . (%)			
2.0	0.33	100	100.00 <sup>a</sup>
1.0	0	100	100.00 <sup>a</sup>
0.5	0	100	100.00 <sup>a</sup>
0.25	141	8.33	95.17 $\pm$ 4.18 <sup>a</sup>
0.12	75.33	7.00	9.38 $\pm$ 3.82 <sup>b</sup>
Valor de P			0.0001
Coeficiente de variación			3.45
R <sup>2</sup>			0.99

<sup>a,b,c</sup> Diferentes literales dentro de la misma columna indican diferencia estadística. P<0.05, d.e= desviación estándar.

Al realizar el cálculo de las concentraciones letales 50 y 90, se determinaron los porcentajes 0.15 y 0.23, como los porcentajes necesarios para producir el 50 y 90% de mortalidad larvaria, como se observa en la Figura 14.



**Figura 14.** Concentraciones letales 50 y 90 de *R. officinalis* sobre la mortalidad larvaria de *R. microplus*.



## 9. Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidenciaron el potencial ixodicida del aceite esencial de *R. officinalis*, sobre larvas de *R. microplus*. La técnica de arrastre de vapor permitió obtener mejor rendimiento de aceite esencial (1.51%) en comparación con el estudio realizado por Mendoza *et al.* (2019), quienes obtuvieron un rendimiento del 0.53%, al obtener aceite esencial de romero. Es importante destacar que existen varios factores que influyen en el rendimiento de un aceite esencial, desde la forma de extracción, el equipo, edad fenológica, condiciones de la colecta, época del año e incluso la forma del secado. En el presente estudio, es importante destacar que la técnica de arrastre de vapor (con alambique) permite conservar la mayor cantidad de metabolitos secundarios al estar en ausencia de luz durante el proceso de extracción en comparación con el estudio de Mendoza *et al.* (2019), quienes utilizaron un equipo de cristal en el cual los metabolitos fueron expuestos a la luz.

Martinez-Velazquez *et al.* (2011), evaluaron el efecto acaricida del aceite esencial de *R. officinalis*, sobre garrapatas *R. microplus*, el cual produjo una mortalidad larvaria por encima del 85% en las concentraciones más altas que fueron de 10 y 20 %, además evidenciaron un comportamiento concentración-dependiente donde a 5% del aceite esencial, disminuyó su efectividad a 40% de mortalidad larvaria, en comparación con el presente estudio, donde se utilizó un aceite esencial de *R. officinalis*, obteniendo porcentajes de mortalidad larvaria del 100 al 95%, con las concentraciones más altas (2, 1, 0.5, 0.25 %), destacando que se utilizaron porcentajes inferiores del aceite esencial en comparación al estudio realizado por Martinez-Velazquez *et al.* (2011), a pesar de que se utilizó un aceite esencial obtenido del mismo género y especie de planta. Es relevante mencionar que la composición fitoquímica, también descrita por Martinez-Velazquez *et al.* (2011), se ve influenciada por el tipo de destilación del aceite esencial, las características fenológicas y externas de la planta, predominando, pineno, verbenona y 1,8-cineol como compuestos mayoritarios de *R. officinalis*.

Respecto a la actividad acaricida, Aguilar, (2024), utilizaron el aceite esencial de *R. officinalis* sobre *Ctenocephalides felis* a porcentajes de 1, 2, 4 y 8 %, obteniendo un 50 % de mortalidad a 1 hora post-exposición con el aceite esencial y posteriormente a las 24 y 48 h., se observó un 100% de mortalidad, en comparación con el presente estudio, donde se realizó la evaluación a las 24 h. Es importante destacar que, en el presente estudio, la mayoría de las concentraciones a excepción de 0.12% se obtuvieron resultados por encima del 95 % de mortalidad larvaria a concentraciones inferiores a las reportadas por Aguilar (2024), a pesar de que en ambos estudios se evaluó el aceite esencial de *R. officinales* sobre dos ectoparásitos diferentes de diferente género y especie.

En un estudio realizado por Bravo *et al.* (2015), donde evaluaron el aceite esencial de una planta de la familia *Verbenaceae* sobre la mortalidad de garrapatas adultas de *R. microplus* a las concentraciones de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.06, 0.03 y 0.01 %, obtuvieron 100% de mortalidad en las concentraciones de 2, 1 y 0.5 %, respectivamente, en comparación con el presente estudio, donde se evaluó también un aceite esencial sin embargo, de una planta de la familia *Lamiaceae* observando resultados similares al de Bravo *et al.* (2015). Por otra parte, Guamangallo, (2019), evaluó dos shampoos de *R. officinalis* a concentraciones de 10% y 20% *in vivo* en 30 caninos, en 3 grupos de 10 repeticiones, posterior a 7 días realizó la cuantificación de pulgas presentes en cada uno de los perros, obteniendo un 100% de efectividad al 20%, mientras que para el shampoo al 10 % obtuvo un porcentaje de efectividad del 19.9%.

Miranda *et al.* (2023), evaluaron el extracto de *Cinnamomum zeylanicum* a concentraciones de 6, 3, 1.5, 0.75 y 0.37 % sobre la mortalidad de larvas de *R. microplus*, donde a las concentraciones de 6 % observaron un porcentaje de mortalidad del 100 %, mientras que para el 3% del extracto un 97.8%, en comparación con el presente estudio donde se evaluó una planta diferente y a concentraciones inferiores, se puede considerar una alternativa de control más viable a *R. officinalis*.

Por otra parte, Miranda (2025), evaluó el aceite esencial de *Syzygium aromaticum* sobre la mortalidad larvaria de *R. microplus* a concentraciones de 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.12% obteniendo una CL<sub>50</sub> y CL<sub>90</sub> de 0.44% y 0.72%, en comparación con el presente estudio, donde se obtuvieron las CL<sub>50</sub> de 0.15 % y CL<sub>90</sub> de 0.23 %, respectivamente, considerando que se utilizaron concentraciones similares a las evaluadas en el presente estudio contra el mismo género y especie de parásito evaluado, el aceite de *R. officinalis* mostró un 90% de la mortalidad larval.

Manrique y Canal (2016), evaluaron un extracto acetónico de *R. officinalis* sobre la mortalidad larvaria de *Aedes aegypti*, a concentraciones de 500, 1000, 1500, 2000 y 2500 ppm, con cuatro repeticiones por bioensayo con 25 larvas expuestas a 12, 24, 36 y 48 h, demostrando una mortalidad del 100 % en 12 h a una concentración de 2500 ppm, en comparación con el presente estudio, donde se utilizó un aceite esencial y evidenció mayor efectividad en un tiempo más prolongado, sin embargo, la proporción del aceite esencial fue menor a la utilizada por Manrique y Canal, (2016).

En un estudio realizado por Rosado-Solano *et al.*, (2018), donde evaluaron la actividad larvicida del aceite esencial de *R. officinalis* sobre *Culex quinquefasciatus* obteniendo una CL<sub>50</sub> de 121.8 µ/mL y una CL<sub>90</sub> de 246.7 µ/mL, en comparación con el presente estudio, donde también se evaluó un aceite esencial sobre la mortalidad larvaria, donde se obtuvo valores superiores a 90 % en un menor volumen del aceite esencial, destacando un amplio espectro del aceite esencial frente a organismos de diferente género y especie, al igual que un mejor aprovechamiento del aceite esencial con concentraciones inferiores del tratamiento.

En un estudio realizado por Wang *et al.* (2008), caracterizaron los fitocompuestos del aceite esencial de *R. officinalis*, por medio de cromatografía de gases acoplado a masas, evidenciando que los componentes mayoritarios del aceite esencial de esta planta fueron 1,8 cineol (27.23 %), α-pineno (19.43 %), canfeno (11.52 %) y β-pineno (6.71 %), sin embargo la composición del aceite esencial podría ser similar a la caracterización descrita anteriormente, los cuales podría ser los responsables de la actividad biológica reportada en el presente estudio.

Al respecto Reyes, (2022), determinó el daño morfológico de larvas de *R. microplus* expuestas a un extracto botánico comercial de canela, mediante microscopía estereoscópica a las concentraciones de 1.5 %, 3 % y 6 %, observando que en cuanto aumentaba la concentración, el daño era mayor y evidente, alterando su coloración y tamaño, daño que podría ser similar al del aceite esencial evaluado en el en el presente estudio, sin embargo, es necesario realizar estudios complementarios para evidenciar el daño generado.

Por su parte Ullah *et al.* (2025), describen a los monoterpenos 1,8-cineol,  $\beta$ -pineno, limoneno y linalol como inhibidores de la acetilcolinesterasa, provocando un acúmulo de acetilcolina, que genera una sobreestimulación nerviosa, temblores y parálisis de ectoparásitos, en el caso de otros compuestos como las piretrinas, tienen una dirección hacía los canales iónicos, prolongando la apertura de los canales de sodio, produciendo descargas nerviosas similares a piretroides sintéticos, en contraste con el presente estudio, se ha descrito que *R. officinalis* presenta monoterpenos como 1,8-cineol al cual se le podría atribuir su bioactividad así como su modo de acción de acción.

## 10. Conclusión

El aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* presentó actividad ixodicida frente a larvas de *Rhipicephalus microplus* a porcentajes del 2 al 0.25. Por lo que podría ser una alternativa de tratamiento funcional, al interferir con una parte del ciclo biológico de este artrópodo. Sin embargo, es necesario el desafío sobre otras fases parasitarias del artrópodo, así como pruebas de citotoxicidad *in vitro* previas a la administración en un modelo *in vivo*.

## 11. Referencias

1. Acevedo-Gutiérrez, L. Y., Paternina, L. E., Pérez-Pérez, J. C., Londoño, A. F., López, G., & Rodas, J. D. (2020). Garrapatas duras (Acari: Ixodidae) de Colombia, una revisión a su conocimiento en el país. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 126-139.
2. Aguilar Zapata, J. P. (2024). Evaluación de la eficacia *in vitro* del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) como control natural de pulgas en caninos domésticos (*Canis lupus familiaris*).
3. Alonso-Díaz, M. A., Rodríguez-Vivas, R. I., Fragoso-Sánchez, H., & Rosario-Cruz, R. (2006). Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 38(2), 105-113.
4. Andrade, JM, Faustino, C., García, C., Ladeiras, D., Reis, CP y Rijo, P. (2018). *Rosmarinus officinalis* L.: una revisión actualizada de su fitoquímica y actividad biológica. *Ciencia del futuro OA*, 4 (4), FSO283.
5. Arriola Molina, R. R. (2006). Determinación del grado de resistencia de la garrapata *Boophilus microplus*, en ganado bovino, contra tres diferentes ixodicidas (organofosforado, piretroide sintético y amidina), a través de la técnica de Inmersión de adultas (Adult Immersion Test) en 15 fincas del municipio de San Antonio, departamento de Suchitepéquez (Doctoral dissertation, u).
6. Aubry, P., y Geale, DW (2011). Revisión de la anaplasmosis bovina. *Enfermedades transfronterizas y emergentes*, 58 (1), 1-30.
7. Avalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2(3).
8. Bogado, M. N. (2022). Desarrollo de un fitoterápico para el control de la garrapata *Rhipicephalus-B-microplus*.

9. Bravo, M., Chópita, M. E. S., Alcides, D., González, R. y Merlo, R. V. (2015). Efecto de extractos etanólicos y aceites esenciales foliares de orégano silvestre (*Lippia origanoides* HBK) y matarratón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walpers) en el control de la garrapata común del bovino (*Rhipicephalus microplus*)(Acari: Ixodidae). *Revista Científica UDO Agrícola*, 15(1), 15-22.
10. Cai, ZM, Peng, JQ, Chen, Y., Tao, L., Zhang, YY, Fu, LY, ... & Shen, XC (2021). 1,8-Cineol: revisión de su origen, actividades biológicas y aplicaciones. *Journal of Asian Natural Products Research*, 23 (10), 938-954.
11. Camacho Vera, J. H., Cervantes Escoto, F., Palacios Rangel, M. I., Cesín Vargas, A., & Ocampo Ledesma, J. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 259-268.
12. Cordero del Campillo, M. (1999). Parasitología veterinaria (1.<sup>a</sup> ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
13. Da Costa, A. J., De Souza Martins, J. R., De Almeida Borges, F., Vettorato, L. F., Barufi, F. B., De Oliveira Arriero Amaral, H., Abujamra, L. C., De Castro Rodrigues, D., & Lopes, W. D. Z. (2023). First report of the efficacy of a fluralaner-based pour-on product (Exzolt® 5%) against ectoparasites infesting cattle in Brazil. *Parasites & Vectors*, 16(1), 336.
14. Dantas-Torres, F., y Otranto, D. (2016). Anaplasmosis. En *Enfermedades transmitidas por artrópodos* (pp. 215-222). Cham: Springer International Publishing.
15. del Moral Barrera, L. E., & Villanueva, B. M. (2015). Dinámica del mercado de la carne bovina en México: un análisis de competitividad. *Paradigma económico*, 7(1), 107-125.
16. Diaz, M., & Agustin, S. (2022). *Rhipicephalus microplus*: biología, control y resistencia. Centro de enseñanza, investigación y extensión en ganadería tropical.: [https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiegt/archivos/Manual\\_R\\_Microplus.pdf](https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiegt/archivos/Manual_R_Microplus.pdf).

17. Dirección General de Salud Animal, SENASICA. (2024). Situación actual de la operación de la Campaña Nacional para el Control de la Garrapata *Boophilus* spp. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SADER–SENASICA). Presentado en las Memorias INFARVET 2024. Recuperado de <https://infarvet.org.mx/assets/pdfs/memorias/situacon-actual-de-la-operacion-de-la-campana-nacional-para-el-control-de-la-garrapata-boophilus-spp.pdf>
18. Domínguez, D., Agatón, F. T., & Cruz, R. R. (2016). Evaluación económica del control de garrapatas *Rhipicephalus microplus* en México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA*, 5(9), 43-52.
19. Encalada Mena, L. A., López Arellano, M. E., Mendoza de Gives, P., Liébano Hernández, E., Vázquez Prats, V., & Vera Ycuspina, G. (2008). Primer informe en México sobre la presencia de resistencia a ivermectina en bovinos infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales. *Veterinaria México*, 39(4), 423-428.
20. Espinosa-García, L. N., Véliz Deras, F. G., DelgadoGonzález, R. A., Moran-Martínez, J., Gaytán Alemán, L. R., & Carrillo Moreno, D. I. (2022). Influencia del estrés calórico en las reacciones adversas postinmunización en becerras Holstein-Friesian. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3).
21. Estrada-Peña, A., García, Z., & Sánchez, H. F. (2006). The distribution and ecological preferences of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in Mexico. *Experimental & Applied Acarology*, 38(4), 307-316.
22. Experto, J. I. C. A. (2005). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. *Veterinaria, (Montevideo)*, 40(157), 5-28.



23. Gonzalez Rivas, C. J., Castillo, G. N., Acosta, J. C., Venzal, J. M., & Guglielmone, A. A. (2012). Primer reporte de parasitismo de una garrapata blanda del género *Ornithodoros* (Ixodida: Argasidae) sobre *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) en el departamento de Valle Fértil, San Juan, Argentina. *Cuadernos de herpetología*, 26(2), 95-97.
24. González-Cerón, F., Becerril-Pérez, C. M., Torres-Hernández, G., & Díaz-Rivera, P. (2009). Garrapatas que infestan regiones corporales del bovino Criollo Lechero Tropical en Veracruz, México. *Agrociencia*, 43(1), 11-19.
25. Guamangallo Jácome, G. E. (2019). Evaluación de un Shampoo a Base de Romero (*Rosmarinus officinalis*) en Concentraciones al 10% y 20% como Antipulgas en Caninos Domésticos en la Clínica Veterinaria Mundo.
26. Hernández Martínez, Juvencio; Rebollar Rebollar, Samuel; González Razo, Felipe de Jesús; Guzmán Soria, Eugenio; Albarrán Portillo, Benito; García Martínez, Anastacio La cadena productiva de ganado bovino en el sur del estado de México Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 29, julio-diciembre, 2011, pp. 672-680 Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.
27. Hidalgo, M., Faccini-Martínez, Á. A., y Valbuena, G. (2013). Rickettsiosis transmitidas por garrapatas en las Américas: avances clínicos y epidemiológicos, y retos en el diagnóstico. *Biomédica*, 33, 161-178
28. Hollingworth, R. M., 1976. Chemistry, biological activity, and uses of formamidine pesticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 6(2), 99–122
29. Jiménez Pallares, G. V., & Márquez Lara, D. A. (2003). Resistencia de las garrapatas a los acaricidas y estrategias para su control.
30. Kanduma, E. G., Emery, D., Githaka, N. W., Nguu, E. K., Bishop, R. P., & Šlapeta, J. (2020). Molecular evidence confirms occurrence of *Rhipicephalus microplus* Clade A in Kenya and sub-Saharan Africa. *Parasites & Vectors*, 13(1).

31. Lareschi, M. (2017). Artrópodos ectoparásitos.
32. Limeira, R. R. T., & Júnior, F. J. D. L. R. (2024). Ações farmacológicas do  $\alpha$ -pineno e  $\beta$ -pineno. *Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança*, 22(3), 373-388.
33. Luna Álvarez, M. Á., Moles y Cervantes, L. P., Gavaldón Rosas, D., Nava Vasquez, C., & Salazar García, F. (2005). Estudio retrospectivo de seroprevalencia de leptospirosis bovina en México considerando las regiones ecológicas. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 57(1), 28-31.
34. Magaña-Monforte, J. G., Rios-Arjona, G., & Martínez-González, J. C. (2006). Dual purpose cattle production systems and the challenges of the tropics of México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14(3).
35. Manrique Sasa, E. C., & Canal Roa, A. (2016). Evaluación del efecto larvicida del extracto acetónico de *Rosmarinus officinalis* (romero) sobre *Aedes aegypti*, mediante dos métodos de extracción.
36. Marques, R., Krüger, R. F., Peterson, A. T., De Melo, L. F., Vicenzi, N., & Jiménez-García, D. (2020). Climate change implications for the distribution of the babesiosis and anaplasmosis tick vector, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Veterinary Research*, 51(1).
37. Martínez, A. (1996). Aceites esenciales. *J. Nat. Prod*, 59(1), 77-79.
38. Martínez-González, J. C., Castillo-Rodríguez, S. P., Villalobos-Cortés, A., & Hernández-Meléndez, J. (2017). Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria*, (26), 132-152.
39. Martinez-Velazquez, M., Rosario-Cruz, R., Castillo-Herrera, G., Flores-Fernandez, J. M., Alvarez, A. H., & Lugo-Cervantes, E. (2011). Acaricidal effect of essential oils from *Lippia graveolens* (Lamiales: Verbenaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), and *Allium sativum* (Liliales: liliaceae) against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 48(4), 822-827.

40. Membreño Rodríguez, H. J., & Ortiz Ayal, D. C. (2015). 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 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
41. Mendoza Martínez, N. N. (2021). Evaluación de la eficacia de un polipéptido de subolesina y su combinación con BM86 sobre garrapatas *Rhipicephalus microplus* en bovinos naturalmente infestados.
42. Mendoza, B. S. V., Meza, M. N. P., Mendoza, K. E. M., Pin-Mera, D. E., Vargas, A. M. O., & Riera, M. A. (2019). Obtención de aceite esencial de romero con fines cosméticos. *Prisma tecnológico*, 10(1), 28-32.
43. Miranda Donaciano, D. (2025). Actividad ixodida *in vitro* del aceite esencial de *Syzygium aromaticum* contra larvas de *Rhipicephalus microplus*. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/handle/231104/6611>
44. Miranda Reyes, P. I., Martínez Ibañez, F., Lagunes-Quintanilla, R. E., & Barrera Molina, A. I. (2023). Efecto ixodida de los extractos vegetales de *Cinnamomum zeylanicum* y *Tagetes erecta* sobre garrapatas *Rhipicephalus microplus*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14(4), 905-914.
45. Miranda, J., Mattar, S. y Tous, MG (2017). Rickettsiosis. *Revista MVZ Córdoba*, 22, 13.
46. Muraguri, GR, McLeod, A. y McDermott, JJ (2003). Eficacia de un producto pour-on a base de deltametrina para el control de enfermedades transmitidas por garrapatas y tripanosomiasis en el distrito de Kwale, Kenia. *Insect Science and Its Application* , 23 (1), 69-74.
47. Mutz, I. (2010). Las infecciones emergentes transmitidas por garrapatas. *Annales Nestlé (Ed. española)*, 67(3), 123-134.
48. Nava, S., Mastropaolo, M., & Mangold, A. J. (2011). Guía para el control de los parásitos externos en bovinos de carne del área central de la

Argentina. *Garrapata común del bovino [Rhipicephalus (Boophilus) microplus]*(bioecología, importancia sanitaria, control, resistencia a los antiparasitarios). Laboratorio de Parasitología e Inmunología, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. CC, 22.

49. Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018). Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A review. *Medicines*, 5(3), 98.
50. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *La ganadería es la base de los sistemas alimentarios sostenibles*.  
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/adc34259-d540-484e-a965-3bba026c2b03/content>
51. Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2014). *Capítulo 7.X: Bienestar animal y sistemas de producción de vacas lecheras* (Anexo XXXIV).  
[https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Internationala\\_Standard\\_Setting/docs/pdf/E\\_TAHSC\\_Feb\\_2014\\_Parte\\_B.pdf](https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Internationala_Standard_Setting/docs/pdf/E_TAHSC_Feb_2014_Parte_B.pdf)
52. Oteo, J. A., Santibáñez, S., & Portillo, A. (2025). Enfermedades transmitidas por garrapatas duras en España. *Medicina Clínica*, 164(12), 106989.
53. Paucar Maza, M. A., & Orta Toapanta, F. R. *Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento para el equipo de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). 2018. Disponible en:  
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8655>.
54. Perez-Cogollo, L. C., Rodriguez-Vivas, R. I., Ramirez-Cruz, G. T., & Miller, R. J. (2010). First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Veterinary Parasitology*, 168(1-2), 165-169.

55. Polanco-Echeverry, D. N., & Ríos-Osorio, L. A. (2016). Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 81-95.
56. Quintero Vélez, JC, Marylin, H., & Rodas González, JD (2012). Rickettsiosis, una enfermedad letal emergente y reemergente en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 17 (1), 82-99.
57. Reyes, P. I. M. (2022). Evaluación *in vitro* de extractos botánicos en el control de *Rhipicephalus boophilus microplus*: una alternativa a la exposición de agentes cancerígenos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2097/MIRPYR06T.pdf?sequence=1>
58. Rivera, E. D. (2012). Mecanismos moleculares y bioquímicos de resistencia a acaricidas en la garrapata común de los bovinos *Rhipicephalus microplus*. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5.
59. Rivero-Perez, N., Hernández-Alvarado, J. L., Valladares-Carranza, B., Delgadillo-Ruiz, L., Ojeda-Ramírez, D., Sosa-Gutiérrez, C. G., ... & Zaragoza-Bastida, A. (2019). *Salix babylonica* L. as a natural anticoccidial alternative in growing rabbits. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019(1), 2107231.
60. Rodríguez Mejía, S., Flores Sánchez, D., León Merino, A., Pérez Hernández, L. M., & Aguilar Ávila, J. (2018). Diagnóstico de sistemas de producción de bovinos para carne en Tejupilco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 465-471.
61. Rodríguez-Vivas, R. I., Arieta-Roman, R. D. J., Perez-Cogollo, L. C., Rosado-Aguilar, J. A., Ramírez-Cruz, G. T., & Basto-Estrella, G. (2010). Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado bovino. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42(3), 115-123.

62. 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.
63. Rodríguez-Vivas, RI, Rosado-Aguilar, JA, Ojeda-Chi, MM, Ojeda-Robertos, NF, & Martínez-Ortiz de Montellano, C. (2018). Estrategias para el control de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en un mundo de resistencia a los acaricidas convencionales y lactonas macrocíclicas. *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*, 189.
64. Rojas Martínez, C., Loza Rubio, E., Rodríguez Camarillo, S. D., Figueroa Millán, J. V., Aguilar Romero, F., Lagunes Quintanilla, R. E., ... & Álvarez Martínez, J. A. (2021). Antecedentes y perspectivas de algunas enfermedades prioritarias que afectan a la ganadería bovina en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 111-148.
65. Rojas Martínez, C., Loza Rubio, E., Rodríguez Camarillo, S. D., Figueroa Millán, J. V., Aguilar Romero, F., Lagunes Quintanilla, R. E., ... & Álvarez Martínez, J. A. (2021). Background and perspectives of certain priority diseases affecting cattle farming in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 111-148.
66. Román Ullaguari, W. A. (2019). *Evaluación hematológica en bovinos de lidia (bos primigenius Taurus), antes y después de la desparasitación, mediante Métodos de impedancia del equipo vetscan hm5, en el sector el Chaupi* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019).
67. Rothwell, J. T., Hacket, K. C., Ridley, I., Mitchell, L., Donaldson, C., & Lowe, L. B. (1999). Therapeutic efficacy of zeta-cypermethrin pour-on for the treatment of biting and sucking lice in cattle under field conditions. *Australian Veterinary Journal*, 77(4), 255–258.

68. Ruíz, R. A., Bravo, O. G. B., Chávez, A. J. G., & Albarrán, M. R. (2024). Principales sistemas de producción de leche en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1(2), 32-47.
69. Sallent, L. V., Langa, L. S., Díez, S. R., Arias, A. M., & Casanova, X. V. (2022). Enfermedades transmitidas por picadura de garrapatas. *FMC-Formación Médica Continuada en Atención Primaria*, 29(8), 422-429.
70. Sanchez, J. P., Borrás, P. J., Cavia, R., Marsal, V., Pergentil, G., Prado, M. S., & Quintana, M. G. (2016). Ectoparásitos de importancia sanitaria de la Argentina. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1398850>
71. Santos, JHM, Siddle, HV, Raza, A., Stanisic, DI, Good, MF y Tabor, AE (2023). Explorando el panorama de las vacunas contra *Babesia bovis*: avances, desafíos y oportunidades. *Parasites & Vectors*, 16 (1), 274.
72. Singh, N. S., Sharma, R., Singh, S. K., & Singh, D. K. (2021). A comprehensive review of environmental fate and degradation of fipronil and its toxic metabolites. *Environmental Research*, 199, 111316.
73. Štrbac, F., Krnjajić, S., Stojanović, D., Ratajac, R., Simin, N., Orčić, D., ... & Bosco, A. (2023). Eficacia antihelmíntica *in vitro* e *in vivo* del aceite esencial de menta piperita (*Mentha x piperita* L.) contra nematodos gastrointestinales de ovejas. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1232570.
74. Torrents, J., Sarli, M., Sarmiento, N. F., Rossner, M. V., Morel, N., Guglielmone, A. A., & Nava, S. (2022). Resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to fluazuron in Argentina. *Experimental & Applied Acarology*, 86(4), 599–606.
75. Ullah, F., Guru-Pirasanna-Pandi, G., Hyder, M., Sarangi, S., Gul, H., Li, X., Guedes, R. N. C., Desneux, N., & Lu, Y. (2025). From Plants to Pest Targets: Revisiting Botanical Insecticides for Lepidopteran Pest Management. *Agriculture Communications*, 100113.

76. Wang, W., Wu, N., Zu, YG y Fu, YJ (2008). Actividad antioxidante del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* L. en comparación con sus componentes principales. *Química de los Alimentos*, 108 (3), 1019-1022.



## 12. Anexos

### 12.1 Participación en eventos académicos



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán  
Departamento de Ciencias Biológicas  
Sección de Bioquímica y Fisiología Agropecuaria  
PAPIIT TA200324

Otorga la presente

**CONSTANCIA**

**A: D. Melo-Guzmán, A. Zaragoza-Bastida, R. E. Lagunes-Quintanilla, A. Olmedo-Juárez, A. Peláez-Acero, A. Alejo-Ávila, D. Miranda-Donaciano, N. Rivero-Perez**

Por su participación como ponente de la conferencia

**Efecto ixiodicida del aceite esencial de *Mentha piperita* sobre *Rhipicephalus microplus***

En el 5º Congreso Internacional en Ciencias Veterinarias y Producción Animal realizado a distancia el 6 y 7 de noviembre de 2025.

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Cuautitlán Izcalli, Estado de México, noviembre de 2025.



Folio: 202500535

Dr. David Quintanar Guerrero  
Director



Concer Vet  
Congreso Nacional de Certificación en Medicina Veterinaria y Zootecnia, AC  
GEN 097/25

UASLP  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

UAEM  
Universidad Autónoma del Estado de México

INIAP  
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Agropecuario

## 12.2 Estancias realizadas



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Hoja 1 de 1

Jiutepec, Mor. a 30 de julio de 2024.

**Dra. Nallely Rivero Pérez**  
**Profesora Investigadora de Tiempo Completo**  
**AAMVZ-ICAP-UAEH**

### **P R E S E N T E**

Por este medio me permito informarle que los estudiantes **Melo Guzmán Daniel**, **Miranda Donaciano Daniel** y **Alejo Ávila Aranza** de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, han concluido satisfactoriamente su Estancia de Investigación, en la cual realizaron bioensayos para determinar la actividad acaricida de algunos extractos de plantas contra garrapatas *Rhipicephalus microplus*, cubriendo un periodo del **16 al 22 de julio de 2024**.

Sin otro particular de momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

  
Dr. Rodolfo Esteban Lagunes Quintanilla  
Investigador Titular C  
Laboratorio de Artropodología  
CENID-SAI, INIFAP.