



**UNIVERSIDAD DEL PAPA LOAPAN**

***CAMPUS LOMA BONITA***

---

**LICENCIATURA EN ZOOTECNIA**

**RESISTENCIA A IXODICIDAS EN LA GARRAPATA  
*Rhipicephalus microplus* EN UNIDADES DE  
PRODUCCIÓN BOVINA DE LOMA BONITA Y  
TUXTEPEC, OAXACA**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**PRESENTA**

**GUADALUPE PÉREZ DE LA CRUZ**

**DIRECTOR**

**DR. WILBER HERNÁNDEZ MONTIEL**

**LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, 2023**



# Universidad del Papaloapan

FECHA:	15 de Junio del 2023
ÁREA:	Vice-Rectoría Académica
OFICIO NÚMERO:	UNPA/VRA/170/2023
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

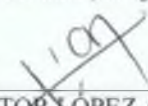
**C. GUADALUPE PEREZ DE LA CRUZ  
P R E S E N T E:**

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **"Resistencia a ixodicidas en la garrapata *Rhipicephalus microplus* en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca"** así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. Wilber Hernández Montiel.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,  
terra ubérrima, mens aperta  
Bou Lo-tama, chi jí jú



  
MC. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA  
Vice-Rector Académico.

C.e.p. Dra. Tania Zúñiga Marroquín, Jefe de Carrera de la Lic. En Zootecnia  
C.e.p. L.P. Yesenia Barrientos Arenal, Jefa del Departamento de Servicios Escolares  
C.e.p. Dr. Wilber Hernández Montiel, Director de Tesis.  
C.e.p. Archivo.



# Universidad del Papaloapan

*Terra Ularrima. Mens Spretis*

Licenciatura en Zootecnia

Oficio número JCLZ/62/2023

Asunto: Asignación de sinodales de examen especial

Loma Bonita, Oaxaca a 7 de junio del 2023

M.E. Yesenia Barrientos Arenal  
Jefa del Departamento de Servicios Escolares  
**PRESENTE**

Mediante la presente, le informo que esta jefatura, con el visto bueno de la Vice-rectoría Académica, ha designado a los siguientes profesores como sinodales del examen profesional de la exalumna C. Guadalupe Pérez de la Cruz, quien defenderá su trabajo de tesis titulado "Resistencia a ixodícidas en la garrapata *Rhipicephalus microplus* en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca", para obtener el título de Licenciado en Zootecnia.

**Titulares:**

Presidente: Dr. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez  
Secretario: Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez  
Vocal: Dr. Wilber Hernández Montiel

**Suplentes:**

Dra. Amada Isabel Osorio Terán  
Dr. José Abad Zavaleta

Sin más por el momento, le envió un cordial saludo.

18/06/23  
15 JUN. 2023  
VICI-RECTORIA  
ACADEMICA



Atentamente

Dra. Tania Zúñiga Marroquín  
Jefa de Carrera de Lic. en Zootecnia

Vo. Bo.  
  
M.C. Héctor López Arjona  
Vice-rector Académico

C.c.p.: M.C. Hector López Arjona. Vice-rector académico. Para su conocimiento  
C.C.p. Archivo



# UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

## *Campus Loma Bonita*

LA PRESENTE TESIS TITULADA “RESISTENCIA A IXODICIDAS EN LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus* EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN BOVINA DE LOMA BONITA Y TUXTEPEC, OAXACA” PRESENTADA POR LA PASANTE GUADALUPE PÉREZ DE LA CRUZ, BAJO LA DIRECCION DEL DR. WILBER HERNÁNDEZ MONTIEL HA SIDO ACEPTADA Y REVISADA POR LA COMISIÓN REVISORA INDICADO PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

### COMISIÓN REVISORA

---

DR. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTINEZ

---

DR. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MEXICO, 2023

## DEDICATORIA

A mi insuperable guerrera y amorosa madre **Catalina de la Cruz Martínez**, por ser el pilar mas importante en mi vida. Por darme su cariño , paciencia y apoyo en esta carrera llamada “vida”.

A mis amados e inolvidables **abuelos y papá' Ángel**, que estan en el cielo, por ser guía y protección; su presencia cada día crece más en mi alma.

A mis hermanos **José Eduardo y Jesús**, por crecer en un mismo árbol con ramas en diferente dirección, pero nunca olvidando que pertenecemos a las mismas raíces.

A mi cuñada **Raquel y sobrino(as) Karol, Thania, Ángel y Mayrín**, por llenar de alegría cada día de mi vida.

A **Dios**, por bendecir mi vida, guiarme a lo largo de mi existencia, ser apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A la **Universidad del Papaloapan** por ser mi segunda familia y hogar.

A mis amistades y compañeros de la Universidad, **Carmen, Chay, Shuna, Miguel, Hernán, Diana, Orlando, Alejandro, Denis**, por llenarme de amor y valentía cuando extrañaba mi hogar, por permitirme aprender mas de la vida a su lado.

## AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis **Dr. Wilber Hernández Montiel** por su colaboración.

A mis revisores de tesis, **Nicolás Valenzuela Jiménez** y de manera especial al **Dr. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez** por tomar de su valioso tiempo al aportar sugerencias para la revisión y mejora de este trabajo.

A todos los maestros del área de Zootecnia, **Dr. Nico, Ubaldo, Rueda, Tania, Kido, César Julio, Coterá, Gladis y Wilber** por los conocimientos brindados, necesarios en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos **Rodolfo y Ángel Eusebio** por su amistad y comprensión durante este tiempo que convivimos en la universidad.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
<b>3. HIPOTESIS</b> .....	<b>4</b>
<b>4. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
4.1. Importancia de la garrapata <i>Rhipicephalus microplus</i> en la población bovina en México .....	5
4.2. Daños generados por la garrapata <i>R. microplus</i> .....	6
4.2.1. Daños directos .....	7
4.2.2. Daños indirectos .....	8
4.3. Características y ciclo biológico de la garrapata <i>R. microplus</i> .....	8
4.4. Ciclo biológico de la garrapata <i>Rhipicephalus microplus</i> .....	10
4.4.1. Fase no parasitaria. ....	10

4.4.2. Fase de encuentro .....	12
4.4.3. Fase parasitaria .....	12
4.5. Control de la garrapata <i>R. microplus</i> .....	14
4.5.1. Métodos de control no químicos. ....	15
4.5.2. Métodos de control químico. ....	16
4.5.3. Vías de aplicación. ....	17
4.5.4. Mecanismo de acción de los ixodicidas. ....	19
4.6. Resistencia de la garrapata <i>R. microplus</i> a ixodicidas.....	21
4.6.1. Factores que contribuyen al establecimiento de la resistencia a garrapaticidas. ....	24
4.6.2. Mecanismos mediante los cuales se establece la resistencia a los garrapaticidas. ....	25
<b>5. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>28</b>
5.1. Características del sitio de estudio .....	28
5.2. Unidades de producción .....	29
5.3. Identificación de los factores de riesgo para el establecimiento de la resistencia a ixodicidas de la garrapata <i>Rhipicephalus microplus</i> .....	30
5.4. Determinación del nivel de resistencia de la garrapata <i>Rhipicephalus microplus</i> a diferentes ixodicidas .....	30
5.5. Resistencia de la garrapata <i>R. microplus</i> a diferentes grupos de ixodicidas.....	31

5.6. Análisis estadístico .....	32
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
6.1. Características de las unidades de producción.....	33
6.1.1. Extensión de la unidad de producción. ....	33
6.1.2. Número de potreros. ....	34
6.1.3. Número de animales por productor.....	36
6.1.4. Razas utilizadas. ....	36
6.2. Manejo asociado al control químico de la garrapata.....	38
6.2.1. Tipo de baño utilizado. ....	38
6.2.2. Tipo de agua utilizada. ....	41
6.3. Productos químicos utilizados e intervalos de dosificación.....	44
6.3.1. Principales grupos de ixodicidas. ....	44
6.3.2. Intervalos de dosificación de los ixodicidas.....	46
6.4. Principales fallas detectadas en el uso de los ixodicidas. ....	49
6.4.1. Número excesivo de animales/bomba. ....	51
6.4.2. Uso prolongado.....	51
6.4.3. Mezclas de productos comerciales. ....	52
6.4.4. Mezclas caseras. ....	52
6.4.5. Uso de productos no indicados.....	53
6.4.6. Subdosificación.....	53

6.4.7. Sobredosificación.....	54
6.5. Nivel de resistencia de las poblaciones de garrapatas a los productos ixodicidas.....	55
6.5.1. Resistencia a organofosforados.....	56
6.5.2. Resistencia a los piretroides.....	58
6.5.3. Resistencia a las amidinas.....	58
6.5.4. Resistencia a las fenilpirazolonas.....	59
6.6. Resistencia de la garrapata <i>R. microplus</i> a diferentes grupos de ixodicidas.....	60
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
7.1. Conclusiones.....	66
7.2. Recomendaciones.....	66
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Vía de aplicación de los principales productos químicos utilizados en el control de la garrapata.....	17
2	Localización y numero de muestras de las unidades de producción incluidas en el estudio.....	29
3	Características de las unidades de producción incluidas en el estudio.....	33
4	Mortalidad larvaria causada por ixodicidas utilizados para el control de la garrapata en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Estados de desarrollo de las garrapatas <i>R. microplus</i> .....	9
2	Ciclo biológico de la garrapata <i>R. microplus</i> .....	14
3	Mapa de ubicación de Loma Bonita y Tuxtepec Oaxaca.....	28
4	Tipo de baño utilizado en el control químico de la garrapata <i>R. microplus</i> en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.....	39
5	Origen del agua que se utiliza para realizar las mezclas de ixodicidas en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.....	42
6	Grupos químicos de garrapaticidas utilizados por productores de bovinos de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.....	44
7	Intervalos de dosificación de ixodicidas utilizados por productores de bovinos de Loma bonita y Tuxtepec, Oaxaca.....	46
8	Principales fallas detectadas en las encuestas aplicadas a los productores en el uso de ixodicidas.....	50
9	Porcentaje de subpoblaciones de garrapata <i>R. microplus</i> que muestran resistencia simultánea a tres o cuatro	

grupos de ixodicidas en unidades productivas de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.....	62
--	----

## RESUMEN

*Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*), es una garrapata común del ganado de gran importancia económica en el trópico de México. El objetivo fue determinar el grado de resistencia de la garrapata *R. microplus* a varios ixodicidas y los factores asociados en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca. Se recolectaron 20 garrapatas adultas ingurgitadas de cinco unidades de producción. Las muestras de garrapatas fueron procesadas en Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA) mediante la técnica de Stone y HayDock 1962. Los principales factores de riesgo involucrados con la resistencia a ixodicidas fueron el baño de un número excesivo de animales por bomba (11 animales), uso prolongado de productos comerciales, realización de mezclas de productos comerciales y productos caseros, el uso de productos no indicados, la subdosificación y la sobredosificación, a esto también se le suma la extensión de la unidad de producción y el bajo número de potreros, favoreciendo el ciclo biológico de las garrapatas. Los promedios de mortalidad larvaria ocasionados por los principios activos fueron los siguientes: Coumaphos (41.7 %), Diazinon (0 %), Chorporiphos (12.5 %), Amitraz (49 %) Cipermetrina (0 %), Deltametrina (0 %), Permetrina 0 %) y Fipronil (92.9 %). El 37.5 % y 62.5 % de las subpoblaciones de garrapatas analizadas mostró resistencia simultánea a tres y cuatro grupos de ixodicidas, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran multi-resistencia a ixodicidas excepto un grupo que demostró un nivel aceptable de efectividad en las unidades de producción muestreadas.

**Palabras clave:** *R. microplus*, garrapata, resistencia, ixodicidas, control químico

## ABSTRACT

*Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*), an economically important cattle tick in tropical Mexico. The objective was to determine the degree of resistance of *R. microplus* ticks to various ixodicides and associated factors in cattle production units in Loma Bonita and Tuxtepec, Oaxaca. From five production units, 20 ingested adult ticks were collected. Tick samples were processed using the Stone and Hay-Dock 1962 technique at the Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA). The main risk factors for ixodicide resistance were bathing an excessive number of animals per pump (11 animals), prolonged use of commercial products, mixing commercial and home-made products, use of non-indicated products, under-dosing and over-dosing, and the size of the production unit and the small number of paddocks, which favoured the biological cycle of the ticks. The average larval mortality rates caused by the active substances were as follows: Coumaphos (41.7 %), Diazinon (0 %), Chorporiphos (12.5 %), Amitraz (49 %), Cypermethrin (0 %), Deltamethrin (0 %), Permethrin 0 % and Fipronil (92.9 %). Simultaneous resistance to three and four ixodicide groups was found in 37.5% and 62.5% of the tick subpopulations tested, respectively. The results obtained show multiple resistance to ixodicides, except for one group which showed an acceptable level of efficacy in the sampled production units.

**Keywords:** *R. microplus*, tick, tick resistance, ixodicides, chemical control

## 1. INTRODUCCIÓN

Las garrapatas son el principal ectoparásito de los bovinos en las zonas tropicales y subtropicales de México. Entre ellas, *Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*) es la especie que tiene un mayor impacto en la ganadería a nivel mundial (INIFAP, 2022). Entre los daños directos que provoca la garrapata *R. microplus* en los bovinos se encuentran la disminución del bienestar animal y de los parámetros productivos (SENASICA, 2020; López *et al.*, 2021). En casos severos, llega a causar signos de enfermedad, e incluso la muerte. Los daños indirectos que produce se asocian a que actúa como vector de enfermedades de importancia en la ganadería, como la anaplasmosis y babesiosis (Adjou *et al.*, 2018). Además de los daños antes mencionados, la garrapata *R. microplus* incrementa los costos de producción de los hatos bovinos debido a la necesidad de utilizar de manera permanente productos químicos en su control (López *et al.*, 2021).

El control de las garrapatas se ha basado principalmente en productos químicos conocidos como ixodicidas (Valdez-Espinoza *et al.*, 2021). Los principios activos utilizados se dividen en cinco diferentes grupos químicos con diferentes mecanismos de acción: organofosforados (Chlorpiriphos, Diazinon y Coumaphos), piretroides sintéticos (Cipermetrina, Deltametrina, Flumetrina, Lambdacyalotrina, Alfacipermetrina), amidinas (Amitraz), fenilpirazolonas (Fipronil) e inhibidores del desarrollo (Fluazurón) (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). Dichos productos se administran mediante baños de aspersion, inmersión, y aplicación epicutánea (Githaka *et al.*, 2022). En un principio los ixodicidas mostraron una alta efectividad contra la garrapata. Sin embargo, su uso

indiscriminado provocó que diversas subpoblaciones del ectoparásito actualmente muestren resistencia a varios grupos químicos (Peniche-Cardena *et al.*, 2013). La resistencia a ixodicidas se define como la capacidad que tiene una cepa de insectos de tolerar concentraciones tóxicas que en una población normal causarían la muerte de la mayoría de los individuos (Alonso-Diaz *et al.*, 2006). Cuando las garrapatas se exponen de manera repetida, algún individuo desarrollará resistencia, lo que le permitirá sobrevivir y transmitir esa característica a su progenie (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016). Esta situación es particularmente importante porque los ixodicidas se consideran recursos no renovables (Reggi, 2016). Una vez que ha aparecido la resistencia, el producto químico dejará de ser efectivo en las garrapatas, generando la necesidad de desarrollar nuevos productos químicos (Alonso-Diaz *et al.*, 2006).

La ganadería bovina de doble propósito desarrollada en la región tropical de Oaxaca, no ha escapado al fenómeno de resistencia de la garrapata a los ixodicidas. Los ganaderos reportan la baja eficacia de los productos químicos que utilizan para el control de los ectoparásitos. Por ello, es importante realizar un diagnóstico del problema para establecer estrategias para retardar el establecimiento de la resistencia en las subpoblaciones regionales de garrapatas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es conocer el grado de resistencia de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a varios ixodicidas en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Conocer el grado de resistencia de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a varios ixodicidas y los factores asociados en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

### 2.2. Objetivos específicos

Identificar mediante una encuesta a productores, los factores de riesgo para el establecimiento de la resistencia a ixodicidas en la garrapata *Rhipicephalus microplus* en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

Determinar el grado de resistencia de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a Diazinon, Chlorpiriphos, Coumaphos, Cipermetrina, Deltametrina, Permetrina, Amitraz y Fipronil en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

Establecer las poblaciones de garrapata *Rhipicephalus microplus* que muestran resistencia múltiple a ixodicidas, en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

### 3. HIPOTESIS

Existe una alta proporción de subpoblaciones de garrapata *Rhipicephalus microplus* que muestra algún grado de resistencia a ixodicidas en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

En las unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca, existen subpoblaciones de la garrapata *Rhipicephalus microplus* que muestran resistencia simultánea a diferentes grupos químicos utilizados para su control.

## 4. REVISION DE LITERATURA

### 4.1. Importancia de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en la población bovina en México

La garrapata *Rhipicephalus microplus* es el principal ectoparásito que afecta al ganado bovino. Anteriormente, se localizaba en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio (Mendoza, 2021). Sin embargo, el cambio climático ha propiciado que la garrapata ocupe cada vez más territorios (Alonso-Díaz *et al.*, 2006), por lo que actualmente es común encontrarla en sitios donde anteriormente no existía.

La garrapata *R. microplus* es importante en la ganadería bovina debido a las pérdidas económicas que provoca. Por un lado, afecta el bienestar animal y provoca una disminución de los parámetros productivos y reproductivos. Por otro lado, las infestaciones severas se asocian con signos de enfermedad como la desnutrición y la anemia (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016). De manera indirecta, participa como vector de enfermedades importantes como la babesiosis y la anaplasmosis (Alcalá-Canto *et al.*, 2018). Otras razones que justifican la importancia de las garrapatas en la producción animal son los altos costos asociados a su control químico, las pérdidas económicas asociadas a la restricción de movilización de los animales y a los recursos que los diferentes países destinan para llevar a cabo programas para su control (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

#### **4.2. Daños generados por la garrapata *R. microplus***

Las garrapatas se localizan de manera externa en el ganado bovino principalmente en la entrepierna, abdomen y las regiones anocaudal y genital (Garza, 2007).

Una de las principales formas en que la garrapata *R. microplus* causa daño al ganado bovino es mediante su acción hematófaga, que consiste en la alimentación de la sangre del huésped. Así, una garrapata hembra adulta puede succionar en promedio 3 mL de sangre de un bovino (Lagunes *et al.*, 2021). Aunque aparentemente la cantidad de sangre ingerida no es exagerada, las infestaciones graves si pueden llevar a la reducción del paquete celular de la sangre, manifestándose como una anemia progresiva que retrasara el crecimiento e incluso, al no ser controlada puede llevar al animal a la muerte.

Otra forma en que las garrapatas causan daño al ganado bovino es mediante la inoculación de toxinas (Flores, 2015). Tales sustancias bloquean la acción de la acetilcolina, que es indispensable para controlar las contracciones de musculo esquelético. Con ello, se causa un trastorno de la fisiología de la placa neuromuscular del bovino, provocando una depresión neuronal central, parálisis flácida aguda, trastornos en la visión y síndromes atáxicos (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016).

A continuación, se mencionan los principales daños que causan las garrapatas en los individuos.

**4.2.1. Daños directos.** Los principales daños directos causados por las garrapatas en el ganado bovino, comienzan con la intranquilidad del ganado. la infestación por garrapatas conlleva un alto grado de estrés para los animales, lo que se manifiesta con nerviosismo, irritación constante y disminución del tiempo destinado a la alimentación. Así mismo, el estrés se relaciona con la disminución de las defensas inmunológicas y una mayor susceptibilidad de los animales a sufrir enfermedades (Hurtado y Giraldo-Ríos, 2018).

Las garrapatas ejercen una acción traumática en los tejidos del huésped y las lesiones se pueden infectar o predisponer a la formación de miasis por larvas de moscas. En este sentido, el tejido que más dañan las garrapatas es la piel, lo que imposibilita su uso en diferentes procesos industriales como la elaboración de zapatos y bolsos (Benavides *et al.*, 2016).

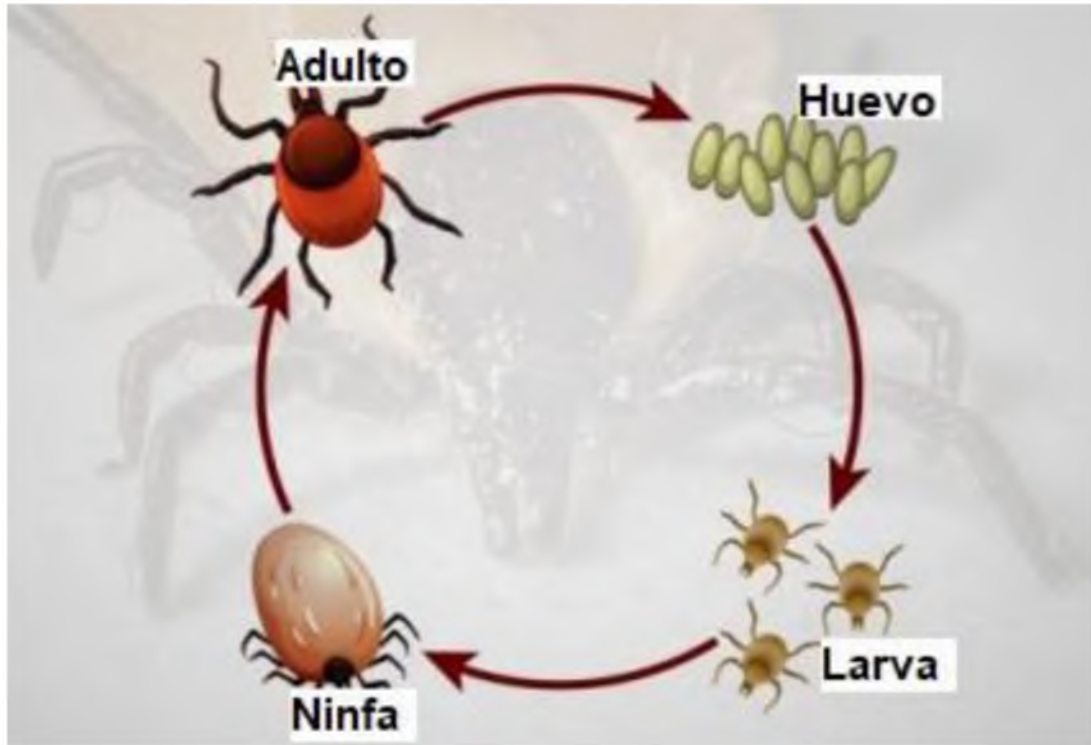
Uno de los daños más representativos ocasionados por las garrapatas es su acción hematófaga, que consiste en su alimentación a partir de la sangre de sus huéspedes. Lo anterior también implica en la sustracción de sustancias nutritivas que el animal obtiene a partir de los alimentos. Dependiendo de la carga de garrapatas, el robo de nutrientes puede llegar a ser severo y los animales mostrarán signos de desnutrición. Un animal desnutrido disminuye sus parámetros productivos y reproductivos (Hurtado y Giraldo-Ríos, 2018). Así, los animales reproductores mostrarán parámetros, productivos disminuidos, las vacas productoras de leche reducirán su producción diaria y los animales en engorda tendrán una menor ganancia de peso (Benavides *et al.*, 2016).

Otro mecanismo de patogenicidad que muestran las garrapatas es la producción de sustancias tóxicas que afectan de diversas formas al organismo. Se sabe que la saliva de la garrapata presenta proteínas tóxicas, que al ser inoculadas causan diversos grados de daño, que van desde la hipersensibilidad local hasta una parálisis letal (Cabezas-Cruz y Valdés, 2014). Se ha determinado que esas toxinas se diseminan a través del torrente sanguíneo alcanzando varios tejidos y causando anemias y parálisis flácidas (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016).

**4.2.2. Daños indirectos.** Los daños indirectos de las garrapatas en ganado bovino se asocian a su participación como vector en diferentes enfermedades (Nutall, 2021). Las enfermedades más comunes que trasmite la garrapata son la anaplasmosis, causada por *Anaplasma marginale* y la babesiosis, cuyo agente etiológico es *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, ambas enfermedades afectan principalmente a los animales adultos, ocasionando disminución de la producción de carne y leche, así como pérdidas económicas (Flores, 2015) por muertes de animales e incrementos de gastos en tratamientos (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016).

### **4.3. Características y ciclo biológico de la garrapata *R. microplus***

El ciclo de vida de la garrapata *R. microplus* se muestra en la Figura 1. Se conforma de cuatro estados de desarrollo descritos a continuación:



**Figura 1.** Estados de desarrollo de las garrapatas *R. microplus*. Fuente: Contexto Ganadero (2022).

- a) **Huevos.** Los huevos de la garrapata *R. microplus* se caracterizan por ser elípticos, miden aproximadamente 400 micras y tienen un peso promedio de 51.76  $\mu\text{g}$  (microgramo). Externamente, son de color café brillante (Nava *et al.*, 2021). Al finalizar su ciclo, la garrapata *R. microplus* abandona su huésped y deposita entre 2000 y 3000 huevos en los lugares oscuros del suelo destinado al pastoreo (Garza, 2007).
- b) **Larvas.** Tienen un tamaño de 500 micras, son de color café, su forma es ovoide y poseen tres pares de patas. Una vez ocurrida la eclosión, las larvas se desplazan a las partes altas de los pastos donde evitan la luz solar y quedan a la espera de detectar un huésped, para treparse en él y comenzar a alimentarse. Las larvas tienen predilección por zonas donde

la piel es laxa y altamente vascularizada, como la entrepierna, zona perineal, papada, cuello y borde de las orejas (Rifran y Silveira, 2011).

**c) Ninfas.** Miden aproximadamente 1-2 mm de largo, tienen la misma coloración que las larvas y poseen cuatro pares de patas (Mendoza, 2021; Garza, 2007).

**d) Adultos.** Los individuos adultos presentan dimorfismo sexual, con diferencias muy marcadas entre machos y hembras. En primer lugar, las hembras adultas alcanzan un tamaño de 10 a 12 mm y los machos miden entre 3 y 4 mm (Garza, 2007). En segundo lugar, los machos presentan en toda su superficie dorsal una cutícula dura, brillante y arrugada que se conoce como escudo. Aunque las hembras poseen un escudo dorsal, este es reducido, lo que les permite incrementar el tamaño del abdomen para albergar los huevos y alimentarse.

**4.4. Ciclo biológico de la garrapata *Rhiphicephalus microplus*.** La garrapata *R. microplus* es un parásito de un solo huésped. Esto significa que desarrollan todo su ciclo de vida sobre un mismo animal. Debido a lo anterior, esta especie de garrapata puede desarrollar su ciclo de vida de una manera más rápida. Varios autores (Garza, 2007; León-Clavijo y Hernández-Rojas, 2012; Masagué, 2021) han clasificado el ciclo biológico de la garrapata en tres fases: fase no parasitaria, fase de encuentro y fase parasitaria, las cuales se describen a continuación:

**4.4.1. Fase no parasitaria.** Esta fase comprende desde que la hembra desciende de su hospedero y encuentra un lugar oscuro y fresco para ovipositar

y finaliza cuando los huevos eclosionan y emergen las larvas, conocidas comúnmente como “pinolillos” (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006; Rifran y Silveira, 2011).

La fase no parasitaria es considerada una etapa de vida libre, que se subdivide en cinco periodos (Garza, 2007):

- a) Preoviposición.** Abarca desde la caída de las hembras hasta la puesta del primer huevo. Puede tener una duración de dos y 40 días. Previo a su descenso, la garrapata tiene una alimentación final durante la noche para que, por la mañana, se desprenda del animal y caiga al suelo.
- b) Oviposición.** Abarca desde que la hembra pone sus primeros huevos hasta que pone el último, con duración de 11 a 70 días. Este evento ocurre generalmente en el suelo de los potreros, predominantemente donde abunda la humedad y hay de luz solar directa, de lo contrario, los huevos pueden ser destruidos.
- c) Postoviposición.** Ocurre desde que la garrapata oviposita el último huevo hasta su muerte.
- d) Incubación.** Comprende desde que se da inicio a la oviposición hasta que emergen las larvas, entre 21 a 146 días después.
- e) Eclosión-sobrevivencia larval.** Tiempo que transcurre desde que inicia la emergencia de las larvas hasta que muere la última. Este periodo puede tener una duración de 43 a 240 días, lo cual dependerá de las condiciones ambientales. El ambiente favorable se caracteriza por temperaturas de 25-

35 °C con humedad relativa de 95 %. Bajo estas condiciones, el porcentaje de eclosión supera el 80 % (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006).

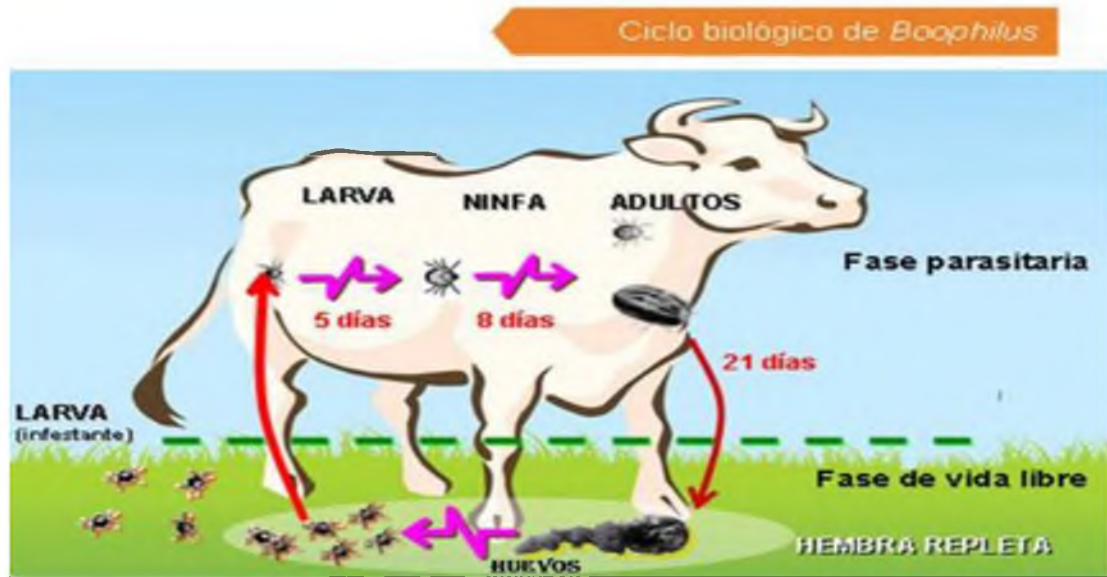
**4.4.2. Fase de encuentro.** En este periodo ocurre el primer contacto entre la larva y el hospedero, así como la transferencia de las mismas desde la vegetación hasta el animal. Esta fase se subdivide en dos fases: la fase pasiva y la fase de búsqueda. La fase pasiva consiste en el desplazamiento que realiza la larva después de que eclosiona hasta las partes altas de la vegetación y tiene una duración de cuatro a seis días (Garza, 2007). En la fase de búsqueda, las larvas detectan estímulos que indican la presencia de un huésped. Tales estímulos son los olores, dióxido de carbono, luz, corriente de aire, humedad y calor (Tabor *et al.*, 2017). Una vez que las larvas detectan los estímulos de activación, utilizan sus órganos sensoriales para posicionarse en la punta de los pastos, trepar al animal y fijarse en la piel del hospedero (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006).

**4.4.3. Fase parasitaria.** Esta esta fase inicia cuando la larva sube a su hospedero y culmina cuando la garrapata adulta repleta baja del animal a ovipositar. Tiene una duración promedio de 21 días y a lo largo de ella la garrapata se alimenta de sangre (Garza, 2007). Esta fase se ve favorecida porque las garrapatas presentan quelíceros bucales que raspan y perforan la piel, así como un hipostoma que funciona como un tubo a través del cual chupan sangre. De manera simultánea a la alimentación, inoculan sustancias cuya función es actuar como analgésicos, anticoagulantes y desinflamatorios, que

facilitan el flujo de sangre y ayudan a que el huésped sienta un mínimo dolor (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016).

En *R. microplus* ocurre un proceso de muda cuando la garrapata cambia del estado de larva a ninfa o de ninfa a adulta sobre el mismo hospedador (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016). Este proceso es muy importante ya que permite el crecimiento del individuo y consiste en el desprendimiento de la piel exterior o cutícula (Garza, 2007; León-Clavijo y Hernandez-Rojas, 2012; Masagué, 2021).

A medida que los individuos crecen y avanzan en sus estados de vida, se vuelven más resistentes. Así, las ninfas pueden sobrevivir por mucho tiempo a condiciones adversas (Mendoza, 2021). Durante la fase adulta, comienza la diferenciación de machos y hembras, también llamada dimorfismo sexual. El proceso reproductivo comienza cuando la hembra emite feromonas que atrae al macho. El macho carece de órgano copulador, por lo que con ayuda de su aparato bucal extiende la vulva de la hembra y copula colocando dentro de ella espermatozoides. Entre el día 14 al 21 del ciclo, la hembra se la pasa consumiendo sangre. En el transcurso de las últimas 24 horas del ciclo, la garrapata hembra se desprende del hospedador, cae al suelo o pastizales donde lleva a cabo la oviposición y finalmente, muere (Garza, 2007; León-Clavijo y Hernandez-Rojas, 2012; Masagué, 2021), como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Ciclo biológico de la garrapata *R. microplus*. Fuente: Rosario-Cruz (2013).

#### 4.5. Control de la garrapata *R. microplus*

Debido a la importancia de la garrapata *R. microplus*, han surgido métodos de control de diferente naturaleza, que incluyen la selección de razas de ganado resistente, el uso de vacunas, control biológico mediante hormigas y garzas además de la utilización de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii* o el uso de extractos vegetales (Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Arceo-Medina *et al.*, 2020). Sin embargo, el método más efectivo sigue siendo la utilización de productos químicos y su combinación con el control biológico o técnicas de manejo en potreros (Cantú y García, 2013).

A continuación, se mencionan los principales métodos de control de la garrapata *R. microplus*, clasificados en químicos y no químicos (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

**4.5.1. Métodos de control no químicos.** Se basan en prácticas de campo, como la utilización de razas de ganado bovino resistentes, manejo de pastizales, uso de vacunas y control biológico con especies antagónicas de la garrapata.

El control biológico consiste en el uso consciente de organismos vivos para reducir las poblaciones de organismos, plagas o patógenos (*R. microplus*). Los agentes biológicos más utilizados para el control de la garrapata *R. microplus* son los hongos entomopatógenos (*Metarhizium sp*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii*). También se han empleado bacterias (*Cedecea lapagei*, *Escherichia coli* y *Enterobacter agglomerans*), nematodos entomopatógenos (*Heterorhabditidae sp* y *Steinematidae sp*) y hormigas reguladoras (*Solenopsis germinata*, *S. saevissima*, *Camponotus rengira* y *Ectatomma quadridens*). Los organismos antes mencionados afectan de manera negativa los estadios de vida libre de las garrapatas (Ojeda-Chi *et al.*, 2011). Aunque en los últimos años el uso de los agentes biológicos para el control de la garrapata ha aumentado gracias a la concientización del humano sobre el medio ambiente y al incremento en el costo de los productos químicos, su uso todavía se considera incipiente dentro de la actividad pecuaria.

Otro método de importancia en el control de las garrapatas consiste en el manejo de pastizales, en donde destacan actividades como la rotación de potreros, utilización de periodos de descanso apropiados y la quema o inundación de praderas. Las actividades anteriores tienen la finalidad de retrasar o impedir que las larvas se trepen al hospedero, provocando que mueran de hambre y

deshidratación. Asimismo, en el caso de la quema de pastizales, las llamas afectan directamente a la garrapata en sus estadios de larvas, hembras adultas y huevos y, de manera indirecta, dañan la capa de vegetación que sirve como barrera de protección de las garrapatas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

**4.5.2. Métodos de control químico.** Consisten en la utilización de principios activos utilizados en el control de la garrapata. Tales sustancias muestran diferencias en su estructura químicas y en su mecanismo de acción (Ojeda-Chi *et al.*, 2011).

Los ixodicidas son principios activos cuyas formulaciones requieren su dilución en agua y aplicación por aspersion o inmersión de los animales. Este grupo de garrapaticidas es el principal método de control de la garrapata *R. microplus*. Sin embargo, su uso y abuso ha favorecido la aparición de garrapatas resistentes (Alonso-Díaz *et al.*, 2006). Por otro lado, la utilización de dichas sustancias representa un riesgo de contaminación al ambiente y alimentos para consumo humano (Domínguez *et al.*, 2016). Por ello, se requiere la concientización de los productores al aplicar estos productos.

**4.5.2.1. Grupos químicos y sustancias activas más utilizadas.**

Los grupos químicos usados en el control de la garrapata *R. microplus* son los organofosforados (Chlorpiriphos, Diazinon y Coumaphos), piretroides sintéticos (Cipermetrina, Deltametrina, Flumetrina, Lambdacyalotrina, Alfacipermetrina), amidinas (Amitraz), fenilpirazolonas (Fipronil) e inhibidores del desarrollo (Fluazurón). También se utilizan los endectocidas (Ivermectina, Doramectina,

Moxidectina), que se aplican por vía parenteral en el ganado bovino (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

De los seis grupos químicos mencionados anteriormente, los organofosforados, piretroides y amidinas son los que más se ocupan debido a su facilidad de utilización, bajo costo y efectividad superior al 80% (Cantú y García, 2013; Reyes-Domínguez *et al.*, 2013; SENASICA, 2022).

**4.5.3. Vías de aplicación.** La vía de administración de los productos garrapaticidas depende de las características fisicoquímicas del fármaco. Así, los ixodicidas generalmente consisten en fórmulas que se diluyen en agua y se aplican en baños de aspersion o inmersión (Alonso y Acosta, 2004). Los productos “pour on” se aplican sobre el dorso de los animales e inyectables pueden administrarse por vía intramuscular o subcutánea. A continuación, se mencionan las vías de aplicación de los principales productos químicos utilizados en el control de la garrapata (Cuadro 1), así como sus detalles:

**Cuadro 1.** Vía de aplicación de los principales productos químicos utilizados en el control de la garrapata.

<b>Aspersion</b>	<b>Aplicación “pour on”</b>	<b>Inyectables</b>
<b>Organofosforados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorpiriphos</li> <li>• Diazinon</li> <li>• Cohumaphos</li> </ul> <b>Piretroides sintéticos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cipermetrina</li> <li>• Deltametrina</li> <li>• Flumetrina</li> <li>• Lambdacyalotrina</li> <li>• Alfacipermetrina</li> </ul> <b>Amidinas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amitraz</li> </ul>	<b>Fenilpirazolonas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fipronil</li> </ul> <b>Inhibidores del desarrollo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluazurón</li> </ul>	<b>Endectocidas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ivermectina</li> <li>• Moxidectina</li> <li>• Doramectina</li> </ul> <b>Vacunas antigarrapatas</b>

pour on= sobre el dorso; Fuente: modificado de Rodríguez-Vivas *et al.* (2014).

**4.5.3.1. Baños de aspersion.** Consisten en bañar el animal con una bomba de aspersion manual o de motor, a una distancia de 15 a 30 cm del bovino. Se recomienda aplicar seis litros de la mezcla en animales adultos y cuatro litros en animales jóvenes (Alonso y Acosta, 2004; Cantú y García, 2013). En el trópico húmedo, los baños de aspersion representan la vía de aplicación más utilizada, gracias a que es una actividad relativamente sencilla de realizar. Además, si se respeta la dosificación recomendada por los laboratorios, se garantiza la concentración correcta de la sustancia activa y su máxima efectividad (Cantú y García, 2013).

**4.5.3.2. Baños de inmersión.** Consisten en sumergir al animal en una mezcla de agua con el producto ixodicida. Para tal fin, se requiere construir instalaciones específicas, a las que se les debe dar mantenimiento de manera continua. Asimismo, para que dicha actividad pueda dar los resultados esperados, se necesita calcular con exactitud la dosis del producto requerida.

Debido a los altos costos por la construcción y mantenimiento de las instalaciones, así como la mayor cantidad de producto comercial necesario, se considera una actividad de alto costo, por lo que en el trópico mexicano esta modalidad de baño garrapaticida es prácticamente inexistente.

**4.5.3.3. Aplicación “pour on”.** Existen en el mercado productos garrapaticidas que se aplican directamente en el dorso de los animales, los cuales se adhieren a la superficie del cuerpo actuando por periodos más largos (Cantú y García, 2013). Dependiendo del peso, se aplica una cantidad específica

de producto, desde la cruz hasta la base de la cola del animal. Este método se prefiere en vacas gestantes que se encuentran en lugares distantes a los sitios de baño.

**4.5.3.4. Métodos inyectables.** Se consideran un método alternativo para la aplicación de sustancias garrapaticidas. Mediante este método se aplican los endectodidas (ivermectina y doramectina, principalmente). La ventaja de esta vía es que los principios activos administrados producen efectos de duración más larga. Sin embargo, pueden ocasionar problemas residuales en leche, por lo que no se recomienda aplicarlo en unidades de producción de leche ni de doble propósito (Cantú y García, 2013; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014).

Otras vías menos frecuentes es la administración de endectocidas mediante bolos intraruminales y la aplicación tópica a través de aretes impregnados con ixodicidas y feromonas (Ojeda-Chi *et al.*, 2011; Cortez-Vecino, 2018).

**4.5.4. Mecanismo de acción de los ixodicidas.** Los productos utilizados en el control químico de las garrapatas tienen el objetivo de disminuir las poblaciones de este parásito, cada uno con distintas formas de aplicación (Githaka *et al.*, 2022) y con diferente mecanismo de acción.

El mecanismo de acción de los organofosforados consiste en inhibir la actividad de la enzima acetilcolinesterasa. Esta enzima está involucrada en la transmisión de impulsos nerviosos (Orias, 2020), provocando los trastornos nerviosos y la muerte de las garrapatas. Como consecuencia, producen una degeneración de las fibras musculares con parálisis tardía, hepatotoxicidad, necrosis en musculatura

estriada y lisa. Los organofosforados se absorben a través de la piel pulmones y tracto gastrointestinal, y causan alteraciones en la absorción de minerales, trastornos renales, uterinos y reproductivos (Saborío *et al.*, 2019) neurotoxicidad y tienen propiedades teratogénicas (Errecalde, 1989; Scheleske, 2013).

Los piretroides también interfieren con la transmisión de los impulsos nerviosos, provocando en los parásitos sensibles hiperexcitación seguida de parálisis (Díaz-Rivera *et al.*, 2019). Este grupo afecta el transporte iónico en la membrana de las neuronas al bloquear los canales de sodio, las vías inhibitorias de calcio-magnesio-ATPasa y los canales de cloro con receptor GABA (Ácido gamma-aminobutírico) (Ponce *et al.*, 2006).

El resultado es una alteración de las actividades motrices, ocasionando incoordinación, parálisis y muerte (Alonso y Fernández, 2022). Los piretroides son biodegradables y no acumulables en el ambiente, sin embargo, son tóxicos para las abejas y organismos acuáticos, en animales de sangre caliente la toxicidad de los piretroides es baja (Cuore, 2006),

Las amidinas son moléculas sintéticas que derivan de las aminas. Provocan la muerte de garrapatas al inhibir las enzimas monoaminoxidasas (Cantú y García, 2013) y estimular de manera continua los receptores octopaminérgicos. Causan hiperexcitabilidad, trastornos locomotores y la despolarización axónica retardada (Errecalde *et al.*, 1989).

Las fenilpirazolonas actúan sobre el sistema nervioso del parásito, produciendo en hiperexcitabilidad y parálisis espástica (Cantú y García, 2013). Lo anterior lo

logran bloqueando el canal de cloro e inhibiendo el flujo celular de los iones. Generalmente actúan en hembras repletas de *R. microplus* (UGRJ, 2023).

Los productos químicos inyectables como los endectocidas incrementan la liberación del ácido GABA, provocando trastornos nerviosos y muertes en las garrapatas, además previenen nuevas infestaciones (Errecalde *et al.*, 1989).

Por último, los inhibidores del desarrollo difunden del sitio de administración hasta la sangre del hospedador donde son ingeridos por el artrópodo. Interfieren con la síntesis quitina interrumpiendo la muda de larvas y ninfas, además de la eclosión de los huevos de las hembras que se exponen al producto (Mendoza, 2021).

#### **4.6. Resistencia de la garrapata *R. microplus* a ixodicidas**

La resistencia se define como la capacidad de una población de garrapatas para tolerar dosis de productos químicos que normalmente causan la muerte de los individuos expuestos. El resultado es que los productos no eliminan a las garrapatas por completo, provocando que los individuos sobrevivientes sean cada vez más resistentes (Alonso y Acosta, 2004; Martínez, 2016).

Actualmente, la resistencia es considerada un problema cada vez más grave, ya que las sustancias garrapaticidas son recursos no renovables. Cuando un grupo químico pierde su efectividad, es necesario utilizar compuestos de otro grupo químico y con otro mecanismo de acción, perdiéndose en ese proceso, una opción para el control de las garrapatas. El resultado es que los garrapaticidas

no lograrán cumplir con su función y paulatinamente se volverán menos eficaces (Alonso-Díaz *et al.*, 2006).

El desarrollo de la resistencia, se presenta cuando el ambiente de la garrapata se ve alterado al utilizar productos químicos. Las garrapatas sobrevivientes desarrollan capacidad de resistencia, volviéndose así un proceso evolutivo que en ocasiones no se le ve fin (Alonso y Acosta, 2004). Las garrapatas se vuelven cada vez más resistentes debido a la frecuencia de aplicación de los garrapaticidas, el uso continuo de la familia que se está utilizando y la residualidad (Martínez, 2016).

Las garrapatas habitan principalmente en los climas templados, tropicales y subtropicales, afectando en mayor grado a las razas de ganado *Bos taurus* (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016). La exposición permanente de los parásitos a los productos químicos trajo como consecuencia que los ganaderos hayan incrementado paulatinamente las concentraciones de los productos, el número de baños a lo largo del año o el cambio de productos que anteriormente se ocupaban pero que actualmente no son efectivos. Cualquiera de las situaciones mencionadas implica gastos en productos, mano de obra o manejo del ganado (SAGARPA, 2022).

La resistencia de la garrapata *R. microplus* a productos garrapaticidas ha avanzado de manera muy rápida en México. En los últimos años se han identificado subpoblaciones de garrapata que muestran una resistencia múltiple a dos, tres, e incluso cuatro familias de garrapaticidas (Alonso-Días *et al.*, 2006). Por ello, se considera a la multi resistencia como una amenaza constante a la

producción pecuaria nacional y a la economía de los productores. Se ha planteado que la aparición de la resistencia múltiple se debe al uso indiscriminado de los productos garrapaticidas por falta de asesoría técnica por parte de profesionales capacitados en el tema. Lo anterior ha llevado a una falta de programas estratégicos que impidan la pérdida de la eficacia de los productos aplicados en el control de las garrapatas *R. microplus* (Cruz *et al.*, 2021).

El proceso de desarrollo de la resistencia a garrapaticidas en la garrapata *R. microplus* se puede dividir en tres fases, descritas a continuación:

1. **Establecimiento.** Se presenta cuando ocurre una mutación natural en la población, dando lugar a la aparición de un alelo resistente y de forma independiente a la presión de selección. No se notan cambios en la fisiología de las garrapatas (Alonso-Díaz *et al.*, 2006; UGRJ, 2023).
2. **Dispersión.** Se comienza incrementar el número de individuos que resisten a los ixodicidas. Se pueden dar dos modos de selección, la rápida que se da cuando el gen es dominante y permite la selección de heterocigotos y la selección lenta, que ocurre si los alelos son recesivos o inefectivos (Alonso-Díaz *et al.*, 2006; UGRJ, 2023), dando como resultado la sobrevivencia de garrapatas a los ixodicidas (Flores, 2015).
3. **Emergencia.** Esta fase es corta, debido a que existe una presión de selección alta y el alelo resistente es muy común, por lo que los animales portadores comienzan a manifestar una resistencia notoria al producto químico aplicado (Alonso-Díaz *et al.*, 2006), provocando que se tenga que cambiar el principio activo.

La resistencia de las garrapatas a los productos químicos utilizados en su control no se puede revertir al estado inicial de la susceptibilidad. Si en ese momento, se cambia de garrapaticida para eliminar a las garrapatas resistentes, el proceso de resistencia se volverá a desarrollar en el nuevo producto utilizado (UGRJ, 2022; Flores, 2015). Una vez establecida la resistencia, el ganadero debe modificar sus esquemas de tratamiento.

**4.6.1. Factores que contribuyen al establecimiento de la resistencia a garrapaticidas.** En el establecimiento de la resistencia de la garrapata *R. microplus* a las sustancias químicas utilizadas en su control existen diferentes factores de riesgo entre los que destacan los siguientes (Bustillos, 2016):

- a) **Temperatura ambiental y humedad relativa.** Estos factores climáticos se consideran como los de mayor riesgo. Los lugares con temperaturas superiores a 28 °C y más de 80 % de humedad relativa, favorecen su desarrollo.
- b) **Microclima.** Los pastizales son indispensables para que en la fase no parasítica se puedan desarrollar los huevos y las larvas.
- c) **Densidad de población y movimiento del ganado.** Ambos factores tienen consecuencia en el encuentro de larvas con el hospedero.
- d) **Resistencia de hospederos hacia las garrapatas.** En el ganado bovino las razas cebuínas tienen una mayor resistencia natural a las garrapatas (Benavides *et al.*, 2016). Lo anterior se debe a que este tipo de ganado se desarrolló en los climas tropicales, por lo que han desarrollado adaptaciones anatómicas y fisiológicas que les permiten ser más resistentes.

e) **Fallas en el uso de garrapaticidas.** Hay mayor riesgo de establecimiento de resistencia en la garrapata cuando se utilizan dosificaciones de garrapaticidas pequeñas, ya sea por un mal cálculo de la dosis correcta o por bañar muchos animales con el contenido de una bomba de aspersión. Este último caso impide que los animales se bañen por completo (Cantú y García, 2013). Asimismo, el empleo de garrapaticidas de manera a lo largo de grandes periodos o los baños que se aplican más de seis veces al año también contribuyen al establecimiento de la resistencia.

**4.6.2. Mecanismos mediante los cuales se establece la resistencia a los garrapaticidas.** La resistencia de la garrapata a las sustancias químicas que se utilizan en su control está justificada por las modificaciones genéticas que ocurren de manera natural en el genoma de los animales resistentes. Esas modificaciones o mutaciones del ADN confieren a las subpoblaciones de garrapatas la habilidad para resistir y sobrevivir a los efectos de los productos químicos empleados como garrapaticidas (Domínguez-García *et al.*, 2010). En una subpoblación de garrapatas en un inicio circulan pocos alelos resistentes, por lo que los individuos son mayormente susceptibles a los garrapaticidas. Sin embargo, con el paso de las generaciones, únicamente los individuos que llevan alelos de resistencia sobreviven y se reproducen provocando que la susceptibilidad desaparezca (Domínguez-García *et al.*, 2010). A medida que se apliquen nuevos tratamientos, la resistencia se expresará más y se transmitirá mediante los mecanismos de herencia a la progenie, disminuyendo la eficacia de los productos (Jácome, 2014; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2012).

Las mutaciones genéticas se relacionan con alteraciones de los sitios blancos donde se unen los acaricidas, como es el caso de la acetilcolinesterasa en la resistencia a organofosforados, el canal de sodio en los piretroides, la octopamina para las amidinas y del GABA para los endectocidas (Domínguez-García *et al.*, 2010; Jácome, 2014;). En general, los mecanismos mediante el cual se establece la resistencia se dividen en dos grupos (Martínez, 2016; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2012).

**4.6.2.1. Insensibilidad del sitio de destino.** Se caracteriza por la presencia de una mutación en el sitio de acción del producto garrapaticida, como las esterasas, mutaciones en los canales de sodio, receptores de octopamina y receptores GABA (Martínez, 2016). Con esta estrategia, las garrapatas evitan los efectos tóxicos de los principios activos.

Cuando las mutaciones genéticas afectan el canal de sodio, se altera la estructura de la proteína que lo forma, provocando la incapacidad de la sustancia activa para unirse a mismo, dando como resultado una inhibición de su efecto tóxico (Domínguez-García *et al.*, 2010). La mutación genética que afecta el gen del canal de sodio consiste en la sustitución de una fenilalanina por una isoleucina, lo cual les confiere habilidad a las subpoblaciones de garrapatas para resistir a los piretroides.

La acetilcolinesterasa (AChE) es una enzima que participa en la terminación de impulsos nerviosos y en función neuronal del parásito (Temeyer *et al.*, 2012). La sustitución de la glutamina por una arginina en el gen acetilcolinesterasa III, confiere a las garrapatas resistencia a los organofosforados (Jácome, 2014).

**4.6.2.2. Mecanismo de resistencia metabólica.** La resistencia metabólica es causada por la elevada concentración producción de enzimas que destruyen la molécula del garrapaticida (Domínguez-García *et al.*, 2010; Jácome, 2014). En este mecanismo participan enzimas como el citocromo P450, las glutatión-s-transferasas, las carboxilesterasas y las oxidasas de función mixta (Martínez, 2016). Estas enzimas son un mecanismo de desintoxicación por parte del organismo, por lo que degradan y/o secuestran a las moléculas del principio activo (Domínguez-García *et al.*, 2010).

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Características del sitio de estudio

El estudio se realizó en cinco diferentes localidades de los municipios de Loma Bonita y San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, México. Estos municipios forman parte de la región conocida Cuenca del Papaloapan. La región se ubica entre las coordenadas  $17^{\circ}$  y  $18^{\circ} 10'$  latitud N;  $95^{\circ} 47'$  y  $96^{\circ}00'$  longitud oeste (INEGI, 2001; INEGI, 2010).

El clima de la región varía entre cálido húmedo con lluvias todo el año, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y semicálido húmedo (García, 2004). Presenta temperaturas que van de los 18 a los  $50^{\circ}\text{C}$  y lluvias que oscilan entre 2,000 y 4,500 mm anuales.



**Figura 3.** Mapa de ubicación de Loma Bonita y Tuxtepec Oaxaca

## 5.2. Unidades de producción

En el Cuadro 2, se muestra la localización y número de unidades de producción incluidas en el estudio.

**Cuadro 2.** Localización y número de muestras de las unidades de producción incluidas en el estudio.

Localidad	Municipio	Localización	Número de UPP muestreadas
Arroyo Limón	Tuxtepec	17°54'01"N; 95°57'40"O	1
Arroyo Metate	Loma Bonita	18°00'20"N; 95°55'48"O	1
Buena Vista	Tuxtepec	17°58'28"N; 95°57'50"O	2
El Obispo	Loma Bonita	18°06'03"N; 95°55'55"O	2
Mixtán	Loma Bonita	17°54'32"N; 95°51'34"O	2

Las unidades de producción bovina muestreadas presentaron las características típicas del sistema de doble propósito predominante en esta región. La mayoría de los animales de donde se obtuvieron las muestras de garrapatas no guardaban un tipo racial definido, ya que procedían de cruza indiscriminadas entre razas *Bos taurus* y *Bos indicus*. En las unidades de producción muestreadas, la alimentación depende casi exclusivamente del pastoreo, siendo el pastoreo continuo el más frecuente. Otra de las características de las unidades de producción es la carencia de infraestructura elaborada, ya que, para el manejo de los animales, se tiene la necesidad de inmovilizarlos de manera individual con cuerdas (Ocaña, 2005).

### **5.3. Identificación de los factores de riesgo para el establecimiento de la resistencia a ixodicidas de la garrapata *Rhipicephalus microplus***

La identificación de los factores de riesgo que participan en el establecimiento de la garrapata a ixodicidas se llevó a cabo mediante la aplicación de la “Encuesta para el diagnóstico de susceptibilidad/resistencia en garrapata” (Formato CENAPA-PDF-177G), que es un requisito para la recepción de muestras en el Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA). La encuesta fue de tipo semiestructurada y se aplicó a 19 productores de la región. Se colectó información referente al propietario, características de la unidad de producción y diversos factores que podrían explicar la presencia de la resistencia de la garrapata a ixodicidas. En este sentido, las preguntas se enfocaron en las actividades de control químico de la garrapata que realizan los productores, puntualizando en los productos y dosis utilizadas, frecuencia de aplicación de baños y el manejo que realizan al preparar las mezclas de ixodicidas.

### **5.4. Determinación del nivel de resistencia de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a diferentes ixodicidas**

Se determinó el grado de resistencia de la garrapata *R. microplus* a ixodicidas que pertenecen a diferentes grupos químicos como los organofosforados (Chlorpiriphos, Diazinon y Coumaphos), piretroides (Cipermetrina, Deltametrina y Permetrina), amidinas (Amitraz) y fenolpirazolonas (Fipronil).

La recolección de muestras se llevó a cabo de acuerdo con las recomendaciones emitidas por la FAO (2004). En cada unidad de producción se recolectaron como mínimo 20 garrapatas adultas ingurgitadas, con un tamaño mayor a 8 mm.

Las garrapatas se colocaron en recipientes de plástico acondicionados con una gasa humedecida en la parte inferior y la tapa perforada para permitir la entrada de oxígeno. Los recipientes fueron etiquetados con el nombre del productor, fecha de colecta, nombre y localización de la unidad productiva. Una vez rotulados, los recipientes se colocaron en una hielera.

Las muestras fueron transportadas dentro de las primeras 24 horas posteriores a su recolección al Departamento de Ectoparásitos y Dípteros del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA-SENASICA), ubicado en Jiutepec, Morelos. Ahí, las garrapatas fueron procesadas mediante la técnica de Stone y Haydock (1962). A grandes rasgos, la técnica consistió en incubar las garrapatas repletas para permitir la oviposición. Posteriormente, los huevos se incubaron hasta que ocurrió la eclosión. Finalmente, las larvas fueron sometidas a diferentes concentraciones de ixodicidas para evaluar la mortalidad larvaria. Para fines del presente estudio, se determinó que las subpoblaciones de garrapatas eran resistentes al ixodicida cuando la mortalidad obtenida en el ensayo fue menor a 98%.

#### **5.5. Resistencia de la garrapata *R. microplus* a diferentes grupos de ixodicidas**

Para determinar la resistencia múltiple a diferentes grupos de ixodicidas, los principios activos fueron agrupados en sus grupos químicos correspondientes y posteriormente considerados como un grupo individual. De esta manera, el Coumaphos, Chlorphriphos y Diazinón fueron agrupados en el grupo de los

organofosforados; la Cipermetrina, Deltametrina y Permetrina en el grupo de los piretroides; el amitraz en el grupo de las amidinas y el Fipronil en el de las fenilpirazolonas. Se determinó que las subpoblaciones de garrapatas presentaban resistencia al grupo cuando las larvas mostraron una sobrevivencia mayor al 98% en cualquier principio activo.

#### **5.6. Análisis estadístico**

La información de la encuesta y los resultados de resistencia entregados por el CENAPA se analizaron mediante estadística descriptiva y se expresaron en forma de cuadros y graficas. Para ello se utilizaron promedios, rangos y frecuencias absolutas o relativas.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Características de las unidades de producción

Las características de las unidades de producción incluidas en el presente estudio se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Características de las unidades de producción incluidas en el estudio.

<b>Característica</b>	
Extensión (hectáreas)	16.4±5
Número de potreros	5±2.3
Número de animales	28.2±11.5
Razas utilizadas (%)	
Suizo Americano X Cebú	52
Gyr X Holstein	5.2
Suizo Americano X Simmental X Cebú	15.8
Sardo Negro X Cebú	5.2
Sardo Negro X Suizo Americano X Cebú	10.5
Suizo Americano X Guzerat	5.2
Suizo Americano X Romosuniano X Brahman	5.2

**6.1.1. Extensión de la unidad de producción.** La extensión de la unidad productiva en hectáreas (has) no es un parámetro que por sí solo indique un factor de riesgo para el establecimiento de resistencia en las subpoblaciones de la garrapata *R. microplus*. Sin embargo, cuando se conjunta con el número de animales, puede ofrecer un panorama claro acerca de la carga animal que se utiliza en los potreros.

La extensión en hectáreas obtenida en este estudio fue de 16.4±5. Este resultado es superior a lo reportado por Velázquez (2015), quien realizó un estudio en Chiapas, México y observó que las unidades de producción contaban con una superficie total de 14.9 has, de las cuales sólo se utilizaban 9.3 ha en las actividades ganaderas. En un estudio realizado en Sinaloa, México Cuevas-

Reyes *et al.* (2016), reportaron que las explotaciones ganaderas pequeñas tuvieron una superficie de  $32.2 \pm 83.9$ , valor muy superior al observado en este estudio. Lo anterior puede deberse a varios factores. Por un lado, en el estudio antes referido se incluyeron 1,165 encuestas aplicadas a productores bovinos de doble propósito, mientras que, en la presente investigación, al tener otros objetivos primarios, sólo se aplicó la encuesta a 19 productores. Por otro lado, el clima en ambos estudios difiere, ya que en Sinaloa se incluyó clima cálido subhúmedo, seco y semiseco, muy seco y templado subhúmedo, mientras que, en el presente trabajo, el clima en el que están ubicadas las unidades de producción es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Debido a estas diferencias tan marcadas, es posible que a nivel local los terrenos puedan tener una mayor carga animal.

**6.1.2. Número de potreros.** El número de potreros indica parcialmente el manejo a que es sometido el ganado. Un terreno con más divisiones indica un manejo más intensivo de ganado, lo que implica que éste se cambiará frecuentemente de lugar, ofreciendo periodos de ocupación más cortos y un periodo de descanso para las praderas más largo. En cada unidad de producción, el número de hectáreas depende del manejo llevado a cabo por cada productor.

En un estudio en el que se evaluaron dos sistemas de pastoreo (rotacional y continuo), se observó que las unidades de producción tuvieron una superficie total de 13.5 has, mientras que el número promedio de potreros fue de siete has. En otro estudio realizado con Villa-Herrera *et al.* (2009), en el trópico mexicano, se observó que la superficie media utilizada para cada potrero fue de 5.4 has.

También se determinó que, en las unidades de producción estudiadas no existió la rotación de praderas, debido a que el pastoreo fue continuo y abarcaba toda la destinada al pastoreo. Cuando llegó la temporada de sequía, los animales se movieron a terrenos con esquilmos agrícolas, mientras que en la época de lluvias los animales se mantuvieron en el mismo lugar. En este estudio, el número observado de potreros por unidad de producción fue de  $5 \pm 2.3$ , lo que implica que cada potrero mide en promedio 3 has y que los productores locales llevan a cabo el pastoreo rotacional, con periodos de ocupación y descanso variables, que pueden influir en el ciclo biológico de la garrapata.

Las características de los potreros son otro factor que influye en el desarrollo del ciclo biológico de la garrapata. En este sentido, se ha observado que cuando los terrenos permiten el encharcamiento de agua durante los meses de lluvia, disminuye la población de garrapatas (Jones, 2015). Lo anterior se debe a que los charcos y puntos de lodo propician que el ganado pisotee con mayor frecuencia la pastura. Dichos factores representan condiciones adversas para el desarrollo y eclosión de huevos que las hembras ovopositan durante ese periodo. Asimismo, las precipitaciones escasas también influyen en el ciclo de la garrapata, ya que hay una reducción del crecimiento de forrajes, incremento de la radiación sobre los potreros y disminución de la humedad en los suelos. Estas variables también son adversas para la sobrevivencia de los huevos y larvas de garrapata.

El tipo de pastoreo utilizado en las unidades de producción puede repercutir en el nivel de infestación del ganado. Aplicar el pastoreo rotacional puede servir

como una modalidad de control biológico del ciclo de la garrapata. En un estudio realizado en el trópico bajo de Colombia durante la época cálido-seca, se observó que las larvas pueden sobrevivir sobre las hojas de las pasturas, periodos de entre cuatro y seis semanas (Benavides, 2016). Por lo tanto, si el periodo de descanso de las praderas es superior a lo mencionado, se impedirá que las larvas encuentren a su hospedero y morirán de hambre y deshidratación. Lo anterior propiciará que la población de larvas disminuirá de manera natural, requiriéndose menos tratamientos para su control (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2013).

**6.1.3. Número de animales por productor.** El número obtenido en este estudio ( $28.2 \pm 11.5$ ) difiere de los obtenidos en otros trabajos. Un estudio realizado por Villa-Herrera *et al.* (2009), obtuvo en promedio siete animales por productor, con un rango de 1 a 20. Por otra parte, en un estudio realizado en el trópico seco de Oaxaca, Cisneros (2020), reportó que, el número de animales por hato fue de 23.9 cabezas de ganado. Las diferencias con este estudio se podrían explicar a partir de la superficie de las unidades de producción y el clima. En el presente estudio, las unidades de producción están ubicadas en el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, lo que permite que, durante la mayor parte del año, exista una abundancia de forrajes, lo que da la posibilidad de incrementar la carga animal.

**6.1.4. Razas utilizadas.** En el presente estudio, el patrón racial predominante de los animales en las unidades de producción encuestadas corresponde a la cruce Suizo Americano x Cebú (52%). En un estudio realizado en Chiapas, se encontró que el 63% de los animales correspondían a la cruce

entre Cebú y Suizo Americano (Orantes-Zebadúa *et al.*, 2014). La diferencia entre el presente estudio y el citado debe ser considerada con cautela, debido a que en ese estudio se analizaron 246 cuestionarios aplicados a productores, mientras que en el presente estudio solo se encuestó a 19 productores. Asimismo, en un trabajo realizado en la región del Papaloapan, en Veracruz, México, se reportó que el 79.8% de los animales corresponde a las cruzas de Suizo Americano X Cebú (Vilaboa-Arróniz *et al.*, 2009). De lo anteriormente expuesto, se desprende que el tipo racial del ganado obedece a la complementariedad de las razas utilizadas en las cruzas. Por un lado, el ganado cebú confiere resistencia a las condiciones climáticas imperantes en el trópico húmedo. Por otro lado, las razas europeas se utilizan para conferirle a la craza las características de producción. El porcentaje de utilización de razas cebuínas y europeas también depende de la finalidad zootécnica de cada productor.

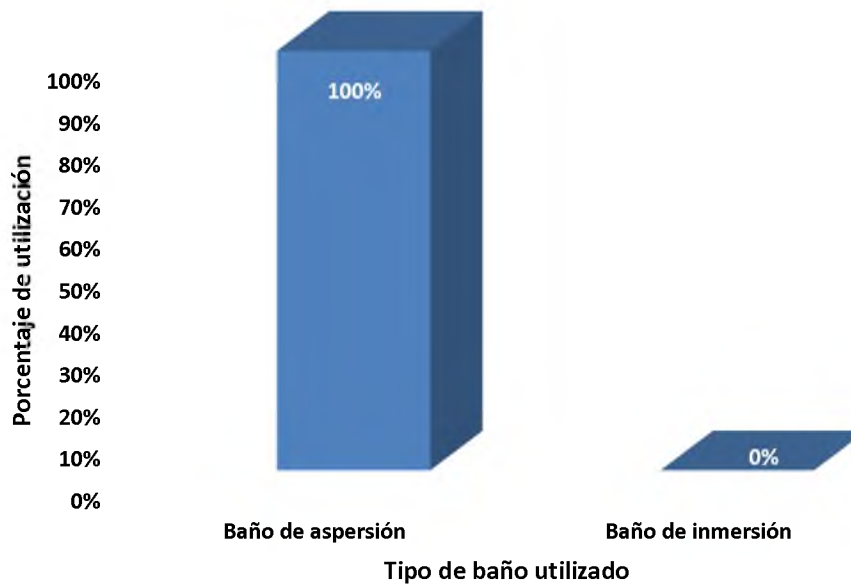
El tipo racial de los animales también se relaciona con el grado de infestación por garrapata. Existe un consenso en que las razas europeas son más susceptibles a las garrapatas. En cambio, las razas cebuínas son consideradas como resistentes a la garrapata debido a que de manera natural se han desarrollado en climas tropicales y, en consecuencia, muestran varias adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les confieren resistencia a estos parásitos (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). Entre ellas, se pueden mencionar las siguientes: cobertura de pelo corto, alta densidad de glándulas sebáceas y células mastocíticas, folículos pilosos superficiales y alto número de linfocitos circulantes (Daffner, 2012).

Independientemente de la inclusión de las razas cebuínas en las cruzas que predominan en el trópico mexicano, se ha observado que, en los hatos bovinos, los animales muestran diferente grado de resistencia a las garrapatas. Para preservar esta característica los expertos recomiendan la selección de los animales que presenten una menor cantidad de garrapatas y su cruzamiento con animales que muestren la misma característica. Con esta acción, habrá un incremento lento de la resistencia a la garrapata dentro del hato.

## **6.2. Manejo asociado al control químico de la garrapata**

Las actividades de control de la garrapata *R. microplus* tienen el objetivo de interferir con su ciclo de vida a través de la aplicación de ixodicidas. Los intervalos de uso de dichos productos están determinados por la región agroecológica, su eficacia residual y el nivel de resistencia que la garrapata muestra (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). El uso adecuado de los ixodicidas es fundamental para que los programas de control de la garrapata tengan éxito. De lo contrario, se tendrán problemas de intoxicación, generación de productos alimenticios de origen animal con residuos y aparición de cepas resistentes (Cortés-Vecino, 2018).

**6.2.1. Tipo de baño utilizado.** El tipo de baño que utilizan los productores de las unidades incluidas en el presente estudio se puede observar en la Figura 4.



**Figura 4.** Tipo de baño utilizado en el control químico de la garrapata *R. microplus* en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

En el control de la garrapata, las sustancias químicas utilizadas se pueden administrar a través de baños de aspersión o inmersión, por aplicación dorsal o por inyecciones parenterales. Debido a la facilidad para aplicarse y a que no se requiere de una gran inversión en la construcción de instalaciones, los baños de aspersión son la forma de administración que prefieren los productores en el trópico húmedo mexicano. En un trabajo realizado por Scheleske (2011) en Veracruz, se observó que el 98% de las unidades de producción muestreadas administran los ixodicidas mediante el baño de aspersión, mientras que el 2% de los productores utilizó el baño de inmersión. Por su parte, Alonso y Acosta (2004) reportaron que el 18% de los productores bañan por inmersión, 7% usan el método de derrame *pour on* y un 75% utiliza baños de aspersión.

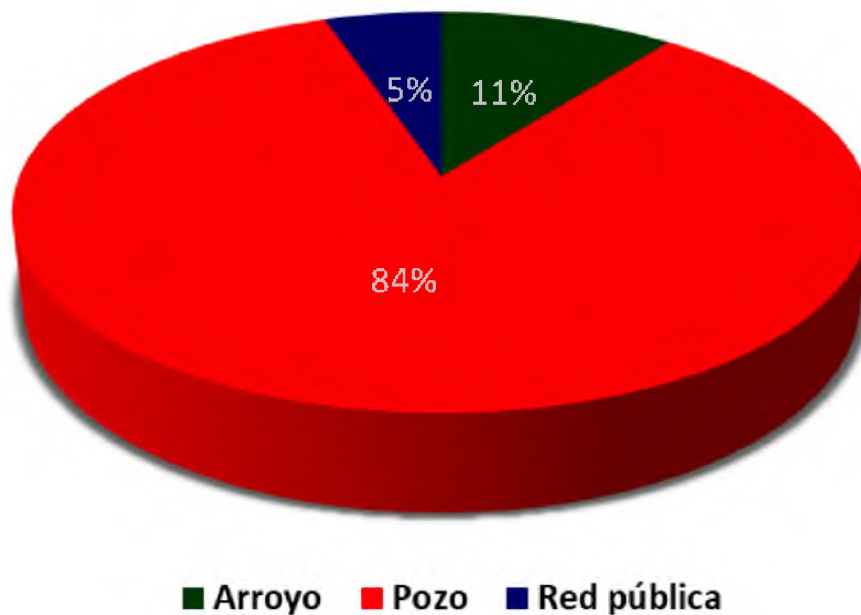
En el presente trabajo, el 100% de los ganaderos aplica los productos químicos utilizados en el control de la garrapata mediante el baño de aspersion. Lo anterior se debe a que la construcción de un baño de inmersión significaría un desembolso grande para los productores. Asimismo, la construcción del baño de inmersión debe ser estratégica, ya que no todos los productores cuentan con terrenos adecuados para la construcción de los baños, ya que en temporada de lluvias la fosa se podría inundar, propiciando la dilución de la mezcla, o bien, podría albergar materia orgánica, lo que provocará la inactivación del principio activo. En cambio, los baños de aspersion son para los productores una actividad más económica, fácil de realizar y el producto no es reutilizable. Al respecto, Tipacamú *et al.* (2009) reportan que el 94.7% de los productores aplica productos por el método de aspersion y el 5.3% combina el método de aspersion con inmersión.

**6.2.1.1. Recomendaciones para realizar el baño de aspersion.** A pesar de que los baños de aspersion son muy comunes en el trópico mexicano, existen autores que sostienen que este tipo de baños no se deben aplicar en forma grupal en las unidades de producción porque esta situación impide que la mezcla se pueda aplicar de forma homogénea. Así, las garrapatas de las zonas dorsales tienen más contacto con el producto químico, mientras que en las zonas ventrales se dificulta el contacto de las garrapatas con el producto químico. Lo anterior ocasiona la aparición de la resistencia (Alonso y Fernández, 2022).

Para minimizar las desventajas del baño de aspersión, Cantú y García (2013) recomiendan determinar de manera adecuada la dosis de producto comercial para garantizar su efectividad. Además, se debe realizar un baño completo, utilizando en promedio de 5-6 litros por animal adulto.

Otras recomendaciones no menos importantes, para realizar los baños de aspersión son abstenerse de aplicar ixodicidas cuando los animales hayan sido expuestos a la lluvia dentro de las dos horas previas a la aplicación. Además, este tipo de baños se debe realizar siempre a favor del viento y con la dirección del crecimiento del pelo, no bañar en las horas más calurosas del día, aplicar la dosis correcta recomendada por el fabricante, utilizar agua limpia y no tirar los envases cerca de los cuerpos de agua para evitar intoxicar a otras especies de la fauna local (SENASICA, 2014). Finalmente, se debe considerar que, después de bañar a los animales, se deben regresar a las pasturas contaminadas para que mediante el efecto larvicida, se reduzca la población de garrapatas.

**6.2.2. Tipo de agua utilizada.** El agua es un elemento fundamental en la productividad y el bienestar de los animales. Asimismo, se relaciona con muchas actividades pecuarias, como el control químico de las garrapatas. El origen del agua que se utiliza en las unidades de producción locales se puede observar en la Figura 5.



**Figura 5.** Origen del agua que se utiliza para realizar las mezclas de ixodicidas en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

En el presente estudio, destacaron tres fuentes del agua que se utiliza para preparar las mezclas de ixodicidas: agua proveniente de pozo, agua proveniente de arroyos y agua proveniente de la red pública. La fuente de agua depende del entorno donde se encuentra la unidad de producción. Así, en un estudio realizado en el municipio de Mojocoya, Bolivia, se observó que el 100% de los productores utiliza agua de un río que pasaba cerca. Asimismo, en un estudio donde se realizó la caracterización de sistemas ganaderos en seis municipios de Rivas y Carazo, Nicaragua, se observó que las principales fuentes de agua fueron los pozos (79%), quebradas (63%), ríos (58%) y reservorios (4%) (Gutiérrez y Mendieta, 2018). En el presente estudio y el previamente citado, el agua proveniente de pozo es la que más se utiliza para la operación de las unidades de producción.

Las propiedades fisicoquímicas del agua son muy importantes en la elaboración de mezclas de los ixodicidas. La mayoría de los productos químicos utilizados en el control de las garrapatas exhiben requerimientos de agua muy específicos para que puedan ser efectivos.

El pH del agua es una de las características fisicoquímicas de mayor repercusión en la eficacia de las mezclas de ixodicidas. El pH del agua permite darles estabilidad a los productos químicos. Este atributo es medido con una escala que va de 0 a 14. Los valores entre 0 y 6.9 se consideran ácidos. En cambio, aquellos de 7.1 a 14 son alcalinos. El valor de 7 es considerado neutro.

Los organofosforados son sustancias consideradas apolares. La mayoría son poco solubles en agua y, para ejercer sus efectos, dependen fuertemente del pH del medio en el que se encuentran. Un pH fuertemente alcalino provoca su destrucción.

Las amidinas son inactivadas por los medios con pH ácido. Para ejercer sus efectos, requieren un pH superior a 7, para que la molécula activa no se hidrolice y se pueda garantizar la estabilidad y efectividad del producto (Alonso y Acosta, 2004). Por ello, antes de realizar la mezcla es importante verificar el pH del agua que se utilizará. El pH óptimo en el que actúan las amidinas es de entre 12 y 14 (Schleske, 2011).

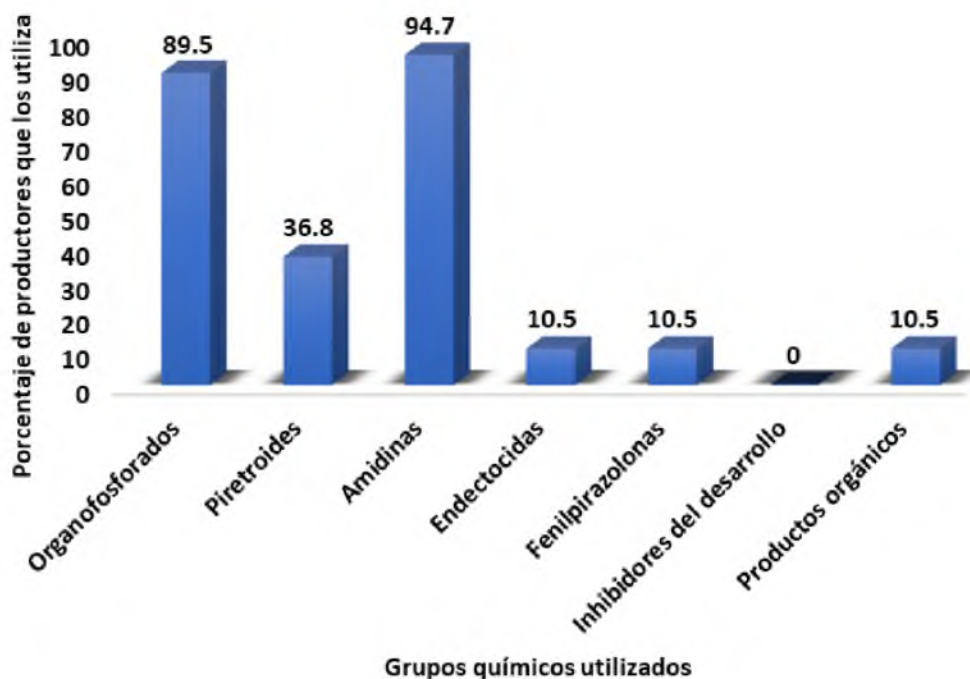
Para realizar las mezclas de los piretroides, no se recomienda utilizar aguas alcalinas. Este tipo de compuestos requiere aguas blandas y de pH neutro para lograr su mejor efectividad (Carmona, 2006).

En el presente estudio, el 84% de los productores encuestados obtiene el agua que utiliza para realizar las mezclas a partir de los pozos. Aunque no se

obtuvieron los valores de pH del agua de los pozos, la región se caracteriza por la presencia de aguas duras, con alto contenido de minerales. El contenido de minerales en el agua es el que determina su pH. Por ello, será importante en un futuro corroborar el pH de cada uno de los pozos, con el fin de emitir recomendaciones prácticas al realizar las mezclas de ixodicidas.

### 6.3. Productos químicos utilizados e intervalos de dosificación

**6.3.1. Principales grupos de ixodicidas.** Los principales grupos de ixodicidas utilizados por los productores de bovinos encuestados se pueden apreciar en la Figura 6.



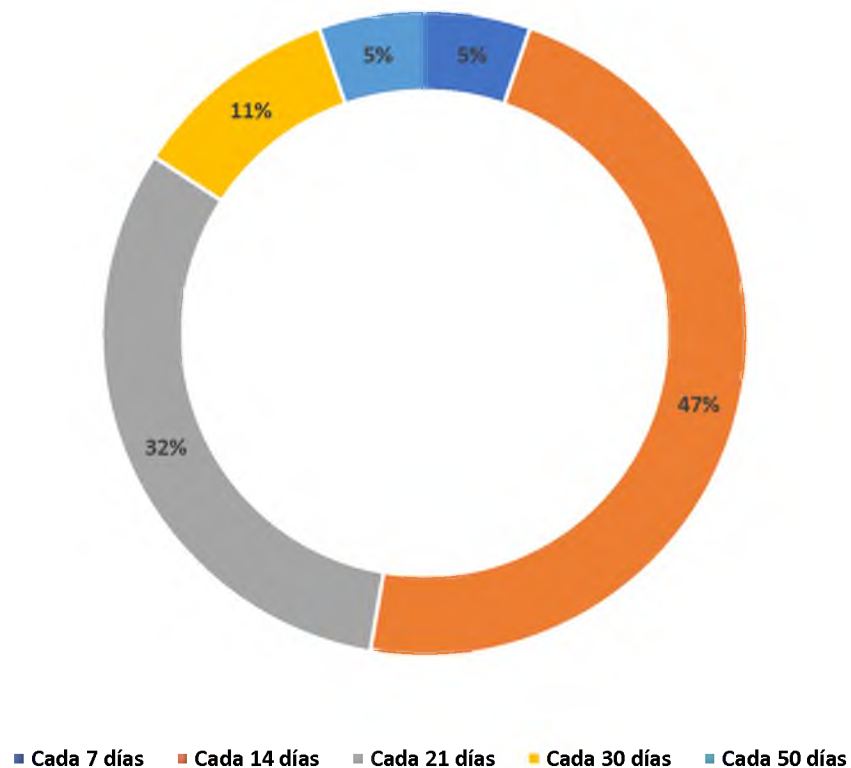
**Figura 6.** Grupos químicos de garrapaticidas utilizados por productores de bovinos de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

Se ha reportado que el 100% de los productores de bovinos utiliza preferentemente productos químicos para el control de la garrapata (Alonso y Acosta, 2004; Tipacamu *et al.*, 2009). Los productos químicos combaten a las garrapatas en sus distintas etapas de vida (Schleske, 2011). En lo referente a preferencias de los productores por grupos de ixodicidas, se ha observado que el 41% de los productores de ganado bovino opta por utilizar amidinas, 29% organofosforados y 21% piretroides (Alonso y Acosta, 2004). En otro estudio realizado en 23 unidades de producción en Chiapas, se reportó que el 96% de los productores usó amidinas y el 4% restante organofosforados (Tipacamu *et al.*, 2009). Asimismo, en otro trabajo realizado en la región natural de Orinoquía, Colombia, se observó que el 48% de los productores utilizó piretroides, especialmente la cipermetrina, 26% amidinas y 26% organofosforados (Ruíz y Blanco, 2009).

Los resultados de los estudios anteriormente citados difieren de los presentados en el presente estudio. Esta diferencia, puede deberse a que, en los estudios antes citados, la elección del ixodicida se presenta como un evento mutuamente excluyente, en el que, si el productor eligió un producto, ya no tiene la posibilidad de reportar otro. La forma de presentar los resultados en el presente estudio está más apegada a la realidad, ya que se consideró el historial de utilización de los diferentes grupos químicos. Por ello, los productores mencionaron todos los productos que han utilizado para el control químico de la garrapata, existiendo la posibilidad de que hayan utilizado varios grupos químicos.

**6.3.2. Intervalos de dosificación de los ixodicidas.** En la Figura 7 se pueden observar los intervalos de dosificación de los ixodicidas utilizados por los productores.

La aplicación correcta de los ixodicidas utilizados en el control químico de la garrapata ixodicidas implica respetar las indicaciones de uso, su dosificación, utilizar intervalos adecuados entre dosis, vías de administración correctas y conocer el poder residual y contraindicaciones de cada uno de los principios activos (Alonso y Acosta,2004).



**Figura 7.** Intervalos de dosificación de ixodicidas utilizados por productores de bovinos de Loma bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

El intervalo de los baños en cada grupo químico es un parámetro especialmente importante, debido a que cuando es adecuado, se evita la acumulación de residuos en los tejidos o en la superficie de los animales, disminuyendo el riesgo de contaminar la carne y leche.

Para determinar el intervalo entre baños, los ganaderos ocupan principalmente dos criterios. El primero consiste en la apreciación visual de la cantidad de garrapatas que los animales tienen en su superficie. Bajo este criterio, el intervalo de los baños no ofrece una regularidad a lo largo del año, ya que hay temporadas en las que el ciclo de vida de las garrapatas sucede más rápido y temporadas en las que es más lento. En el primer caso, el ganado es expuesto con mayor frecuencia a los productos químicos, por lo que existe mayor probabilidad de generar resistencia. Lo anterior cobra más relevancia en aquellas unidades de producción donde se realiza una dosificación incorrecta o baños incompletos (Reyes-Domínguez *et al.*, 2013). En un estudio se observó que el 74% de los productores encuestados utiliza como criterio para realizar el baño, la cantidad de garrapatas que observa sobre los animales, mientras que el 26% restante aplica los baños en intervalos regulares (Alonso y Acosta, 2004). En el presente estudio, la encuesta aplicada no contempló como pregunta el criterio que utilizan los ganaderos para realizar los baños. Sin embargo, cuando se comparan los criterios de considerar el número de garrapatas sobre los animales o la utilización de intervalos regulares, es más práctico utilizar el primero, ya que la duración del ciclo de la garrapata a lo largo del año es variable. Por lo tanto, se recomienda que la aplicación de los baños garrapaticidas esté basada en el número de

garrapatas presentes en el lote de los animales. Cuando los animales tienen más de 35 garrapatas semirepletas por lado, se recomienda realizar el baño (Cantú y García, 2013).

El intervalo de realización de baños también utiliza como parámetro la duración del efecto garrapaticida y periodo residual de los productos químicos. Cada uno de los productos utilizados en el control químico de la garrapata tiene un efecto residual en el que permanece en el pelaje del animal ejerciendo su acción por un tiempo determinado. Así, los efectos residuales de los diferentes grupos químicos varían. Los organofosforados tienen un efecto residual de nueve a diez días especialmente el coumafós, los piretroides y amidinas de nueve días, las ivermectinas de 30 días y los reguladores de crecimiento de 45-50 días (Errecalde *et al.*, 1989; Ruíz y Blanco, 2009). Derivado del efecto residual, se tienen diferentes tiempos de retiro después del uso de los garrapaticidas, los cuales consisten el tiempo que se debe esperar entre la administración del producto químico hasta que sus concentraciones en los tejidos están por debajo del límite mínimo permitido. Lo anterior evita riesgos en la salud del consumidor. Al respecto, la cipermetrina tiene un periodo de retiro en carne y leche de dos días periodo. En cambio, el periodo de retiro del amitraz es de 14 días en carne y un día en leche (Ruíz y Blanco, 2009).

En el presente trabajo, el 47% de los productores encuestados señaló que baña a sus animales cada 14 días, el 32% cada 21 días, el 11% cada 30 días. Otros intervalos de baño mencionados fueron cada 7 días (5%) y cada 50 días (5%). El intervalo de aplicación de baños preferido por los productores encuestados

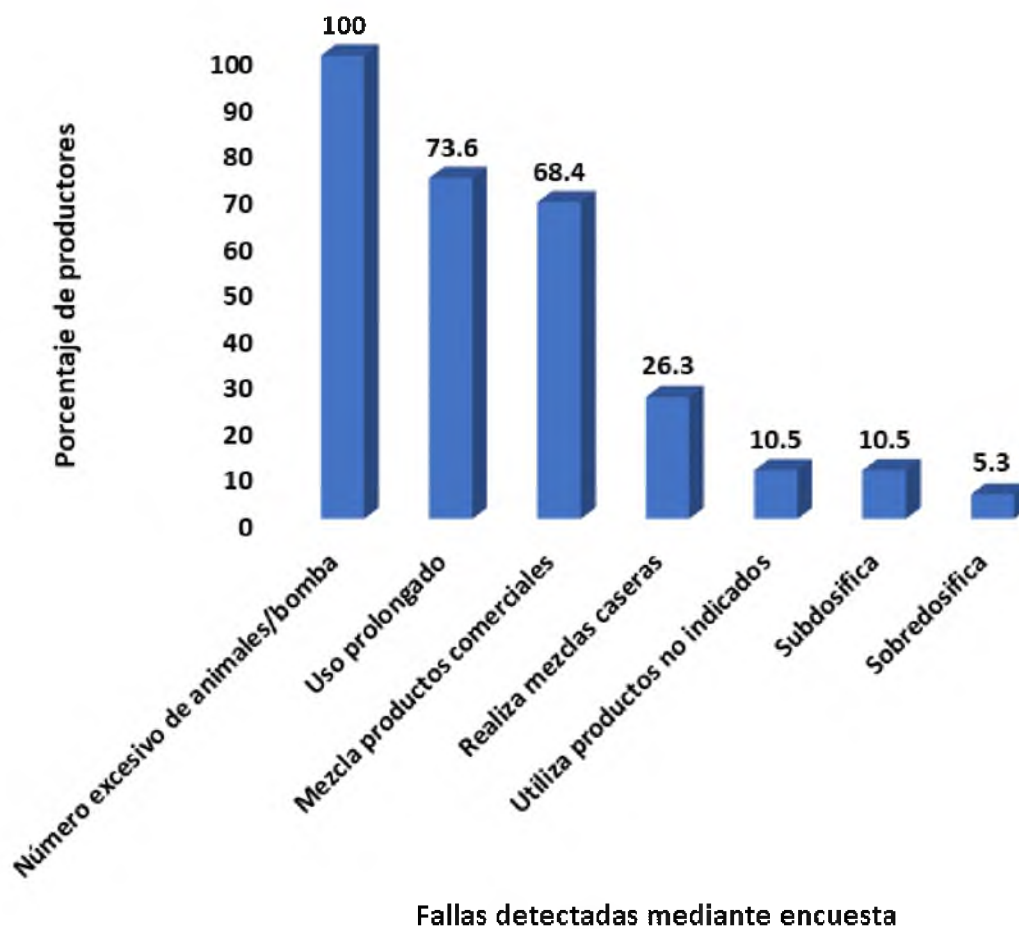
coincide con lo observado por Martínez *et al.* (2015) en Loma Bonita, Oaxaca. Los autores reportaron que los ganaderos integrantes de la Asociación Ganadera Local del municipio referido bañan contra ectoparásitos cada 15 días. Asimismo, Reyes-Domínguez *et al.* (2013), también reportaron un intervalo entre baños similar.

Dentro del esquema de baños utilizado por los productores encuestados, se aprecia que los intervalos son determinados con base en la preferencia de los productores de bañar cada cierto tiempo, en lugar de tomar como base el efecto residual de los compuestos.

#### **6.4. Principales fallas detectadas en el uso de los ixodicidas.**

En poblaciones de garrapatas normales, cuando los garrapaticidas se usan de manera correcta, es raro que se observe una baja eficacia. Sin embargo, cuando las malas prácticas de uso se van acumulando, la eficacia de los productos utilizados en el control químico de la garrapata disminuye drásticamente. La aparición de la resistencia de la garrapata a los ixodicidas es el resultado de diferentes prácticas inadecuadas. Rara vez el productor sigue al pie de la letra las indicaciones del laboratorio que comercializa los productos comerciales, a veces por desconocimiento, o bien, por una negligencia en su uso. En la Figura 8 se muestran las principales fallas detectadas en las encuestas aplicadas a los productores en el uso de ixodicidas.

Un elemento clave para obtener buenos resultados al utilizar un garrapaticida es llevar a cabo una dosificación correcta del producto comercial (Cantú y García, 2013). Asimismo, la selección del producto dependerá de las necesidades individuales de los ganaderos, de los recursos disponibles y el impacto económico de las garrapatas en el sistema de producción animal (Errecalde et al., 1989).



**Figura 8.** Principales fallas detectadas en las encuestas aplicadas a los productores en el uso de ixodicidas.

A continuación, se describen brevemente las principales fallas detectadas en las encuestas aplicadas a productores.

**6.4.1. Número excesivo de animales/bomba.** En el presente estudio se observó que los productores bañan en promedio 11 animales adultos por cada bomba de 20 litros, en un rango que va de cuatro a 25 animales. Este dato está muy por encima de lo sugerido por Alonso y Acosta (2004), quienes recomendaron bañar solo cuatro animales adultos por bomba para evitar problemas por subdosificación. Todos los productores incluidos en este trabajo, bañaron una mayor cantidad de animales por bomba de lo recomendado. Lo anterior concuerda con un estudio realizado en Veracruz, en el que se observó que el 61% de las unidades de producción muestreadas bañan en total siete animales con una bomba de 20 litros (Schleske, 2011). Asimismo, Fuentes *et al.* (2011), encontraron que el 95% de los productores encuestados realizan baños de aspersión de forma manual con una bomba de 20 litros y bañan 16 animales adultos/bomba.

**6.4.2. Uso prolongado.** El 73.6% de los productores encuestados ha tardado más de dos años usando los mismos productos. Estos datos son similares a los reportados por Tenorio y Oporta (2006), quienes reportaron que los ixodicidas más utilizados en las unidades de producción bovina fueron los piretroides, amidinas y organofosforados. En ese estudio, el 31.1% de los productores mencionaron que tenían al menos un año utilizando de manera constante el ixodicida actual, mientras que el 69.8% superaba ese tiempo. En otro estudio realizado en Colombia por Yaima-Yate y Díaz-Rivera (2022), se evaluaron 12 fincas escogidas aleatoriamente y se observó que en una unidad de producción se aplicaron amidinas cada seis meses durante un periodo de 15

años. En otros ranchos, se aplicó cipermetrina al 15% mensualmente, cada 20 días o cada seis meses en periodos de seis años, ocho años o siete años, respectivamente. Además, en ese estudio se detectó que la mayoría de los productores encuestados no llevaban a cabo la rotación de garrapaticidas, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio.

**6.4.3. Mezclas de productos comerciales.** Derivado de la encuesta aplicada, se observó que los productores no respetan las indicaciones proporcionadas los laboratorios que comercializan los productos garrapaticidas. Sin un sustento científico, toman decisiones sobre arbitrarias sobre la aplicación de los productos. Así, el 68.4% de los productores realiza mezclas de productos comerciales, especialmente las que involucran el Amitraz con el Coumaphos. Este resultado concuerda con lo observado por Ruíz y Blanco (2009), quienes reportaron que el 80% de los productores que encuestaron realizaba mezclas de productos químicos. En otro estudio, se reporta que el 75% de los productores encuestados utilizaron más de dos productos en los baños garrapaticidas y justificaron esa acción mencionando que dejaron de utilizar un solo producto por considerar ineficaces los baños que realizaban (Fuentes *et al.*, 2011).

**6.4.4. Mezclas caseras.** El realizar mezclas caseras sin un sustento científico puede contribuir a que los productos garrapaticidas se inactiven, disminuyendo su eficacia. El 26.3% de los productores encuestados en este trabajo mencionaron que utilizan mezclas caseras de cal, vinagre, gasolina, diésel, petróleo, urea y productos de limpieza.

En ocasiones, dentro de las indicaciones de uso del producto comercial, el mismo laboratorio recomienda la adición de sustancias específicas. Por ejemplo, cuando se utiliza Amitraz, los laboratorios recomiendan adicionar cal para alcalinizar el pH del agua. El sustento de esa recomendación radica en que el principio activo se degrada y pierde potencia de manera rápida al tener contacto con aguas de pH neutro o ácidas, por lo que la mayoría de productores suele aumentar la estabilidad del producto adicionando 0.5% de cal, lo que eleva el pH del agua a 12 (Errecalde *et al.*, 1989). Sin embargo, esta práctica no se para los otros grupos de ixodícidas.

**6.4.5. Uso de productos no indicados.** El 10.5% de los productores encuestados mencionaron que usan Fipronil, a pesar de que este producto no está indicado para su uso en los animales productores de leche, ya que sus residuos pueden contaminar el producto para consumo humano. En un trabajo realizado por Valdez-Espinoza *et al.* (2020) se observó que la aplicación de Fipronil durante un periodo seco o en aquellos animales que no están destinados a la producción de leche para consumo humano tuvo resultados favorables en el control de la garrapata. Por lo tanto, esta práctica podría ser una estrategia interesante si se controla de manera estricta su aplicación. Desafortunadamente, los productores de este estudio aplican el Fipronil de manera indiscriminada, sin considerar que está prohibido su uso en los animales que están produciendo leche.

**6.4.6. Subdosificación.** Alonso y Fernández (2022), mencionan que un animal infestado requiere un baño eficaz y una concentración apropiada para

controlar el número de garrapatas que tiene en su superficie. Lo anterior implica que, si el fabricante dice que a una bomba de 20 litros de agua se le adiciona una cantidad específica de producto comercial, se debe respetar esa indicación para lograr una concentración adecuada, de lo contrario el agregar menor cantidad de producto implica que las garrapatas no sean sometidas a la concentración mínima tóxica que causa su reducción en los parámetros reproductivos y la muerte (Reyes-Domínguez *et al.*, 2013). En un estudio realizado por Fuentes *et al.* (2011), se encontró que el 34% de los productores encuestados subdosificaban. Por su parte, Scheleske, (2011), menciona que el 35% de los productores que encuestó subdosificaban, usando una menor dosis de la recomendada por el fabricante. En este estudio, sólo el 10.5% de los productores encuestados mencionaron que subdosifican. La diferencia en resultados entre este estudio y los mencionado puede deberse a que en el presente trabajo no se corroboró de manera visual la información recopilada en la encuesta. Además, la mayoría de los productores incluidos en este estudio, no siguen las recomendaciones del laboratorio, ya que, en lugar de dosificar en mililitros, utilizan las tapas del producto para medir la cantidad de producto a utilizar, lo cual puede llevar a errores en la dosificación de producto.

**6.4.7. Sobredosificación.** La sobredosificación es una práctica que consiste en la administración del producto garrapaticida por arriba de la dosis recomendada por el laboratorio. La sobredosificación puede deberse a errores en la preparación de las mezclas al no utilizar jeringas para controlar la cantidad exacta de producto, o bien, cuando el productor incrementa de manera

premeditada la cantidad de producto comercial en casos de resistencia a ixodicidas. En un estudio realizado por Ruíz y Blanco (2009), se encontró que el 100% de los productores encuestados sobredosifican el producto hasta el triple de la dosis comercial recomendada. Por su parte, Fuentes *et al.* (2011), en un trabajo sobre resistencia a Cipermetrina y Amitraz de la garrapata *R. microplus*, observaron que el 26% de los productores encuestados sobredosifican al realizar la mezcla. En el mismo sentido Schleske (2011), reportó que el 26% de los productores también. Los resultados de las investigaciones antes mencionadas son diferentes a los reportados en el presente trabajo, en el que sólo el 5.3% de los productores sobredosifica. Los ganaderos justifican esta práctica mencionando que, con el paso del tiempo, los productos perdieron efectividad para controlar la garrapata. Por ello, los productores tienen la necesidad de incrementar la cantidad de producto, logrando con eso nuevamente resultados óptimos.

#### **6.5. Nivel de resistencia de las poblaciones de garrapatas a los productos ixodicidas**

La efectividad de los ixodicidas contra las garrapatas es la base para implementar programas de control exitosos dentro de las unidades de producción. Por lo tanto, es recomendable que los productores cuenten con la asesoría técnica necesaria para fomentar una producción bovina más eficiente (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006).

En la actualidad se cuenta con seis grupos químicos que se utilizan en el control de la garrapata que no surgieron al mismo tiempo, sino que se desarrollaron a lo

largo de muchas décadas. Como consecuencia, algunos grupos llevan en el mercado más tiempo que otros y, por lo tanto, se han usado más. Lo anterior es especialmente importante si se considera que, a medida que las garrapatas se exponen a los productos químicos, adquieren la habilidad para resistirlos. En México, los grupos químicos que más se han ocupado en los programas de control de la garrapata son los organofosforados, amidinas y piretroides (Cantú y García, 2013; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). En las últimas décadas se han incorporado otros productos como el Fipronil. En el Cuadro 4 puede observarse la mortalidad larvaria causada por ixodícidas en las unidades de producción incluidas en el estudio.

**6.5.1. Resistencia a organofosforados.** Los organofosforados son compuestos muy utilizados en el control de la garrapata *R. microplus*. Su mecanismo de acción consiste en inhibir la actividad de la enzima acetilcolinesterasa, provocando la despolarización permanente de las células nerviosas de las garrapatas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006).

**Cuadro 4.** Mortalidad larvaria causada por ixodícidas utilizados para el control de la garrapata en unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

Rancho	Coum	Diaz	Chlo	Amit	Cipe	Delt	Perm	Fipr
1	100	0	100	37.0	0	0	0	100
2	30.4	0	0	26.5	0	0	0	68.9
3	0	0	0	40	0	0	0	100
4	0	0	0	63.0	0	0	0	100
5	58.6	0	0	31.4	0	0	0	100
6	80.2	0	0	100	0	0	0	93.2
7	0	0	0	55.5	0	0	0	80.8
8	64.4	0	0	38.5	0	0	0	100
Promedio	41.7	0	12.5	49.0	0	0	0	92.9

Coum=coumaphos; Díaz=diazinon; Chlo=chlorpiriphos Amit=amitraz; Cipe=cipermetrina; Delt=deltametrina; Perm=permetrina; Fipr=fipronil.

En el presente estudio, se obtuvo un porcentaje promedio de mortalidad larvaria de 41.7 % para el Coumaphos, 12.5 % para Chlorpiriphos y 0 % para Diazinon. Estos resultados son diferentes a los reportados por Valdez-Espinoza *et al.* (2021), quienes con una metodología similar a la realizada en este trabajo muestrearon 13 ranchos en Hidalgo, México, observando porcentajes de mortalidad larvaria de 99.78 %, 76.1 % y 16.65 % para Coumaphos, Chlorpiriphos y Diazinon, respectivamente. Por su parte, Soberanes *et al.* (2002), observaron mortalidades larvarias de 99.7 %, 98.6 % y 58.6 % cuando utilizaron Chlorfenvinphos, Coumaphos y Diazinon, respectivamente.

En otro estudio sobre la evaluación de la efectividad de los acaricidas en poblaciones de campo de *R. microplus*, realizado por Yaima-Yate y Díaz-Rivera (2022), los autores encontraron que los organofosforados provocaron una reducción del 98.96 % en el número de larvas en el 25 % de los ranchos incluidos en su estudio.

De los estudios expuestos, se desprende que los organofosforados mostraron resultados muy variables en el control de la garrapata, con algunos principios activos alcanzando una efectividad muy cercana al 100 % y otros logrando apenas una mortalidad larvaria del 16 %. En el presente estudio, la mortalidad larvaria provocada por los organofosforados utilizados varió del 0 % hasta el 42 %. Lo anterior indica que independientemente del principio activo utilizado, los organofosforados como grupo químico mostraron una efectividad baja para controlar las poblaciones de garrapata *R. microplus*. Lo anterior puede explicarse

por el tiempo tan prolongado que se han usado los organofosforados en el control de la garrapata sin un manejo racional de los mismos.

**6.5.2. Resistencia a los piretroides.** Otro de los grupos químicos utilizados ampliamente en el control de la garrapata *R. microplus*. Los principios activos de este grupo bloquean la actividad motriz y causan parálisis en las garrapatas (Cantú y García, 2013). En el presente estudio, se observó que independientemente del principio activo utilizado, los piretroides causaron una mortalidad larvaria del 0 %. Este resultado muestra diferencias sustanciales a lo reportado en otros estudios. Así, Valdez-Espinoza *et al.* (2021), en Hidalgo, México, evaluaron la eficacia de tres principios activos pertenecientes a los piretroides. Observaron que, en dos de 13 ranchos evaluados, los piretroides lograron una mortalidad larvaria cercana o mayor al 50 %. En otro estudio realizado por Soberanes *et al.* (2002), se observó una mortalidad larvaria de 37.5 %, 30.8 % y 14.5 % para la Cipermetrina, Deltametrina y Flumetrina, respectivamente.

Tomando en cuenta los resultados de este estudio y los de los trabajos citados, se puede observar que los piretroides muestran una baja o nula eficacia para controlar las poblaciones de garrapata *R. microplus*, por lo que debe evitarse su uso.

**6.5.3. Resistencia a las amidinas.** En el presente estudio, al utilizar amidinas para el control de la garrapata *R. microplus*, se observó un 49% de mortalidad larvaria, con un rango de 26.5 % al 100 %. Los resultados variables de eficacia de las amidinas en el control de la garrapata también fueron

observados en un estudio que se realizó en seis municipios de Tamaulipas en el que se muestrearon 57 ranchos. Los autores observaron que el 85% de las subpoblaciones de garrapatas analizadas presentaron una baja susceptibilidad, de las cuales el 58 % presentó sobrevivencia al Amitraz en rangos de 80-100 %, el 28 % con rangos del 51-79 % y sólo el 7 % presentó una sobrevivencia menor al 20 % (Cantú y García, 2013). En ese estudio se concluyó que la eficacia de las amidinas en el control de las garrapatas es muy baja, lo cual provoca pérdidas económicas debido a la necesidad de utilizar productos alternativos para lograr un buen control. Por su parte, Valdez-Espinoza *et al.* (2021), al utilizar Amitraz observaron una mortalidad larvaria de entre el 10 % y 44 %, haciendo hincapié en que la eficacia de este principio activo puede regresar si se decide dejar de utilizarlo en los programas de control de la garrapata por un periodo considerable. En otro estudio realizado en Colombia por Araque *et al.* (2014), se observó que el 3 % de 71 unidades de producción analizadas presentaron mortalidad de 91 % y 100 % cuando se utilizó Amitraz, el 97 % restante presentó resistencia, evidenciando la pérdida de eficacia de estos productos en el control de las garrapatas. Por otra parte, cuando se analizó la eficacia del Amitraz después de su aplicación, se observó 14.4 % de garrapatas muertas a las cuatro y ocho horas de haber sido aplicado, a las 12 horas el 16 % y a las 72 horas el 17% (Tenorio y Oporta, 2006), indicando que su efectividad ha disminuido con el paso del tiempo debido a su uso indiscriminado.

**6.5.4. Resistencia a las fenilpirazolonas.** El principal principio activo de las fenilpirazolonas utilizado en el control de la garrapata es el Fipronil. El

mecanismo de acción del Fipronil actúa sobre el sistema nervioso central alterando la transmisión neuromuscular y produciendo toxicidad (Alonso y Fernández, 2022).

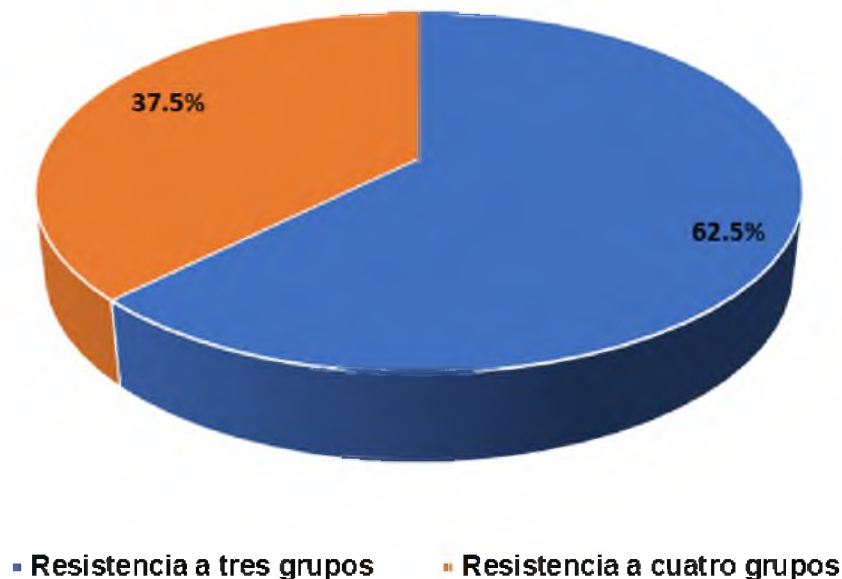
En el presente estudio, se logró una mortalidad larvaria de 99.2 % cuando se utilizó Fipronil, con un rango de 68.9 % al 100 %. Asimismo, se observó que, en cinco de los ocho ranchos incluidos en el estudio, provocó una mortalidad del 100 %. Este resultado es similar a lo observado por Valdez-Espinoza *et al.* (2020), en Hidalgo, México, quienes reportan que, en seis ranchos muestreados, en tres se observó una mortalidad larvaria del 100 %, en dos ranchos del 98-99 % y sólo en uno del 60 %. En contraste, en un estudio realizado en 26 ranchos de Brasil, se observó que ningún rancho presento resistencia a Fipronil por lo que los autores recomendaron su uso para el control de poblaciones de garrapatas en el ganado bovino (Ribeiro *et al.*, 2020). Como se puede notar, la eficacia del Fipronil en el control de las subpoblaciones de garrapatas es alta debido a que en la mayor parte de los ranchos las garrapatas no han sido expuestas a este producto.

#### **6.6. Resistencia de la garrapata *R. microplus* a diferentes grupos de ixodicidas**

Uno de los principales factores que determina la aparición de resistencia de la garrapata a los productos utilizados en su control químico es el manejo que se hace de los mismos, especialmente cuando los productores no siguen las recomendaciones del fabricante. Otro factor que influye es la estrategia de uso por parte de los productores. Se han observado menos problemas de resistencia

en aquellas unidades que aplican de manera rutinaria la rotación de ixodicidas (Cantú y García, 2013). Además de los factores antes mencionados, también se debe considerar el tiempo de uso ininterrumpido de los principios activos. Se ha establecido que la aparición de la resistencia a los ixodicidas ocurre después de 2 a 7 años de uso constante por parte de los productores (Alonso y Fernández, 2022).

Una de las manifestaciones más graves de la resistencia a ixodicidas ocurre cuando las subpoblaciones de garrapatas muestran resistencia múltiple a diferentes grupos químicos utilizados en su control (Alonso y Acosta, 2004). Lo anterior es especialmente crítico, si se considera que los grupos químicos muestran diferentes mecanismos de acción en el control de la garrapata. Una subpoblación con resistencia múltiple a ixodicidas es problemática porque las opciones para eliminarla se reducen de manera dramática. En la Figura 9, se presenta la cantidad de grupos químicos a las que son resistentes las subpoblaciones incluidas en el presente estudio.



**Figura 9.** Porcentaje de subpoblaciones de garrapata *R. microplus* que muestran resistencia simultánea a tres o cuatro grupos de ixodicidas en unidades productivas de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

La resistencia múltiple es el reflejo del uso indiscriminado de los garrapaticidas. Es grave que haya resistencia a uno o dos grupos, pero es peor si la resistencia es simultánea a varios grupos, ya que eso indica que en esas subpoblaciones se han reducido las opciones para controlarlas. En el presente estudio se observó que el 62.5 % y 37.5 % de los hatos muestreados presento subpoblaciones de garrapatas con resistencia simultánea a tres y cuatro grupos de ixodicidas, respectivamente. Estos resultados son similares a los reportados Valdez-Espinoza *et al.* (2021), quienes en un estudio sobre la susceptibilidad de la garrapata *R. microplus* a los ixodicidas en hatos bovinos en el estado de Hidalgo, observaron que el 84.6 % presentaba subpoblaciones de garrapata con resistencia a tres grupos de ixodicidas, el 7.7 % de las subpoblaciones fue

resistente a cuatro grupos químicos y el 7.7 % restante fue resistente solamente a los piretroides. Asimismo, Saporiti *et al.* (2021), realizaron un estudio de análisis de resistencia de 47 poblaciones de garrapatas en el norte de Uruguay para cinco grupos químicos. Observaron que 46 poblaciones (97.9 %) fueron resistentes a piretroides y el 68.1 % presentó resistencia a tres o más grupos químicos de forma simultánea.

En un trabajo realizado en el municipio de San Juan Evangelista, Veracruz Reyes-Domínguez *et al.* (2013), encontraron que, en 16 unidades de producción muestreadas, se observó resistencia múltiple a Coumaphos, Deltametrina y Amitraz, resultados que fueron atribuidos a las malas prácticas de manejo. Lo anterior también fue observado por Ruíz y Blanco (2009), quienes observaron que las garrapatas estudiadas tenían un alto grado de resistencia a Cipermetrina, Amitraz y Deltametrina.

En un estudio realizado en Uruguay, Cuore *et al.* (2017), observaron resistencia múltiple en 13 subpoblaciones de garrapatas a cinco principios activos: organofosforados (44 %), piretroides sintéticos (91 %), Amitraz (39 %), Fipronil (39 %) y lactonas macrocíclicas (33 %). El 53 % de las subpoblaciones presentó resistencia a dos grupos químicos, mientras que el 29.3% de las subpoblaciones de garrapatas analizadas mostraron resistencia a cuatro o cinco principios activos. Derivado de esos resultados, los autores recomendaron enfocar las investigaciones en estrategias para evitar la resistencia múltiple de las garrapatas a los garrapaticidas. En otro estudio realizado en el sur de Brasil por Klafke *et al.* (2017), se evaluó el nivel de resistencia de la garrapata a los ixodicidas,

observando resistencia múltiple a tres o más compuestos en un 78.85 % de las subpoblaciones analizadas. Los autores consideraron este resultado como alarmante debido al alto impacto económico de la resistencia en los sistemas de producción ganadera. En África, el problema de la resistencia a ixodicidas también está bastante extendido. En un estudio realizado en Uganda por Vudriko *et al.* (2016), se detectó que el 52% de las poblaciones de garrapatas analizadas presentaron resistencia múltiple.

Tomando en cuenta los resultados del presente estudio y de los estudios citados, se observa que la resistencia múltiple a ixodicidas es un fenómeno que está ampliamente extendido en las subpoblaciones de garrapata *R. microplus*, lo cual es indicativo de fallas en el manejo de los principios activos utilizados. Los resultados confirman la percepción de los productores sobre la baja eficacia de los garrapaticidas que utilizan. Asimismo, se hace patente el desconocimiento actual de los productores acerca de qué producto deben utilizar para lograr un control efectivo.

Los altos niveles de resistencia han surgido por prácticas inadecuadas de control asociadas a un mal cálculo de la dosis, número elevado de aplicaciones de garrapaticidas por año (Alonso y Acosta, 2022), forma incorrecta de aplicación y desconocimiento sobre el grado de resistencia de los grupos químicos más utilizados en la región, lo que evidencia una falta de asesoría profesional para los productores.

El uso de químicos es considerado hasta ahora la actividad que más se utiliza para el control de las garrapatas, el 80 % de los problemas de resistencia se debe

al mal manejo de los ixodicidas (SENASICA, 2020). Una alternativa de control es manejo de potreros, selección de razas más resistentes siguiendo las recomendaciones del fabricante para que el uso de ixodicidas sea más racional y no indiscriminado, además de evitar el uso de mezclas caseras acompañados de plaguicidas agrícolas (Alonso y Acosta, 2004).

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. Conclusiones**

Los factores de riesgo para el establecimiento de la resistencia de la garrapata *R. microplus* en las unidades de producción incluidas en el estudio fueron el baño de un número excesivo de animales por bomba, el uso prolongado de principios activos, la realización de mezclas de productos comerciales y productos caseros, utilización de productos no indicados de acuerdo a la etapa fisiológica, la sobredosificación y la subdosificación.

En todas las unidades de producción se observó un alto nivel de resistencia a organofosforados, piretroides y amidinas. Las fenilpirazolonas (Fipronil), fueron el único grupo que mostro niveles aceptables de efectividad debido a que casi no se ha utilizado en las unidades de producción bovina de Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

Todas las unidades de producción incluidas en el estudio mostraron resistencia múltiple a tres o cuatro grupos químicos, lo que evidencia malas prácticas de manejo en el control químico

### **7.2. Recomendaciones**

Se recomienda que las unidades de producción realicen un diagnóstico de resistencia. Los resultados permitirán diseñar una estrategia específica de control químico, fomentando el uso racional de ixodicidas.

Los productores deben seguir las especificaciones que proporcionan los laboratorios para el uso de los productos comerciales, con ello se reducirán las

fallas en el control químico y los daños sanitarios y económicos causados por garrapatas.

Los resultados de esta investigación evidencian que los productores llevan a cabo el control químico de la garrapata de una manera empírica y muchas veces no contemplan un sustento científico en el uso de los ixodicidas. Por ello se recomienda que cuenten con asesoría técnica que fomente una producción más eficiente y rentable.

Los resultados de la presente investigación son la primera evidencia de la resistencia de la garrapata *R. microplus*, lo que confirma la percepción de baja eficacia de los ixodicidas. Por lo tanto, se recomienda realizar futuras investigaciones que incluyan un mayor número de unidades productivas para conocer con mayor precisión el grado de resistencia de la garrapata en la región. Asimismo, se requieren investigaciones que profundicen en el grado de resistencia y el cálculo de las dosis efectivas de los ixodicidas.

Finalmente, se debe comenzar a explorar la utilización de tratamientos orgánicos que sean más amigables con el ambiente y que disminuyan los costos del control de la garrapata.

## 8. LITERATURA CITADA

- Adjou M.P.F., Aplogan G.L., Katahira H., Gao Y., Guo H., Efstratiou A., Jirapattharasate C., Wand G., Liu M., Ringo A.E., Umemiya-Shirafuji R., Susuki H., Xuan X. 2018. Prevalence, risk factors, and genetic diversity of veterinary important tick-borne pathogens in cattle from *Rhipicephalus microplus*-invaded and non-invaded areas of Benin. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 9(3):450-464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.12.015>
- Alcalá-Canto Y., Figueroa C.J.A., Ibarra V.F., Vera-Montenegro Y., Cervantes-Valencia M.E., Salem A.Z.M., Cuellar-Ordaz J.A. 2018. Development of the first georeferenced map of *Rhipicephalus (Boophilus) spp.* in México from 1970 to date and prediction of its spatial distribution. 13(1):624. DOI: 10.4081/gh.2018.624.
- Alonso D.M., Fernández S.A. 2022. *Rhipicephalus microplus*: biología, control y resistencia. En Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería en el Tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 40p. Disponible en: [https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceieqt/archivos/Manual\\_R\\_Microplus.pdf](https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceieqt/archivos/Manual_R_Microplus.pdf) Consultado el 20 de marzo del 2023.
- Alonso-Díaz M.A., Acosta R.R. 2004. Estrategias de control de la garrapata *B. microplus* en la ganadería bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. Archivo de medicina veterinaria y zootecnia. pp 29-46. Disponible en: <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceieqt/archivos/12.pdf> Consultado el 23 de febrero del 2022.

Alonso-Díaz M.A., Rodríguez-Vivas R.I., Fragoso-Sánchez H., Rosario-Cruz. 2006. Ixodicide resistance of the *Boophilus microplus* tick to ixodicides. Archivo de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 38(2):105-113. DOI: [10.4067/S0301-732X2006000200003](https://doi.org/10.4067/S0301-732X2006000200003)

Araque A., Ujueta S., Bonilla R., Gómez D., Rivera J. 2014. Resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* de algunas explotaciones ganaderas de Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 17(1):161-170. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262014000100018&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262014000100018&lng=en&tlng=es) Consultado el 15 de marzo del 2023.

Arceo-Medina G.N., Rosado-Aguilar J.A., Rodríguez-Vivas R.I., Borges-Argaez R., Barredo-Poll F.A. 2020. Evaluation of the effect of the combination of dibenzyl disulfide, dibenzyl trisulfide and octadecenoic acid methyl ester on the process of ovogenesis in acaricide-resistant *Rhipicephalus microplus*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 23(1):11. ISSN 1870-0462. Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2958> Consultado el 20 de abril del 2022.

Benavides O.E., Romero P.J., Villamil J.L.C. 2016. Las garrapatas del ganado bovino y los agentes de enfermedad que transmiten en escenarios epidemiológicos de cambio climático: Guía para el manejo de garrapatas y adaptación al cambio climático. Costa Rica. 91p. ISBN 978-92-9248-655-

6. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7231> Consultado el 10 de enero del 2023.

Bustillos R., Rodríguez R. 2016. Ecología parasitaria de *Rhipicephalus microplus* en bovinos: un problema de la ganadería de los trópicos del Ecuador. [s.l]: Editorial Académica Española. ISBN: 9783639799118. 73p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/handle/25000/14008>. Consultado el 19 de noviembre del 2022.

Cabezas-Cruz A., Valdés J.J. 2014. Are ticks venomous animals. *Frontiers in Zoology*. 11(1):1-18. DOI: <https://doi.org/10.1186/1742-9994-11-47>

Cantú C.A., García V.Z.S. 2013. Estrategias para el control integrado de garrapata (*Boophilus spp.*) en la producción de bovinos de carne en pastoreo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico No. MX-0-310402-43-03-14-09-36 ISBN: 978-607-37-0180-8 Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/948.pdf> Consultado el 17 de octubre del 2022.

Carmona S.G. 2006. PH del Agua para un buen efecto del garrapaticida. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/foros/agua-buen-efecto-garrapaticida-t4952/> Consultado el 11 de febrero del 2023.

Cisneros H. F. 2020. Caracterización de las prácticas de manejo de potreros en una localidad del trópico seco en el estado de Oaxaca. Tesina (Maestría

en producción de bovinos en trópico). Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajuniculapa, Guerrero.107 p.

Cortes-Vecino J.A. 2018. Integrated control of ticks and its importance for public health. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. *Revista del instituto Nacional de Salud Biomédica*. 38 (4):452-455. DOI: <https://www.redalyc.org/journal/843/84358121001/html/>

Cruz R. R., García D. I. D., Silva, S. L., Domínguez, F. R. 2021. Integrated Management of the Cattle Tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) and the Acaricide Resistance Mitigation. In (Ed.), Insecticides; impact and benefits of its use for humanity. CAP.1-7. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.100015>

Cuevas R.V., Loaiza M.A., Espinosa G.J.A., Vélez I.A., Montoya F.M.D. 2016. Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos de doble propósito en Sinaloa, México. *Revista Mexicana Científica*. 7(1):69-83.

Cuore U, Solari MA., Trelles A. 2017. Situación de la resistencia y primer diagnóstico de poblaciones de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistente a cinco principios activos en forma simultánea en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*. 53(205):1-2.

Cuore U. 2006. Resistencia a los acaricidas, manejo y perspectivas. Técnico del Departamento de Parasitología de la DILAVE "Miguel C. Rubino". XXXIV Jornadas de Buiatría Paysandú. 65p. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministeri>

[o-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/resistencia\\_parasitaria\\_manejo\\_y\\_perspectivas.pdf](https://www.ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/resistencia_parasitaria_manejo_y_perspectivas.pdf). Consultado el 20 de julio del 2022.

Daffner A. 2012. La garrapata de los vacunos, características y control. *Revista veterinaria argentina*. Disponible en: <https://www.veterinariargentina.com/revista/2012/10/la-garrapata-de-los-vacunos-caracteristicas-y-control/> Consultado el 23 de agosto del 2022.

Díaz-Rivera E., Holguín C.G., Urrea M.D. A. 2019. Nuevo polimorfismo en el gen del canal del sodio de la garrapata *Rhipicephalus microplus* (Ixodida: Ixodidae) resistente a piretroides. *Revista de Biología Tropical*. 67(4):935-944. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442019000400935&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442019000400935&script=sci_abstract&tlng=es) Consultado el 16 de abril del 2022.

Domínguez G.D.I., Torres A.F., Rosario-Cruz R. 2016. Economic evaluation of tick (*Rhipicephalus microplus*) control in Mexico. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 5(9):43-52. Disponible en: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/49/188> Consultado el 12 de agosto del 2022.

Domínguez-García D. I., Rosario-Cruz R., Almazán-García C., Oaxaca, J. A. S., De la Fuente J. 2010. *Boophilus microplus*: Aspectos biológicos y moleculares de la resistencia a los acaricidas y su impacto en la salud animal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12(2):181-192.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93913070001.pdf>

Consultado el 20 de abril del 2022.

Dupchak, K. 2006. Evaluando la calidad del agua para el ganado. Disponible en:

[https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/evaluando-calidad-](https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/evaluando-calidad-aqua-ganado-t26024.htm)

[aqua-ganado-t26024.htm](https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/evaluando-calidad-aqua-ganado-t26024.htm). Universidad Crescent Winnipeg, Manitoba –

CANADA. Consultada el: 25 de marzo del 2023.

Errecalde C.A., Prieto G.F., García O.H. 1989. Actualizaciones en

ectoparasitidas. *Monografías de Medicina Veterinaria*, 11(2). Disponible

en:

<https://monografiasveterinaria.uchile.cl/index.php/MMV/article/view/4948>

Consultado el 15 de mayo del 2023.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación).

2004. Module 1. Ticks: Acaricide resistance; Diagnosis Management and

Prevention. *Guidelines Resistance. Management and integrated parasite*

*control in ruminants. Animal Production and Health Division, Agriculture*

*Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations,*

*Rome.*

25-77.

Disponible

en:

[https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/reference](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/reference)

[spapers.aspx?referenceid=744486](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/reference) Consultado el 11 de enero del 2022.

Fernández-Salas A., Rodríguez-Vivas R.I., Alonso-Díaz M.A. Basurto-Camberos

H. 2012. Ivermectin resistance status and factors associated in

*Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) populations from Veracruz,

Mexico. *Veterinary Parasitology*. 190(1-2):210-215. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.06.003>

Flores F.J.M. 2015. Caracterización molecular de secuencias ESTs codificantes de proteínas de membrana con potencial inmunoprotector en la garrapata del ganado bovino *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Tesis de doctorado). Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco. 117 p.

Fuentes M.Y., Peniche C.A.E.J., Martínez H.D.I., Romero S.D., Schleske M.I., Soto R.I., Rosado A.J.A., Rodríguez V.R.I., Barradas P.F.T. 2011. Resistencia de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a cipermetrina y amitraz en bovinos de Actopan y Veracruz, Veracruz. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Disponible en:  
<https://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/Resistencia-de-garrapatas-a-cipermetrina-y-amitraz.pdf> Consultado el 27 de abril del 2023.

García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5th ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 90 p. Disponible en:  
<http://www.publicaciones.igq.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>  
Consultado el 5 de mayo del 2022.

Garza U.E. 2007. La garrapata *Boophilus microplus* y su manejo en la planicie huasteca. Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Sitio Experimental

Ébano. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, México. Folleto técnico Num.14. 15 p. ISBN 978-970-43-0188-0.

Githaka N.W., Kanduma E.G., Wieland B., Darghouth M.A., Bishop P.R. 2022. Acaricide resistance in livestock ticks infesting cattle in Africa: Current status and potential mitigation strategies. *Current Research in Parasitology & Vector-Borne Diseases*. 2:100090 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2022.100090>

González-Quintero., Barahona-Rosales R., Bolívar-Vergara D., Chirinda N., Arango J., Pantévez H.A., Correa-Londoño G., Sánchez-Pinzón M.S. 2020. Technical and environmental characterization of dual-purpose cattle farms and ways of improving production: A case study in Colombia. *Pastoralism*. 10(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13570-020-00170-5>.

Gutiérrez C., Mendieta B. 2018. Caracterización de sistemas ganaderos en seis municipios de Rivas y Carazo Nicaragua. *La Calera*. 18(30):14-25. DOI: <https://doi.org/10.5377/calera.v18i30.7734>

Hurtado O.J.B., Giraldo-Ríos, C. 2018. Economic and health impact of the ticks in production animals. *Ticks and tick-borne pathogens*. 1-19. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MQj8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA133&dq=tick+bite+damage+in+bovino&ots=mwlgPpLlLi&sig=nmIfCi>

[ujz5q\\_EzSpzezrcCFWaC8#v=onepage&q&f=false](#). Consultado el 7 de abril del 2022.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática). 2001<sup>a</sup>. Cuaderno estadístico municipal. San Juan Bautista Tuxtepec. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 200p. Disponible en: <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-search.pl?q=SAN+JUAN+BAUTISTA>. Consultado el 29 de agosto de 2022.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática). 2010<sup>b</sup>. Compendio de información geográfica municipal 2010. Loma Bonita, Oaxaca. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/20/20044.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20044.pdf) Consultado el 29 de agosto de 2022.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2022. Estudio y control en garrapatas en el ganado bovino. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/estudio-y-control-en-garrapatas-en-el-ganado-bovino-inifap?idiom=es> Consultado el 8 de agosto del 2022.

Jácome S.E. 2014. Diagnóstico de la susceptibilidad de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a ivermectina en unidades de producción bovina del sur de Veracruz (Tesis de Licenciatura). Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz. 56 p.

Jones R. W. 2015. Extracción manual de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino como estrategia de control. *Nutrición animal tropical*. 9(1):88-101.

Klafke G., Webter A., Dall A.B., Pradel E., Silva J., Canal L.E., Becker M., Osorio M.F., Mansson M., Barreto R., Scheffer R., Araújo S.U., Bamberg C.V., Santos J., Reck J., Martins R.J. 2017. Resistencia múltiple a acaricidas en poblaciones de campo de *Rhipicephalus microplus* del estado de Río Grande do Sul, Sur de Brasil. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 8(1):73-80p. ISSN 1877-959X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.09.019>

Lagunes Q.J.E., Mendoza-Martínez N.N., Merino-Charrez O., Alonso-Díaz M.A., Fernández-Salas A.F. 2021. Evaluación de un polipéptido de Subolesina como posible vacuna contra garrapatas *Rhipicephalus Boophilus microplus* en bovinos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Jiutepec, Morelos México. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/destacado/%3Cp%3EEvaluacion-de-un-polipeptido-de-Subolesina-como-posible-vacuna-contragarrapatas-Rhipicephalus-%28Boophilus%29-microplus-en-bovinos%3C%C2%B0p%3E> Consultado el 8 de enero del 2023.

León-Clavijo M.A., Hernández-Rojas E.C. 2012. Descripción de la proteína Bm86, polimorfismo y su papel como inmunógeno en el ganado bovino infestado por garrapatas. *Bacteriología- Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca*. 10(17):2-10. Disponible en: <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/196/392> Consultado el 23 de mayo del 2023.

Londoño F.L.F., Álvarez M.J.E. 2011. Evaluación de dos sistemas de pastoreo (rotacional y continuo) sobre variables técnicas, productivas y económicas

en novillos cebú comercial en el trópico bajo. *Revista politécnica*. 7 (12):120-135. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-politecnica/articulo/evaluacion-de-dos-sistemas-de-pastoreo-rotacional-y-continuo-sobre-variables-tecnicas-productivas-y-economicas-en-novillos-cebu-comercial-en-el-tropico-bajo> Consultado el 20 de abril del 2022.

López G.C.A., Hernández-Camacho N., Aguilar-Tipa Camú G., Zamora-Ledesma S., Olvera-Ramírez A.M., Jones R.W. 2021. Gap análisis of the habitat interface of ticks and wildlife in Mexico. *Pathogens*. 10(12):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens10121541>

Lorío T.M., Oporta A.A. 2006. Evaluación de los ixodicidas utilizados en el control de garrapatas bovina en el municipio de San Pedro de Lóvago-Chontales Tesis Doctoral. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 42 p.

Martínez I.F. 2016. Situación de la Resistencia de *Boophilus microplus* en México. Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Disponible en: [https://www.aphis.usda.gov/import\\_export/downloads/presentations/sit-of-the-resis-ofbmicro-in-mx.pdf](https://www.aphis.usda.gov/import_export/downloads/presentations/sit-of-the-resis-ofbmicro-in-mx.pdf) Consultado el 20 de enero del 2022.

Masagué O.M.F. 2021. Resistencia genética a *Rhipicephalus Boophilus microplus* en bovinos de raza criollo argentino. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata. Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-CIAP) (Tesis doctorado). 128 p.

- Membreño R.H.J., Ortiz A.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 (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Agraria. La Mercedes, Managua. 40 p.
- Mendoza L.J. 2021. Evaluación de la inmunización con un polipéptido de rms17 sobre la infestación de garrapatas *Rhipicephalus microplus* en conejos. Universidad Autónoma del Estado de México. Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis. Amecameca, Estado de México. 80 p.
- Nava S., Morel N., Rossner M.V., Toffaletti J.R., Sarmiento N., Mangold A.J. 2021. Bases epidemiológicas para el control estratégico de la garrapata común del bovino *Rhipicephalus Boophilus microplus*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1-8 p.
- Nuttall P.A. 2021. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences. *Biología*. 77(6):1503-1512. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11756-021-00927-2>. Consultado el 20 de mayo del 2023.
- Ocaña Z.E. 2005. Memoria de [ 13<sup>o</sup> día del ganadero] Rancho “El Clarín”. 1 de julio del 2005. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 10-13.
- Ojeda-Chi M.M., Rodríguez-Vivas R.I., Galindo- Velasco, E., Lezama-Gutiérrez, R., Cruz-Vázquez, C. 2011. Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari:

Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae): Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 2(2):177-192. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242011000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000200005&lng=es&tlng=es). Consultado el 11 de julio de 2022.

Orantes-Zebadúa M.A., Platas-Rosado D., Córdova-Avalos V., Santos-Lara M.C., Córdova-Avalos A. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 1(1):49-58.

Orias V.M. 2020. Intoxicación por organofosforados. *Revista Médica Sinergia*. 5(8):558. DOI: <https://doi.org/10.31434/rms.v5i8.558>

Peniche-Cardena A.E.J., Hernández M.J., Martínez H.D.I., Romero S.D., Barradas P.F.T., Rosado-Aguilar J.A., Rodríguez-Vivas R.I. 2012. Evaluación de la resistencia de *Rhipicephalus microplus* a cipermetrina y amitraz en bovinos de Comapa y Manlio F. Altamirano, Veracruz, Veracruz. Disponible en: <https://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/Resistencia-de-garrapatas.pdf> Consultado el 26 de abril del 2023.

Peniche-Cardena A.E.J., Martínez H.D.I., Schleske M.H. Romero S.D., Soto R.I., Rosado A.J.A., Rodríguez-Vivas R.I., Barradas P.F.T. 2013. Resistencia doble de *Rhipicephalus microplus* a ixodíidas en unidades de producción

bovina en el municipio de la zona centro de Veracruz, Veracruz, México.  
*Revista Científica Biológico Agropecuario*. 1(1):190 p.

Polanco-Echeverry D.N., Ríos-Osorio L.A. 2016. Biological and ecological aspects of hard ticks. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*. 17(1): 81-95. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062016000100008&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062016000100008&script=sci_abstract) Consultado el 20 de noviembre del 2022.

Ponce G., Cantú P.C., Flores A., Badii M., Zapata R., López B., Fernández I. 2006. Modo de acción de los insecticidas. *Revista salud pública y nutrición*. 7(4): 1-18. Disponible en: <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/178> Consultado el 20 de mayo del 2023.

Quevedo W., Ortiz L., Sardán S., Rivera E., García D. 2019. Disponibilidad y consumo de agua para la ganadería bovina en el municipio de Mojocoya. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*. 17(20):133-142. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2225-87872019000200009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872019000200009&lng=es&tlng=es) Consultado el 20 de diciembre de 2022.

Reggi J. 2016. Advierten que el uso irresponsable de garrapaticidas podría perjudicar las exportaciones bovinas. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Boletín Todo agro. Disponible en: [https://www.produccionanimal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolico](https://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolico)

[s/parasitarias/Bovinos\\_garrapatas\\_tristeza/67-uso\\_irresponsable.pdf](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63628041003)

Consultado el 9 de agosto de 2022.

Reyes-Domínguez I.J., Fernández-Figueroa JA., Romero-Figueroa M.Z., Arieta-Román R.J., Peniche-Cardena, A.J.E. 2013. Resistencia de *Rhipicephalus boophilus microplus* a ixodicidas en ranchos bovinos del municipio Evangelista, Veracruz, México. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 14(7):1-6. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63628041003> Consultado el 11 de Julio de 2022.

Ribeiro V.V.L., Ferreira F.T., Bezerrab R.A., Klafkec G.M., Riet F.C. 2020. *Rhipicephalus microplus* resistente a múltiples acaricidas en la región semiárida del estado de Paraíba, Brasil. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 8(1):73-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.09.019> Consultado el 15 de noviembre del 2022.

Rifran F.L., Silveira S.M.R. 2011. Comportamiento reproductivo de una población de *Rhipicephalus Boophilus microplus*, mantenida en condiciones de confinamiento sobre un ternero (Tesis de grado). Universidad de la república: Facultad de veterinaria. 34 p.

Rodríguez-Vivas R. I., Jonsson N. N., Bhushan C. 2018. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitology research*.117(1):3-29. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6> Consultado el 6 de febrero del 2022.

Rodríguez-Vivas R.I., Rosado A.A., Basto E.G., García V.Z.S., Fragoso S.H. 2006. Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Jiutepec Morelos, México. 1-30. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/268223833>. Consultado el 15 de febrero del 2022.

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. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es). Consultado el 10 de febrero del 2023.

Rodríguez-Vivas R.I., Rosado-Aguilar J.A., Ojeda-Chi M.O., Perez-Cogollo C.P., Trinidad-Martínez I., Bolio-González M.B. 2014. Integrated control of ticks in bovine livestock. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(3): 295-308. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_isoref&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es) Consultado el 20 de enero del 2023.

Rodríguez-Vivas, R.I., Hodgkinson, Jane E., Trees, Alexander J. 2012. Resistencia a los acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: situación actual y mecanismos de resistencia. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(Supl. 1):9-24. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es)

[11242012000500004&lng=es&tlng=es](#). Consultado el 28 de septiembre de 2022.

Ruíz M.N.A., Blanco N.R. 2009. Grado de resistencia del *Rhipicephalus Bophilus microplus* a productos ixodicidas y su residualidad en leche en 20 predios del sistema doble propósito del piedemonte llanero (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Salle. Bogotá, Colombia. 93 p.

Saborío C., Mora I.E., Durán M.M.P. 2019. Intoxicación por organofosforados. *Medicina Legal de Costa Rica*. 36(1):110-117. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152019000100110&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000100110&lng=en&tlng=es). Consultado el 13 de octubre de 2022

Saporiti T., Losiewics, S., Trelles, A., Miraballes, C., Correa, F. R., Cuore U. 2021. 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. *Veterinaria (Montevideo)*. 57(215):8-11. Disponible en: <https://doi.org/10.29155/VET.57.215.5> Consultado el 15 de diciembre del 2022.

Schleske, M.I.C. 2011. Prevalencia de unidades de producción con garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a amidinas y factores de riesgo asociados a su presentación en la región centro del estado de

Veracruz (Maestría de pregrado). Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz. 56 p.

SENASICA, S. 2014. Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias, Sistema de Explotación Extensivo y Semi-Extensivo de Ganado Bovino de Doble Propósito. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/95428/SistemadeExplotacionExtensivoySemiExtensivodeBovinosdeDobleProposito.pdf>. Consultado el 19 de abril del 2023.

SENASICA. 2020. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Garrapata *Boophilus spp.* Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/campana-nacional-para-el-control-de-la-garrapata-boophilus-spp#:~:text=El%20Senasica%20por%20medio%20de,%C3%A1reas%20donde%20sea%20ecol%C3%B3gicamente%20factible> Consultado el 14 de noviembre del 2022.

SENASICA. 2022. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Productos ixodicidas. Unión Ganadera Regional de Jalisco. Disponible en: [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=256&Itemid=483](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=256&Itemid=483) Consultado el 20 de febrero del 2023.

Soberanes C.N., Santamaría V.M., Fragoso S.H., García V. 2002. Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. *Técnica Pecuaria en México*. 40(1):81-92. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61340106> Consultado el 24 de abril del 2022.

Stone B.F., Haydock K.P. 1962. A method for measuring the acaricide-susceptibility of the cattle tick *Boophilus microplus* (Can). *Bulletin of entomological research*. 53(3):563-578. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S000748530004832X> Consultado el 26 de junio del 2022.

Tabor A.E., Ali A., Rehman G., Rocha G.G., Fonseca Z.A., Malardo T., Jonsson N.N. 2017. Cattle Tick *Rhipicephalus microplus*-Host Interface: A Review of Resistant and Susceptible Host Responses *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*.7:1-13. Disponible en: DOI 10.3389/fcimb.2017.00506. Consultado el 21 de mayo del 2023.

Temeyer K.B., Chen, A.C., Davey, R.B., Guerrero F.D., Howell, J.M., Kammlah, Diane M., Li, Andrew Y. Lohmeyer, K.H., Olafson, P.U., Perez de Leon, A.A., Phillips, P.L., Pound, Joe M.W.J.B. 2012. Nuevos enfoques para el control de *Rhipicephalus Boophilus microplus*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3:25-40. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242012000500005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000500005&lng=es&tlng=es) Consultado el 26 de septiembre de 2022

Tenorio L.M., Oporta A. A. 2006. Evaluación de los ixodicidas utilizados en el control de garrapatas bovina en el municipio de San Pedro de Ló vago-

Chontales. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 19-28 p.

Tipacamú, G.A., Nazar, P.M., Sesma, B.R., Llaven, M.Á. O., Martínez, C.E.I., Trujillo, G.U.B. 2009. Resistencia al amitraz de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en unidades de producción del estado de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(7):16-22. Disponible en: [https://www.dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2009-ener-jun/resistencia-al-amitraz\\_de\\_rhipicephalus.pdf](https://www.dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2009-ener-jun/resistencia-al-amitraz_de_rhipicephalus.pdf) Consultado el 20 de marzo del 2022.

UGRJ (Unión Ganadera Regional de Jalisco). 2023. Resistencia de la garrapata a los productos ixodicidas. 14:34. Disponible en: <https://www.ugrj.org.mx/> Consultado el 27 de abril del 2023.

Valdez-Espinosa U.M., Hernández O.R., Lagunes-Quintanilla R., Castro S.E. 2021. Susceptibility analysis to ixodicides in cattle herds of a region of a state of Hidalgo, Mexico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 4(3):3642-3648. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-069>

Velázquez A.J.A. 2015. Tipología de productores de ganado bovino en la región indígena XIV Tulijá-Tseltal-Chol de Chiapas, México. *Revista mexicana científica*. 6(4):405-417. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242015000400405](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242015000400405) Consultado el 24 de abril del 2023.

Vilaboa-Arroniz J., Díaz-Rivera P., Ruiz-Rosado O., Platas-Rosado D.E., González-Muñoz S., Juárez-Lagunes F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(1):53-62. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243005.pdf> Consultado el 11 de marzo del 2022.

Villa-Herrera A., Nava-Tablada M. E., López-Ortiz S., Vargas-López S., Ortega-Jiménez, E., López, F. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2):253-261. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912989012>. Consultado el 25 de noviembre de 2022.

Vudriko P., Okwee-Acai J., Tayebwa D.S., Byaruhanga J., Kakooza S., Wampande E., Omara R, Muhindo J.B, Tweyongyere R., Owiny D.O, Hatta T., Tsuji N., Umemiya-Shirafuji R., Xuan X., Kanameda M., Fujisaki K., Suzuki H. 2016. Emergence of multi-acaricide resistant *Rhipicephalus* ticks and its implication on chemical tick control in Uganda. *Parasites Vectors*. 4(9):4. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1278-3> Consultado el 21 de marzo del 2023.

Yaima-Yate J., Díaz-Rivera E. 2022. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Murrell & Barker, 2003 (Ixodida: Ixodidae) evaluación de la efectividad de acaricidas sobre sus poblaciones en el Tolima medio. *Boletín Científico. Centro de Museos*.26(1):25-40. Disponible en:

<https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.2>. Consultado el 14 de abril del 2023.