



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA EN GARRAPATAS DEL SUR  
OCCIDENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

EDUARDO ALEJO MUNGUÍA



MÉXICO, CIUDAD UNIVERSITARIA

2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimientos*

Al Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de México, conformado por todo el equipo de Médicos Veterinarios que estuvieron al pendiente y completamente disponibles en enseñarme cada una de las áreas que trabajan, así como las estrategias para el fomento y promoción de la salud con productores del sector rural. Además, por proporcionarme el espacio y herramientas para realizar mi servicio social tanto en sus oficinas del municipio de Toluca como las ubicadas en Tejupilco, Edo. Méx.

A la MVZ. Alicia Valadez Sanabria, encargada de la campaña para el control de la garrapata *Boophilus microplus* en el CFPPEM, por ser parte de mi crecimiento profesional y laboral, así como, darme la oportunidad de trabajar en compañía con el personal responsable de este programa, que año con año, recolectan muestras de garrapatas para su análisis de resistencia. Finalmente, por permitirme sugerir medidas que contribuyan al control de dicho ectoparásito en la zona de influencia a raíz del análisis realizado en este trabajo.

A mis asesores, el Dr. José Juan Martínez Maya y al Dr. José Antonio Romero López por tener la paciencia y tolerancia de guiarme paso a paso en la realización, análisis y corrección de dicho trabajo, que aunque no tenemos el concepto de importancia en el área de Epidemiología y Salud Pública, mi estancia en este departamento contribuyo a tener un panorama más amplio del campo de trabajo, la adquisición de nuevos conocimientos y saber más sobre aquellas instituciones o dependencias encargadas de la vigilancia epidemiológica a nivel nacional como internacional.

A la MVZ. Ada Nelly Martínez Villalobos por su aportación en la revisión del material bibliográfico consultado, brindarme sus observaciones y correcciones para la presentación adecuada del presente estudio.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, nuestra máxima casa de estudios por el apoyo y oportunidad de pertenecer a esta gran comunidad y poder cumplir

esta meta de estudios a nivel profesional, además de todos aquellos docentes que contribuyeron a alcanzar este objetivo a lo largo de la carrera.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por brindarme sus instalaciones, materiales de consulta, personal docente que estuvo semestre tras semestre compartiendo sus conocimientos de cada una de sus áreas y con ello, abriéndome nuevos caminos y enfoques al mundo del conocimiento científico y de la salud para contribuir a la sociedad a mejorar la calidad en la producción animal, que, a su vez, permita mantener un bienestar animal durante todo el proceso de producción. De igual forma, gracias a la Facultad porque, aunque cada año el costo de la reinscripción muchas veces es degradante en comparación con todo el material que nos proporcionan, principalmente para clases prácticas.

## Resumen

**EDUARDO ALEJO MUNGUÍA. “Determinación de resistencia en garrapatas del sur occidente del Estado de México”. Asesores Dr. José Juan Martínez Maya – Dr. José Antonio Romero López. México 2023.**

La ganadería tiene una importancia económica fundamental en la economía y se ve afectada por plagas como las garrapatas, que generan pérdidas económicas de manera directa o como vectores de enfermedades. El objetivo de este trabajo fue analizar la frecuencia de resistencia a diferentes ixodícidas en garrapatas de bovinos del Estado de México, durante el 2020 y 2021, mediante el análisis de registros del Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de México (CFPPEM), cuya zona de estudio comprendió 24 municipios. Para la obtención de datos, cada semana se visitaron predios para la recolección de garrapatas en su última etapa de desarrollo y próximas a ovopositar. Las muestras se remitieron al Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA), donde las ninfas fueron desafiadas a diferentes ixodícidas utilizados en la zona. Se analizaron 98 registros de 96 predios de 9 municipios. En el 54.16 %, los animales presentaban mala condición corporal, siendo las razas más frecuentes Pardo Suizo y Charolais. Respecto a la periodicidad del tratamiento, el mínimo de días que aplicaban baño garrapaticida era cada 8 días (1 caso), aunque hubo un máximo de cada 240 días (2 casos). En cuanto al tipo de aplicación, solo se registró en 71 predios, de los cuales, el 97.2% (69 predios) lo hacían por aspersión. Con relación a la frecuencia de garrapatas, de 87 registros, el 43.68% (38 predios), se identificó una carga entre 15 a 50 garrapatas y solo un caso con una carga mayor a 500. Se observó una mayor efectividad con los organofosforados con Coumafos el 99.54% de mortalidad, seguido por las Fenilpirazolonas y Clorpirifos con el 96.95% y 89.2% respectivamente. El peor desempeño fue por Cypermctrina y Deltametrina con el 29.28% y 29% respectivamente. Se requiere de realizar más estudios que permitan identificar la resistencia a ixodícidas específicos y plantear estrategias integrales focalizadas a controlar este problema.

### 1. INTRODUCCIÓN

Con la aparición de la ganadería hace, hace aproximadamente 12,000 años, el ser humano buscaba alternativas para sobrevivir en un mundo hostil, para ello, la domesticación de diferentes especies se fue estableciendo de manera progresiva, de tal manera, que a través de la selección se obtuvo alimento y otros productos, así como el apoyo para trabajos de campo. <sup>(1)</sup>

Los bovinos fueron la última especie animal en ser domesticada, hace aproximadamente 8,000 años, en Turquía y Macedonia. <sup>(1)</sup>

Actualmente, es posible definir a la ganadería como una actividad económica que se basa en la producción e intercambio de distintas mercancías obtenidas de los productos animales. <sup>(1)</sup>

A nivel mundial. México es el séptimo país productor de proteína animal, así, se encuentra ubicado como el sexto lugar en carne de bovino, con 1.8 millones de toneladas y el décimo quinto en producción de leche de vaca, con 11 mil millones de litros. <sup>(2)</sup>

Por lo anterior, dentro de la actividad ganadera, la cría, producción y reproducción de ganado bovino, tiene una importancia fundamental en la generación de empleos, sobre todo en zonas rurales, la aportación de carne como alimento para la población y la generación de divisas para el comercio internacional, principalmente Estados Unidos de América. <sup>(3)</sup> Es por ello que, en los últimos años, la producción de bovinos se considera de gran relevancia con relación a la situación socioeconómica del país, ha sido sustento para su desarrollo, pues se generan empleos y se abastece de alimentos, materias primas y otros productos que la población demanda. <sup>(3)</sup>

En México, de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el 2020, se tenía un total de 35,653,619 cabezas de ganado bovino, de las cuales 33,047,308 era productor de carne y 2,606,311 productor de leche. <sup>(4)</sup>

A pesar de la gran importancia que tiene esta actividad, la ganadería se ve afectada por diferentes causas que merman su producción, de las cuales, las enfermedades o plagas son de las más importantes, y dentro de ellas se encuentran las parasitosis,

que incluyen a agentes como los protozoarios, nematodos, cestodos, trematodos o artrópodos, y dentro de éstos últimos, las garrapatas son de gran relevancia. <sup>(5)</sup>

Las garrapatas son artrópodos, ácaros, que afectan a diferentes especies de vertebrados. Se encuentran clasificadas en dos familias: *Ixodidae* o garrapatas duras y *Argasidae* o garrapatas blandas. Dentro de la familia *ixodidae* el género *Rhipicephalus* (por ejemplo, *Boophilus microplus*) cuenta con una alta capacidad de adaptación y, por ende, propagación en diversas áreas geográficas de México y del mundo, principalmente en zonas tropicales y subtropicales. <sup>(5)</sup>

Su anatomía externa se conforma de 3 principales regiones, el “capitulum” (o gnathosoma), el cuerpo (idiosoma) y las piernas. El capitulum contiene el “*basis capituli*” que conecta la cabeza con el cuerpo, los quelíceros, los pedipalpos y el hipostoma, con hileras de dientes recubiertos para anclarse a la piel del hospedero. Particularmente, la familia *Ixodidae*, se caracteriza por tener placas esclerotizadas en la superficie dorsal del cuerpo, y el escudo, que cubre todo el dorso del macho adulto y solo la parte anterior de la hembra <sup>(6)</sup>

Internamente, los órganos están cubiertos por un fluido que se encuentra libremente circulando, llamado “hemolinfa” (la cual contiene hemocitos y proteínas en solución); cuentan con glándulas salivales, un aparato reproductor (macho o hembra) y una masa de nervios fusionados llamado Synganglion. Sin embargo, se considera que el órgano más prominente es el tracto digestivo. Se alimentan de sangre y son capaces de vivir en una amplia variedad de ambientes, pudiendo sobrevivir hasta 2 o 3 años sin alimentarse. <sup>(7)</sup>

El ciclo biológico de las garrapatas consiste básicamente en 4 etapas: huevo, larva, ninfa y adulto, para ello, algunas especies requieren de 3 hospederos para completar su ciclo de vida (ej. *Amblyomma* spp.), sin embargo, son menos comunes que aquellas que solo requieren de 1 hospedero (ej. *Dermacentor nitens*). Comúnmente, la etapa de larva y ninfa se lleva a cabo en una amplia variedad de animales de tamaño reducido, como aves o pequeños mamíferos, así como en el ambiente; mientras que, la etapa adulta se lleva a cabo en grandes especies como bovinos, équinos o ciervos, entre otros. <sup>(7)</sup>

Las garrapatas son importantes vectores de bacterias como las Rickettsias (ej. *Anaplasma* spp.) y protozoarios como *Babesia* spp, que producen grandes pérdidas económicas en la ganadería, aunada a la pérdida de sangre como estrategia para obtener sus nutrientes y poder mudar a las siguientes etapas. <sup>(8)</sup>

La presencia de estos artrópodos y algunas enfermedades que son capaces de propagar, también están influenciadas por el clima. Esto llama la atención de productores de leche y carne en zonas tropicales y subtropicales, ya que la presencia de garrapatas constituye una limitante para la introducción de razas especializadas destinadas a dichos fines. <sup>(8) (9)</sup>

Una alta carga de garrapatas en un bovino puede apreciarse a través de una notoria pérdida de peso y la disminución en la producción. Los parámetros productivos se ven disminuidos, la reproducción se ve alterada, el consumo de alimento disminuye y los costos por la aplicación de métodos de control, se elevan. Por lo anterior, es fundamental el empleo de mecanismos de prevención y control en zonas endémicas. <sup>(8) (10)</sup>

A lo largo del tiempo, se han utilizado diversas estrategias para mitigar las poblaciones de garrapatas como lo es el uso del arsénico, utilizado por primera vez en 1895 en Australia, México, Sudáfrica y EUA, sin embargo, poco después (1937) fracasó debido a la resistencia por *Rhipicephalus (Boophilus microplus)*, por lo que se optaron nuevas biotecnologías. Actualmente, el uso de acaricidas sintéticos son comúnmente utilizados, ya que actúan a nivel del sistema nervioso central, afectando el Ácido Gamma Butírico (GABA), los canales de cloro, inhibidores de Acetilcolina, entre otros. <sup>(11)</sup> De este modo, la utilización de ixodicidas como los organofosforados (OF), piretroides sintéticos (PS), Amidinas, Fenilpirazolonas y recientemente de lactonas macrocíclicas (LM) ha sido exitoso. Sin embargo, su uso indiscriminado ha producido resistencia. <sup>(5)</sup>

La resistencia es la capacidad que adquieren los parásitos para sobrevivir a la dosis que previamente eran letales de productos químicos, la cual, está influenciada por una selección genética, causando adaptación a condiciones adversas que existan en el ecosistema. Este proceso se divide en 3 fases: establecimiento, desarrollo y

emergencia, que va desde la aparición del alelo resistente en un individuo hasta que se vuelve común en un gran número de ellos. <sup>(12)</sup> Así mismo, se conocen al menos 3 mecanismos de resistencia a los acaricidas: la resistencia metabólica, mediada por la actividad de enzimas como el citocromo P-450; la resistencia a través de los cambios conformacionales en el sitio objetivo por receptores y enzimas neuronales. <sup>(13)(14)</sup> Por último, el disminuido acceso hacia la parte interna del cuerpo debida a las modificaciones del exoesqueleto, conocido como “resistencia a la reducción de penetración”. <sup>(11) (13)</sup>

La problemática entre la resistencia y la producción de nuevos químicos, se encuentra inversamente correlacionada, ya que es menor el tiempo con el que estas poblaciones se vuelven resistentes a productos de nueva generación. Esto lo convierte en un problema que impacta a la ganadería bovina, teniendo un efecto negativo costo-beneficio en la producción. <sup>(12)(14)</sup>

Por lo anterior, se ha optado utilizar métodos no químicos que eviten la presencia de estos organismos, como lo es la selección de razas resistentes a garrapatas, la rotación y descanso de praderas, así como el uso de vacunas. <sup>(5) (10)</sup> Aunque los métodos antes mencionados suenan promisorios, se está optando por un control integrado que evite y reduzca el problema, mediante la combinación de 1 o más estrategias que disminuyan el uso de químicos que afecten a la salud de los animales, el medio ambiente y el ser humano. <sup>(5)</sup>

### 1.2. Justificación

Las garrapatas afectan directa e indirectamente la producción de carne y leche, si bien, una de las estrategias más empleadas en su control es mediante el uso de ixodicidas, sin embargo, se ha observado que han reducido su efectividad, derivada de la resistencia a ellos. Es por ello que el presente trabajo, pretende analizar el grado de resistencia que pudieren haber presentado algunas poblaciones de garrapatas a los ixodicidas utilizados en el sur y suroeste del Estado de México, y que esta información sea de utilidad al Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de México (CFPPEM) para tomar las acciones que considere pertinentes. En este sentido, cabe resaltar que su control en México está fundamentado mediante el “Acuerdo por el que se establece la Campaña Nacional para el control de la garrapata *Boophilus spp*” pretende combatirse este problema zoonosario. <sup>(15)</sup>

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

- Determinar la frecuencia de resistencia a diferentes ixodicidas en garrapatas de bovinos del Estado de México, durante el 2020 y 2021, a través de registros de CFPPEM, para coadyuvar en la toma de decisiones por dicho organismo.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

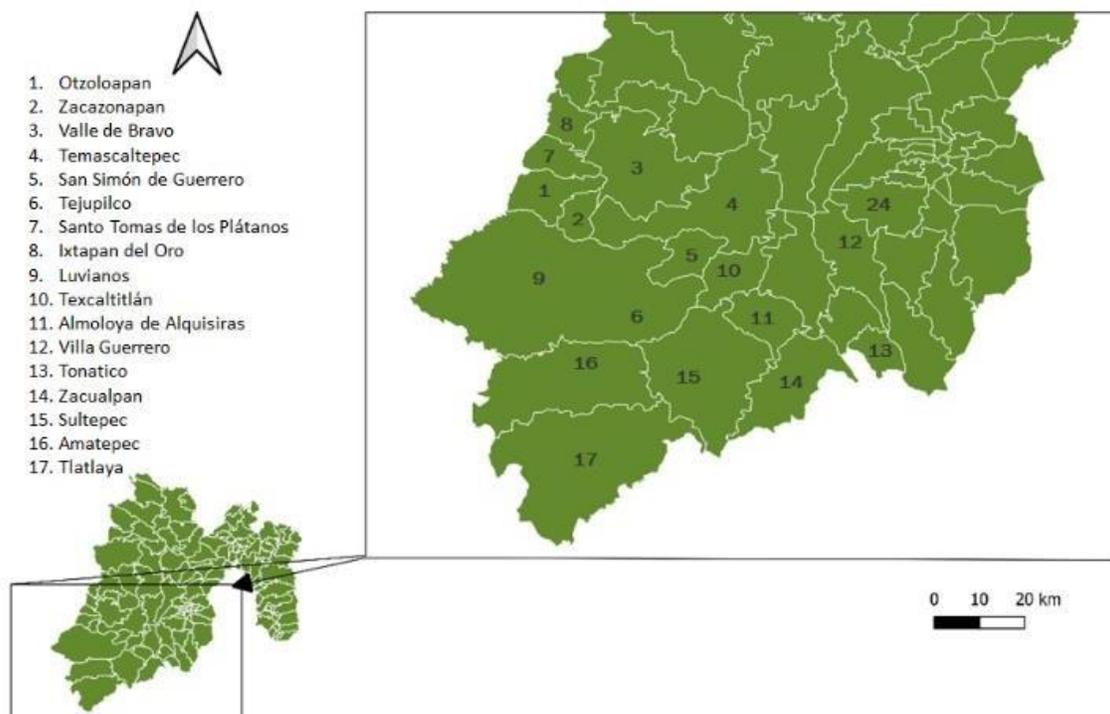
- Analizar la frecuencia de resistencia a diferentes ixodicidas en unidades de producción de bovinos (UPB) en el área de influencia del CFPPEM.
- Caracterizar la resistencia a ixodicidas de acuerdo a variables de individuo, municipio, periodicidad de la aplicación del garrapaticida, así como el manejo de praderas.

- Identificar posibles factores de riesgo de resistencia a garrapaticidas en los municipios de estudio, ubicados en la zona sur y suroeste del Estado de México.

## 1.4. Material y métodos

El estudio fue de tipo observacional, descriptivo, retrospectivo y longitudinal. Se realizó mediante el análisis de bases de datos del CFPPEM, a través de los resultados obtenidos de las actividades relacionadas con el programa de control de garrapatas en su zona de influencia durante los años 2020 y 2021, la cual, comprende 24 municipios, indicados en la figura 1.

**Figura 1.** Mapa de municipios de influencia del Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de México, para las acciones de muestreo en busca de garrapatas.



La zona se encuentra ubicada entre los  $18^{\circ} 22'11''$  y  $19^{\circ} 16'52''$  LN y  $99^{\circ} 16'52''$  y  $100^{\circ} 36'44''$  LO y una altura promedio de 1353 msnm. Se caracteriza por tener un clima cálido y semicálido (clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta

García), con temperaturas que oscilan entre 22°C a 25°C, aunque en los meses con las temperaturas más altas (abril — mayo) estas pueden ser mayores <sup>(16)</sup>. Su vegetación, es en su mayoría, de bosque mesófilo de montaña, bosque mixto y selva baja caducifolia. <sup>(17)</sup>

Para la obtención de los datos, el CFPPEM, llevó a cabo las siguientes acciones, principalmente durante los meses de septiembre a marzo, época donde las lluvias y humedad es mayor:

Cada semana, se realizó la programación a distintos predios de acuerdo al municipio en el que corresponda trabajar, asegurando que los animales a revisar tengan estos ectoparásitos y se le hace la recomendación al productor de no bañar a los animales, para que la recolección de muestras sea exitosa.

En el predio, el personal de CFPPEM realizó la obtención de garrapatas presentes en los animales, para lo cual, se recolectaron garrapatas en su última etapa de desarrollo y próximas a ovopositar (al menos 30 muestras por predio), en caso de no haber suficientes muestras, entonces se omite la recolección y se procede a la visita de una siguiente unidad de producción. Las muestras obtenidas se remitieron al Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA), ubicado en la carretera federal Cuernavaca – Cuautla No. 8534, Col. Progreso en el municipio de Jiutepec, Morelos, para su estudio. Fueron transportadas en envases de plástico de aproximadamente 250 ml, con una torunda humedecida con agua para mantener los especímenes en un microambiente favorable, así como orificios en el área de la tapa para su oxigenación.

En el laboratorio fueron incubadas a 28 °C y una humedad de 82%, para concluir la maduración de los huevos y posteriormente el desarrollo de los estadios juveniles (ninfas, principalmente).

Las ninfas fueron desafiadas a diferentes ixodidas utilizados comúnmente en la zona bajo ciertas dosis. (Tabla 1)

<b>Producto comercial</b>	<b>Principio Activo</b>	<b>Dosis</b>
Bovitraz	Amitraz	20 ml/ 5 L H <sub>2</sub> O
Tack-tick, Nokalt	Amitraz	40 ml/ 10 L H <sub>2</sub> O
Asuntol	Coumafos	1:1 o 10 ml/ 10 L H <sub>2</sub> O
Garraban	Clorpirifos + Permetrina	1 ml/ 1 L H <sub>2</sub> O
Lindane Shampoo USP	Lindano	15%
Diazinon	Diazinon	1 ml/ 2 L H <sub>2</sub> O
Ectoline	Fipronil	1 ml/ 10 Kg
Butox	Deltametrina	15 ml/ 100 Kg peso
Bayticol	Flumetrina	10 ml/ 100 Kg peso
Cipermetrina	Cipermetrina	5 ml/ 200 Kg peso

Posterior a esto, se obtiene el porcentaje de resistencia, de acuerdo al número de garrapatas que sobrevivan al tratamiento, mostrando así, la sensibilidad a dichos productos.

Se consideró efectivo el ixodicida cuando de acuerdo a Balladares, citado por T. L. Marcos y O. A. Agustín (2006), tenía una efectividad de al menos el 70% de mortalidad en garrapatas. <sup>(18)</sup>

Los resultados fueron registrados, información con la cual se elaboró una base de datos en Excel, que posteriormente fue exportada a EPIINFO ver 7.0, para su análisis.

La información geográfica fue analizada a través de la creación de archivos shapefile por medio del programa QGIS ver 3.24 o mayor.

La descripción del análisis realizado se presentó por medio de cuadros, gráficos y mapas, además, se identificaron posibles factores de riesgo mediante el cálculo de la razón de momios, (RM), su intervalo de confianza y su significancia estadística.

**1. Resultados**

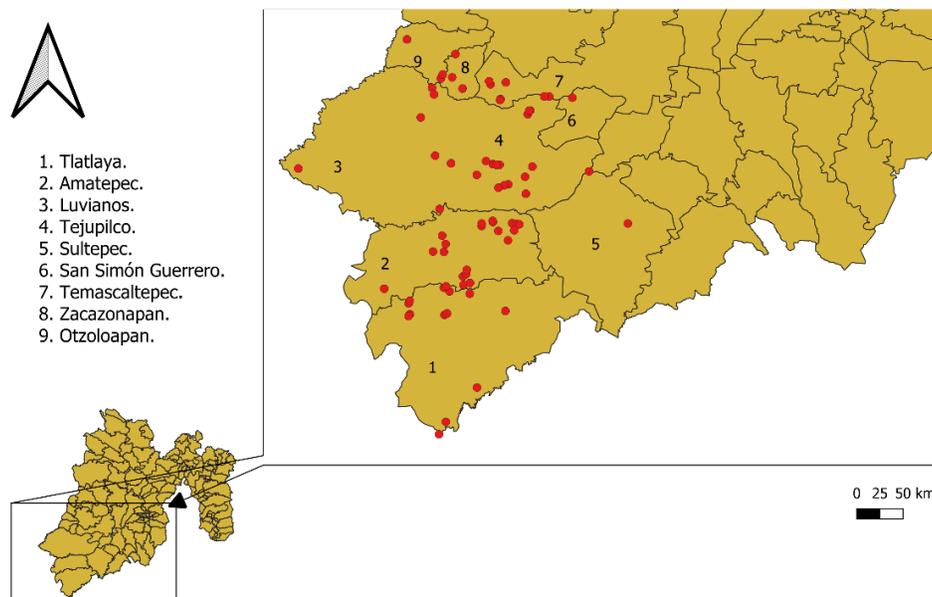
Del año 2020 al 2021 se realizaron 98 registros en 96 predios, ya que 1 predio era a su vez de dos propietarios, y otro predio se evaluó 2 veces en diferentes años (2020 – 2021).

Respecto a los municipios visitados, solo se obtuvieron muestras en 9 de los 28 donde el CFPPEM tiene influencia. De ellos, Amatepec fue el más frecuente con 28 (28.57%), seguido de Tejupilco con 26 (26.53%) y Tlatlaya con 16 (16.33%). (Cuadro 1, Figura 2)

**Cuadro 2.** Muestras obtenidas por municipios del suroeste del Estado de México (2020 – 2021)

<b>MUNICIPIO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>%</b>
AMATEPEC	28	28.57
TEJUPILCO	26	26.53
TLATLAYA	16	16.33
TEMASCALTEPEC	7	7.14
ZACAZONAPAN	7	7.14
LUVIANOS	6	6.12
OTZOLOAPAN	6	6.12
SAN SIMON DE GUERRERO	1	1.02
SULTEPEC	1	1.02
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100.00</b>

**Figura 2.** Ubicación de los predios evaluados para la obtención de garrapatas de bovinos en 8 de los municipios del suroeste del Estado de México (2020 – 2021).



### 1.1. Características de los predios evaluados

**Condición corporal de los animales.** De los 96 predios evaluados, en 52 (54.16%) se informó que los animales presentaban mala condición corporal, en 27 (28.12%) se reportaron como buena y en 17 no se documentó esta variable.

**Razas.** Solo se registró en 79 casos, de ellos, las más frecuentes fueron Pardo Suizo (europeo o americano) en 57 (73.42%), Charolais en 35 (44.3%) y Simental en 21 (26.58%), además de otras razas en menor proporción. Fue frecuente que en los predios hubiera más de una raza. (Cuadro 3)

**Cuadro 3.** Razas de bovinos en 79 predios muestreados para la detección de garrapatas en el suroeste del Estado de México. (Periodo 2020 – 2021)

RAZAS	FRECUENCIA/ PREDIOS	%
SUIZO (EUROPEO O AMERICANO)	58	73.42
CHAROLAIS	35	44.30
SIMENTAL	21	26.58
BRAHAMAN	2	2.53
ANGUS	2	2.53
INDOBRASIL	1	1.27
BEEF MASTER	1	1.27

**Fin zootécnico.** De los 96 predios a los que se asistieron, en 74 el (75.51%) destinan sus animales a la producción de carne y en 24 (24.49%) se utilizan para doble propósito.

## 1.2. Tratamiento contra garrapatas

**Periodicidad.** El mínimo de días en que los ganaderos señalaron que bañan a sus animales fue de cada 8 días en 1 caso, el 25% dijeron hacerlo cada 15 días o menos en 20 casos, el 50% con una periodicidad de hasta 30 días o menos (19 casos) y el 75% lo hacen cada 60 días o menos (7 casos), mientras que el valor máximo fue de cada 240 días (2 casos).

**Vía de aplicación.** Solo se registró este dato en 71 predios, de ellos, la mayoría, 69 (97.2%) opta por hacerlo mediante aspersión, mientras que sólo 1 señaló que lo hace por vía tópica y 1 por aplicación subcutánea.

**Frecuencia de garrapatas.** Con relación al promedio de garrapatas presentes en los animales de los predios, de 87 registros documentados, en 38 predios (43.68%), se señaló que los animales presentaban una carga estimada de entre 15 a 50 garrapatas, en 22 (25.29%) tenían un rango de 51 a 100 garrapatas en el total de animales del rebaño y en 8 (9.20%) una infestación estimada de entre 101 – 150

garrapatas, y en un caso, se registró una carga igual o mayor a 500 parásitos. El resto no fueron documentados. (Cuadro 4)

**Cuadro 4.** Estimación de garrapatas presentes en los animales de diferentes predios de la zona suroeste del Estado de México (Periodo 2020 – 2021)

<b>PROM DE GARRAPATAS</b>	<b>NÚMERO DE PREDIOS</b>	<b>%</b>
15 - 50	38	43.68
51 - 100	22	25.29
101 - 150	8	9.20
151 - 200	13	14.94
201 - 250	1	1.15
251 - 300	1	1.15
301 - 350	2	2.30
351 - 400	1	1.15
500 o más	1	1.15
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>100.00</b>

### **1.3. Susceptibilidad de las garrapatas a diferentes Ixodíidas.**

En los ensayos de laboratorio, se observó una mayor efectividad por parte de los organofosforados, donde los Coumafos, lograron un 99.54% de mortalidad, seguido por las Fenilpirazolonas y Clorpirifos con el 96.95% y 89.2% respectivamente, mientras que los que tuvieron el peor desempeño fueron la Cypermetrina y Deltametrina con tan solo el 29.28% y 29% respectivamente. (Cuadro 5, Figura 3 - 10)

**Cuadro 5.** Grado de susceptibilidad a ixodicidas utilizados en garrapatas de bovinos del suroeste del Estado de México (2020 – 2021). Se muestran los sitios donde se presentó baja susceptibilidad (por debajo del 70%) de los diferentes productos implementados

\*Con azul se señalan aquellos productos que cumplen con el mínimo o más de efectividad para ser considerados buenos productos\* <sup>(18)</sup>

<b>IXODICIDA</b>	<b>PROMEDIO (%)</b>	<b>D.E</b>
<b>COUMAFOS</b>	<b>99.54</b>	<b>1.79</b>
<b>FENILPIRAZOLONAS</b>	<b>96.95</b>	<b>13.06</b>
<b>CLORPIRIFOS</b>	<b>89.19</b>	<b>20.39</b>
<b>DIAZINON</b>	<b>57.29</b>	<b>33.37</b>
<b>AMITRAZ</b>	<b>40.96</b>	<b>35.80</b>
<b>FLUMETRINA</b>	<b>30.31</b>	<b>32.03</b>
<b>CYPERMETRINA</b>	<b>29.28</b>	<b>30.60</b>
<b>DELTAMETRINA</b>	<b>29.00</b>	<b>30.69</b>

**Ubicación de predios con garrapatas de acuerdo a su susceptibilidad por producto** A fin de determinar la posible agregación de áreas con resistencia, de la figura 3 a la 10 se muestra la ubicación de los predios en los cuales se obtuvieron garrapatas y fueron desafiadas con diferentes ixodicidas, con resultados satisfactorios (mortalidad > 70% puntos azules) o insatisfactorios (mortalidad < 70% puntos rojos)

Figura 3. Origen y susceptibilidad de garrapatas a Coumafos, Estado de México. México (2020 – 2021)

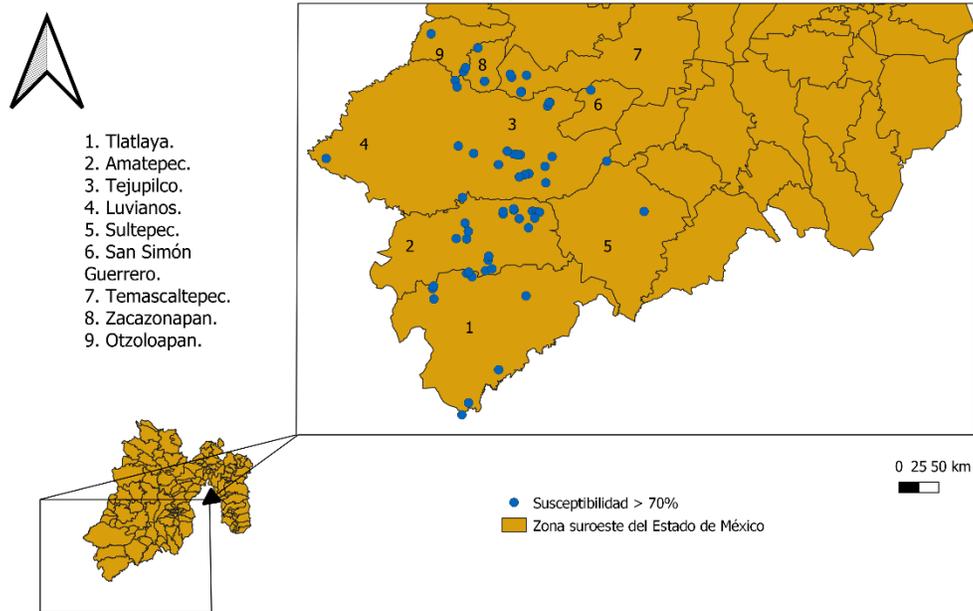
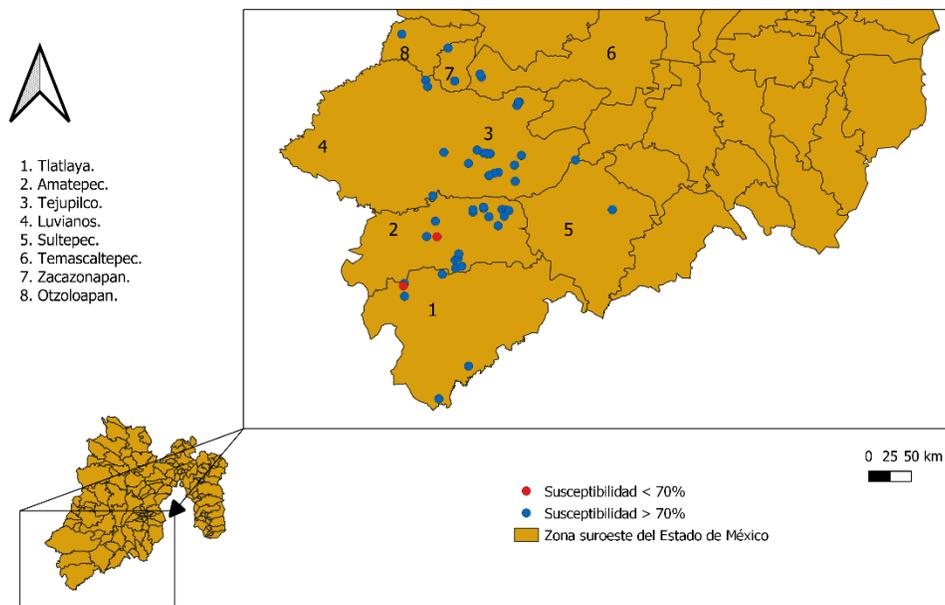
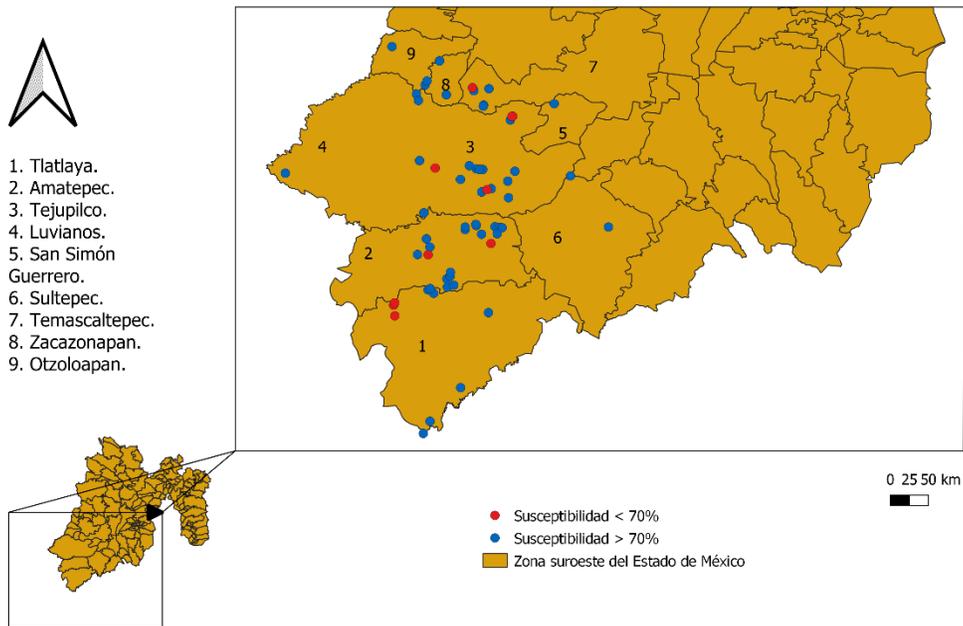


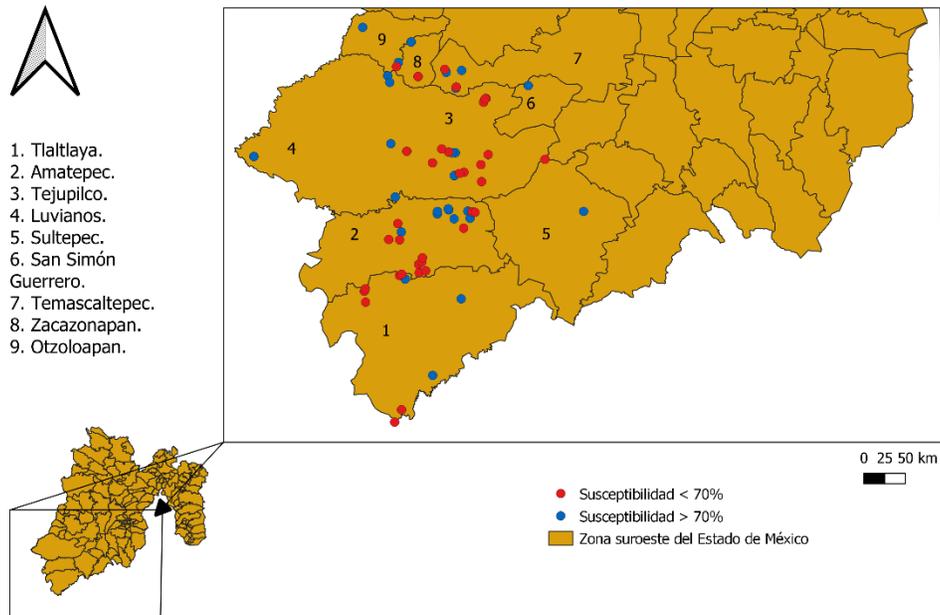
Figura 4. Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Fenilpirazolonas y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



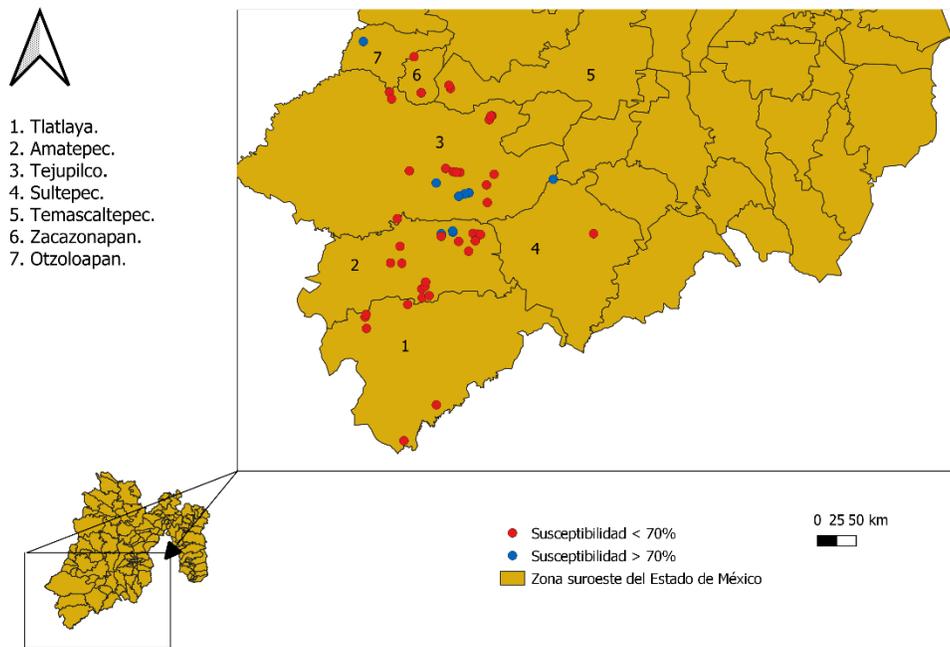
**Figura 5.** Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Clorpirifos y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



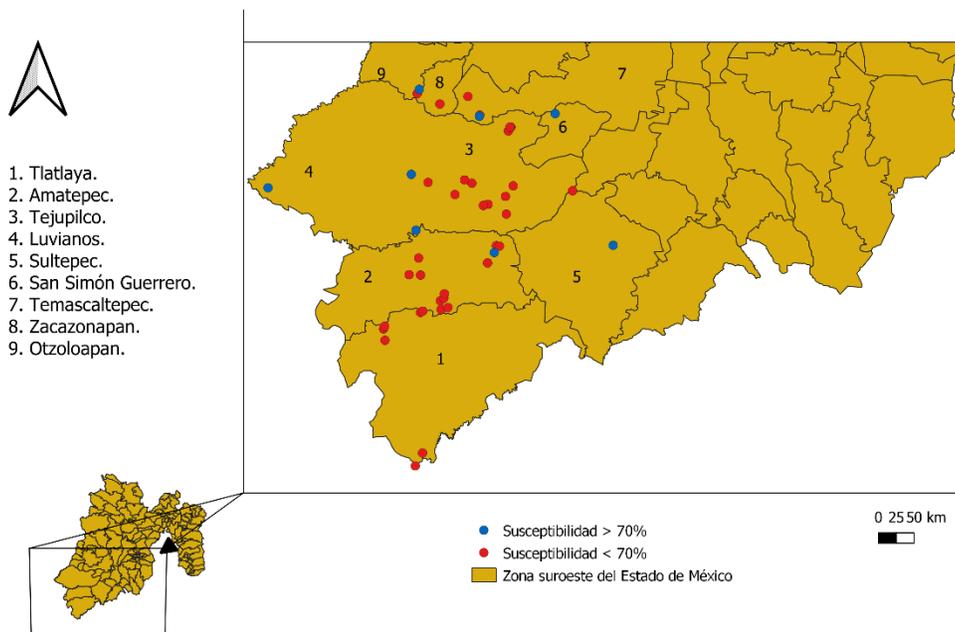
**Figura 6.** Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Diazinon y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



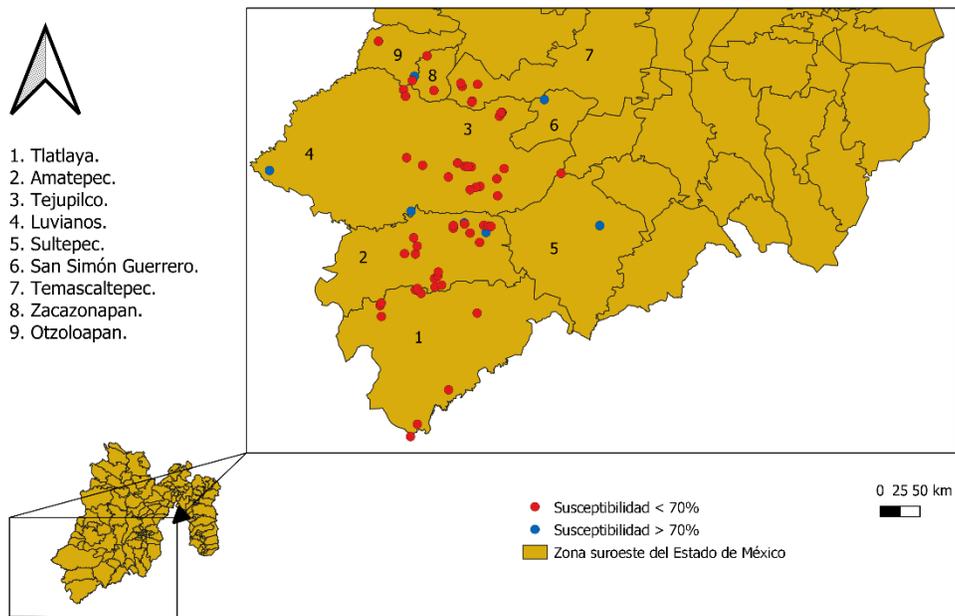
**Figura 7.** Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Amidinas y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



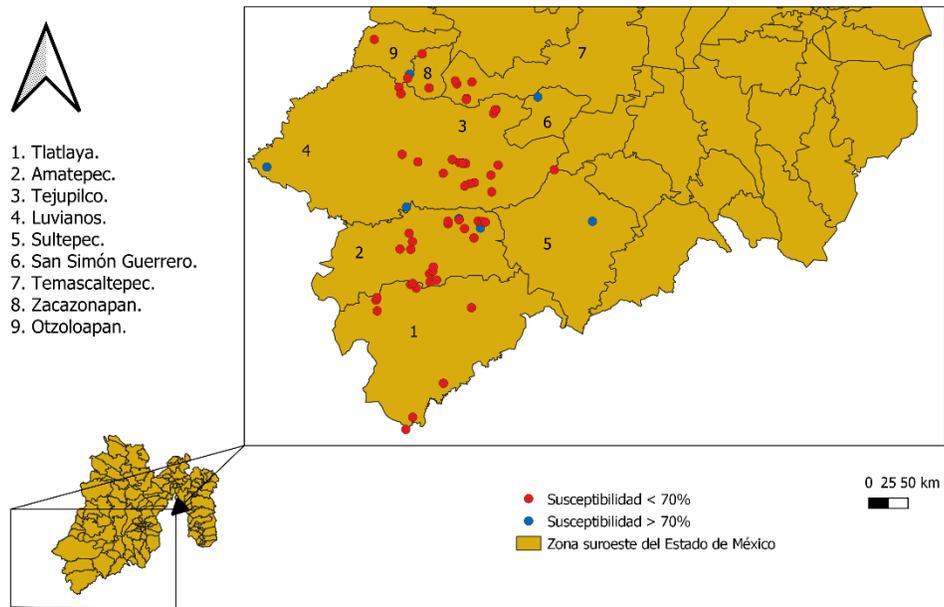
**Figura 8.** Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Flumetrina y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



**Figura 9.** Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Cypermctrina y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



**Figura 10.** Ubicación de predios con muestras de garrapatas, expuestas en laboratorio a Deltametrina y su efecto, Estado de México. México (2020 – 2021)



**1.4. Aplicación de nuevos tratamientos.**

A fin de evitar resistencia, en diferentes predios se aplicaron otros productos con diferentes concentraciones en el 2021, encontrando lo siguiente:, de 68 registros, 47 predios (69.12%) usaron Coumafos en una concentración del 20%, mientras que 11 (16.18%) hicieron uso de Amitraz combinado con Clorpirifos y Cypermetrina, a una concentración de 0.1% y en 7 predios (10.29%), la combinación de Coumafos y Amitraz se aplicó a una concentración del 2%, el resto de los datos no fueron documentados con la respectiva información. Esta información si bien fue evaluada en 2022, aún no se dispone de los resultados, será evaluada en el año siguiente (2022) para su interpretación y toma de decisiones con base en el nuevo grado de resistencia presente en los municipios a cargo del CFPPEM. (Cuadro 6)

**Cuadro 6.** Concentración de los nuevos ixodicidas aplicados en bovinos del suroeste del Estado de México (2020 – 2021)

<b>IXODICIDA</b>	<b>CONCENTRACIÓN (%)</b>	<b>FRECUENCIA (N° DE PREDIOS)</b>	<b>%</b>
AMITRAZ/ CLORPIRIFOS + PERMETRINA	0.1	11	16.18
IVERMECTINA/ FIPRONIL	1	2	2.94
COUMAFOS/ AMITRAZ	2	7	10.29
AMITRAZ	4	1	1.47
COUMAFOS	20	47	69.12
<b>TOTAL</b>		<b>68</b>	<b>100.00</b>

### 2. Discusión

La raza influye en la susceptibilidad de los bovinos para la infestación de garrapatas, a través de la expresión de algunos genes en la piel, que reducen significativamente la carga parasitaria <sup>(19)</sup>. Así, el *Bos indicus* muestra caracteres de resistencia como son: pelaje corto, piel dura y evitar condiciones para su anclaje y desarrollo. Lo anterior y en relación a la incidencia de *R. (Boophilus) microplus* encontrada en el suroeste del Estado de México, ha forzado u obligado a los ganaderos a la introducción de animales tipo cebuino o sus cruzas, que les proporcionen cierto grado de resistencia en la producción de leche o carne. <sup>(19)</sup>

De acuerdo al Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social (CONEVAL), en el 2018, aproximadamente el 42.7% de la población de esta entidad vivía en situación de pobreza, situación que también afecta a algunos productores, esto puede repercutir en que, en algunas unidades de producción, no dispongan de recursos para implementar tratamientos químicos adecuados, por lo que, para mitigar este problema optan por el cruzamiento de razas (*Bos indicus x Bos taurus*), buscando, además, mayor ganancia de peso en sus animales <sup>(19) (20)</sup>

Lo anterior se hace patente por la mala condición corporal en el 65.82% de los animales en los predios, lo cual, se agrava con el efecto negativo que causan las garrapatas y las pérdidas directas e indirectas que perjudican la producción, así como las enfermedades que transmiten (*B. bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma marginale*). A su vez, esto deriva en un problema como: retardo en el crecimiento, desnutrición, abortos en el último tercio de la gestación, problemas reproductivos, así como otros efectos propios de las garrapatas al dañar la piel. Las pérdidas indirectas se ven reflejadas por los costos del tratamiento de casos clínicos provocados por el hemoparásito, sin embargo, se trata del control de las garrapatas el verdadero obstáculo, el cual se enfatiza en encontrar un acaricida que controle dicho problema. <sup>(21)</sup>

Un aspecto importante en la efectividad del acaricida, es la periodicidad para realizar el control de estos artrópodos, una estricta gestión en el tiempo se vuelve una premisa para su control y erradicación, no realizarlo adecuadamente, contribuye al desarrollo de resistencia ante ciertas familias de ixodíidas. De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), sugiere la aspersión o en casos donde sea posible, el uso de baños de inmersión cada 14 días; para el uso de tratamientos inyectables como las lactonas macrocíclicas (Ivermectina, Doramectina, Moxidectina) recomienda realizarlo cada 25 a 28 días, por su amplio periodo de acción, lo cual difiere a lo reportado en este trabajo, ya que de los 71 predios registrados para esta variable, solo 1 dijo realizar el manejo con ivermectina cada 15 días. Adicionalmente, esto queda sujeto a la prevalencia y carga de ectoparásitos del sitio de donde provengan los animales o se encuentre el área de producción. <sup>(22)</sup>

De acuerdo a la FAO (2004), para la erradicación de *Boophilus*, sugiere una aplicación por medio de los diferentes métodos de control químico (baños de inmersión, aspersión, Pour on (antiparasitario externo para ser utilizado exclusivamente en bovinos) o inyectables, disponibles en la región a intervalos cortos (máx. cada 21 días), lo cual, asegure que todas las garrapatas que se encuentren en la fase parasitaria sean expuestas a la dosis letal del ixodíida. Dichos tratamientos deben seguirse aplicando de modo que, aquellos artrópodos hembras que se encuentren en la fase de vida libre, mueran por exposición al acaricida o envejecan al no poder anclarse a su hospedero, esta estrategia es enfocada a programas de erradicación, lo cual, no es el caso de este Comité, pues se trabaja con base en el acuerdo por el cual se establece la campaña de control de la garrapata *B. microplus*. <sup>(23)</sup>

En áreas endémicas (tropicales y subtropicales), donde existe una sincronía entre la estación del año y la eclosión de huevos ovopositados durante la temporada de otoño e invierno, o también llamada “la subida de la primavera”, se debe tratar de manera intensiva a los animales con intervalos que aseguren que todas las larvas que se encuentran emergiendo y anclando al animal, sean expuestas al acaricida,

de igual manera aquellas larvas que se encuentren en la etapa de vida libre, mueran por otras causas (factores ambientales).<sup>(23)</sup> Lo anterior, no es posible identificarlo ya que, si bien, señalan la periodicidad de la aplicación de ixodicidas, no se informa cuánto dura (en meses) su aplicación.

Otras alternativas para la administración de ixodicidas, son los baños de inmersión. Son una de las opciones más recomendadas, al asegurar que los animales sean cubiertos casi en su totalidad, incluyendo aquellas zonas predilectas para las garrapatas (área axilar e inguinal), no obstante, en la zona de estudio nadie lo aplica, probablemente porque su implementación es más frecuente en producciones semitecnificadas y con hatos de más de 50 animales, además, su alto costo de inversión, la dificultad en la limpieza y recambio del producto químico y el alto índice de contaminación al ambiente limitan su uso.<sup>(23)</sup>

Otro procedimiento recomendado y menos frecuentemente usado en el área de trabajo, es la aplicación de productos en presentación Pour on o Spot on, el cual, ha sido un avance tecnológico para la aplicación de acaricidas, es colocado de forma lineal desde la cruz hasta la base de la cola, haciendo que el producto se disperse por la superficie y proporcione protección repelente y letal contra las garrapatas, ofrece una opción para el control de cepas resistentes a piretroides sintéticos. A pesar de ser una alternativa promisoriosa, el costo representa una limitante, esto quizá influyó en que solo 1 se registró en el área de estudio. Así mismo, los químicos utilizados tienden a persistir más tiempo en los tejidos animales.<sup>(23)</sup>

Las formulaciones inyectables, observadas en 1 caso, son otra alternativa y la mayoría pertenecen a las Lactonas Macrocíclicas. Tiene la ventaja de que su uso disminuye la contaminación ambiental y ofrecen un amplio espectro contra endo y ectoparásitos. Proporcionan acción contra aquellas poblaciones de garrapatas que son resistentes a Piretroides o Amitraz, sin embargo, en animales de doble propósito que comercializan con la leche ordeñada, podría representar un obstáculo en su aplicación por sus posibles residuos en este producto.<sup>(23)</sup>

En general, no se recomienda realizar más de 6 baños garrapaticidas al año, ya que a mayor frecuencia contribuye al desarrollo de resistencia. Alonso-Díaz y Fernández-Salas (2022), en México mencionan que la aplicación de Piretroides Sintéticos más de 6 veces al año, puede provocar resistencia, así mismo, el uso de ivermectina, más de 4 veces al año puede generar poblaciones resistentes a esta molécula. <sup>(24)</sup> Por lo que se recomienda, la rotación de productos cada 6 a 12 meses, tomando en cuenta pruebas de resistencia, qué tipo de acaricida puede utilizarse, asegurando que no solo se cambie el producto comercial, sino el principio activo de acuerdo a las diferentes familias. <sup>(24)</sup>

El método de aplicación, dependerá de la situación socio económica del productor, quizá por ello en este estudio hubo un mayor porcentaje de esta práctica por el método de aspersion, mediante mochilas o bombas; esto por tratarse de una opción de bajo costo. <sup>(20)(24)</sup> De acuerdo a Alonso-Díaz y Fernández-Salas (2022), sugieren utilizar una bomba manual con capacidad de 20 litros para 5 animales adultos y 8 jóvenes, sin embargo, en este estudio se observó que los productores no llevan un control de baños dependiendo la edad o tamaño de los animales. <sup>(24)</sup>

Con relación al número de garrapatas presentes en el lote, es una de las bases para determinar el momento pertinente de tratar al ganado. El haber encontrado un 25.29% de los predios con más de 50 garrapatas y por recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), “*un número mayor a 30 garrapatas semi-repletas (4 – 8 mm) por lado del animal*”, es indicio para comenzar a aplicar un tratamiento para el control de estos ectoparásitos, aunque, Alonso-Díaz y Fernández-Salas (2022), señalan que en un hato que presenta más de 20 garrapatas por lado por animal, debe ser considerado para tratamiento, pues esto puede representar una afectación significativa para el rebaño. <sup>(24)(25)</sup>

Con respecto a la susceptibilidad a los ixodícidias, según Alonso-Díaz y Fernández-Salas en Veracruz, mencionan que, en la parte central de la entidad, el 100% de los productores utilizaban métodos químicos para el control de *R. microplus*. Esto repercute a largo plazo en la aparición de poblaciones resistentes a ixodícidias, ya

que no se emplean acciones adicionales como: la rotación de praderas, vacunas, depredadores naturales, extractos de plantas, entre otros, por la falta de información y asesoramiento veterinario para incorporar nuevas estrategias o inclusive, el uso integrado de dos o más alternativas para reducir el grado de resistencia, del mismo modo, disminuir el uso de productos químicos que perjudican la salud pública y el ambiente. <sup>(24)</sup>

Si bien los datos mostraron un efectivo resultado de los organofosforados, particularmente Coumafos con 99.5% y Clorpirifos con 96.9% de susceptibilidad, mientras que el Fipronil, perteneciente al grupo de Fenilpirazolonas mostró un 89.2% de susceptibilidad, este coincide con lo encontrado por Balladares. <sup>(18)</sup> Sin embargo, en un estudio realizado por Rodríguez-Vivas, et.al. (2006) en ranchos del estado de Yucatán, se determinó una susceptibilidad del 54.1% y 64.3% para estos productos respectivamente, lo cual, es menor a lo encontrado en este trabajo. <sup>(26)</sup> Se ha observado que estos resultados pueden variar de acuerdo a la zona (condiciones ambientales) y a la dinámica propiamente de la garrapata, por ejemplo, comparado con los resultados obtenidos, en el estado de Veracruz, se reportaron poblaciones de garrapatas capaces de tolerar los organofosforados, así mismo, se han encontrado poblaciones multirresistentes (capacidad para tolerar más de un grupo químico) en Tamaulipas, Coahuila, Tabasco, Yucatán y Campeche. <sup>(24)</sup>

El Diazinon, que también es un organofosforado, mostró una menor eficacia, con tan solo el 57.29% de susceptibilidad, aun así, dicho resultado fue mayor a lo reportado por Rodríguez-Vivas, et. al. (2006) donde encontraron solo el 19.4% en Yucatán. <sup>(26)</sup> Esto es similar a un ensayo realizado en 2008, donde se recolectaron 8 cepas de garrapatas de diferentes zonas de México: Veracruz, Campeche, Tamaulipas, Colima, Nuevo León y dos de un brote de *R. microplus* en condados cercanos en la frontera con Texas, a fin de demostrar y comparar los niveles de resistencia entre Diazinon y Coumafos, mediante el uso de formulaciones con Trifenilfosfato (TPP), Butoxido de piperonilo (PBO) y Maleato de dietilo, como sinergia con los ixodicidas. Los resultados distan poco a lo encontrado en este trabajo, pues, las garrapatas provenientes de la Pesquería (cepa recolectada en el

Estado de Nuevo León), mostraron resistencia a Diazinon al no tener sinergia con alguno de los componentes usados. Esto se atribuye al incremento en la actividad de la GST, que, mediante un proceso metabólico, evade el efecto del acaricida. Como conclusión, de acuerdo a las diferentes respuestas y dependiendo al mecanismo de evasión, se demostró que la insensibilidad a la Acetilcolinesterasa repercute en una resistencia cruzada entre Coumafos y Diazinon, la actividad de las mono-oxigenasas incrementa la resistencia solamente a los coumafos y un aumento en la actividad de la GTS, confirió una elevada resistencia contra Diazinon, exclusivamente. Lo anterior sugiere, que ciertas poblaciones de garrapatas han generado vías metabólicas o cambios conformacionales en el sitio diana que impide la acción de determinados ixodicidas, en comparación con otros de su misma familia. <sup>(26)(27)</sup> Por esta razón, se recomienda hacer pruebas de resistencia a los acaricidas al menos 1 vez al año, a fin de identificar los posibles mecanismos que presentan estos ectoparásitos para evadir la acción de los químicos, dicha actividad se está realizando en el área de estudio por las respectivas autoridades veterinarias.

<sup>(24)</sup>

Respecto a los resultados del Amitraz, resultó ser poco efectivo, con tan solo el 40.96%. En comparación a lo reportado en Nagar, Punjab, India, donde se desafió una muestra de *R. microplus* a diferentes concentraciones de Amitraz, tanto de animales cruzados, como búfalos, obteniendo una mortalidad (susceptibilidad) del 80% utilizando la máxima concentración de este acaricida (1000 ppm), lo cual, es mayor a lo observado en este estudio. Sin embargo, en campo, la concentración más común era 250 ppm, con la que solo alcanzaba una mortalidad de al menos 40%, esto sugiere un desarrollo de resistencia contra Amitraz. <sup>(28)</sup>

La utilización de piretroides sintéticos (Cypermctrina, Flumetrina y Deltametrina), resultaron poco efectivos, esto puede estar relacionado con lo reportado por Rodríguez-Vivas, et al. (2011) en un estudio de campo controlado, realizado en 11 granjas de Yucatán, con Cypermctrina. <sup>(26)</sup> En 5 granjas se dio continuidad al uso de este producto, mientras que en 6, se cambió por Amitraz. Se concluyó que la presión de selección a la Cypermctrina, incrementa la mutación de un alelo (T2134A) que

le confiere a la garrapata la capacidad de resistencia a este ixodida de acuerdo a la frecuencia de aplicación. Mientras que, en aquellas granjas donde se utilizó Amitraz, dicho alelo no mostró cambios, ni aumento en su expresión durante los 24 meses que duró el estudio. <sup>(29)</sup> Jonnson (1997) en diferentes granjas de ganado lechero en Queensland, Australia, obtuvieron 69 muestras de acuerdo a los acaricidas más comúnmente utilizados por los granjeros. Los resultados reportaron un 87% de resistencia a la Flumetrina, lo cual, se aproxima al 70% de resistencia encontrado en este trabajo. Así mismo, el 38% de las muestras fueron resistentes a todos los Piretroides Sintéticos (PS), similar a este estudio y 10% resistente a Amitraz y PS. <sup>(30)</sup>

### 4. Conclusión

El control de la garrapata *Boophilus microplus* y sus mecanismos generados para evadir el efecto de los diferentes acaricidas, debe ser una tarea de máxima importancia para aquellos Médicos Veterinarios Zootecnistas enfocados en la producción bovina y que enfrentan con este problema. Es necesario proponer alternativas en el control de estos ectoparásitos, pues de acuerdo a lo observado en este estudio y a la evidencia de resistencia a PS, la introducción y promoción de mezclas de componentes (clorpirifos – permetrina), el uso integrado de vacunas, así como la rotación de praderas y uso de extractos de plantas (o aceites esenciales).

El acercamiento y asesoramiento a comunidades rurales, concede un mayor avance en esta gran tarea de prevenir, mejorar e impulsar la producción de bovinos en zonas donde las condiciones no permiten la introducción de ganado especializado (carne o leche) para evitar y disminuir el riesgo en la presentación de resistencia ante las diferentes poblaciones de garrapatas, se debe concientizar a las personas de no hacer uso indiscriminado de los productos químicos y un correcto protocolo de baños, donde solo en aquellos casos que sea necesario se debe implementar el uso de ixodicidas, sin exceder el máximo de veces recomendado por año (< 5 veces), esto conllevaría a la reducción de resistencia, aunado al uso de otras alternativas no químicas para el control de la garrapata *Boophilus microplus*.

### REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - INSST - Prevención de Riesgos Laborales [Internet]. [consultado el 25 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Capítulo+70.+Ganadería+y+cría+de+animales>
2. SAGARPA. La ganadería en México [Internet]; [consultado el 25 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/11/5278/8.pdf>
3. Sánchez Gómez J. Zootecnia de bovinos productores de carne [Internet]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: [editorial desconocido]; [consultado el 25 de noviembre de 2022]. 31 p. Disponible en: [https://fmvz.unam.mx/fmvz/p\\_estudios/apuntes\\_zoo/unidad\\_2.pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_2.pdf)
4. Gobierno de México. Población ganadera [Internet]; [consultado el 25 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>
5. Rodríguez-Vivas Roger Iván, Rosado-Aguilar José Alberto, et. al. Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. Ecosistemas y recursos agropecuarios [revista en la Internet]. 2014 Ago [citado el 25 de noviembre de 2022]; 1(3): 295 - 308. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es)
6. Daniel S, Roe M. Biology of Ticks [Internet]. 2ª ed. United States of America: Oxford University Press; 2014. 220 p. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=ucq4AAAAQBAJ&pg=PA59&a>
7. The Tick App [Internet]. Tick Biology - The Tick App; [consultado el 25 de Noviembre de 2022]. Disponible en: <https://tickapp.tamu.edu/tick-biology/>
8. Sahara A, Nugraheni YR, Patra G, Prastowo J, Priyowidodo D. Ticks (Acari: Ixodidae) infestation on cattle in various regions in Indonesia. November- 2019 [Internet]. Noviembre de 2019 [consultado el 25 de noviembre de 2022];12

- (11):1755-9. Disponible en: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1755-1759>
9. Fernando L, Manuel F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | Gobierno | gob.mx [Internet]. [consultado el 25 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/3338/2758>
10. Abbas RZ, Zaman MA, Colwell DD, Gilleard J, Iqbal Z. Acaricide resistance in cattle ticks and approaches to its management: The state of play. *Veterinary Parasitology* [Internet]. Junio de 2014 [consultado el 25 de noviembre de 2022]; 203 (1-2):6-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.03.006>
11. Muhammad O, Nabila I. Acaricides Resistance in Ticks: Selection, Diagnosis, Mechanism, and Mitigation. *Frontiers* [Internet]. 6 de julio de 2022; 12:941831. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.941831>
12. Alonso-Díaz MA, Rodríguez-Vivas RI, Fragoso-Sánchez H, Rosario-Cruz R. “Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. Archivos de medicina veterinaria” [Internet]. 2006 [consultado el 25 de noviembre de 2022];38(2). Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2006000200003>
13. GEORGE JE, POUND JM, DAVEY RB. “Chemical control of ticks on cattle and the resistance of these parasites to acaricides. *Parasitology*” [Internet]. Octubre de 2004 [consultado el 25 de noviembre de 2022];129(S1): S353 — S366. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/s0031182003004682>
14. Yessinou RE, Akpo Y, et. al. “Evidence of multiple mechanisms of alphacypermethrin and deltamethrin resistance in ticks *Rhipicephalus microplus* in Benin, West Africa”. *Ticks and Tick-borne Diseases* [Internet]. Marzo de 2018 [consultado el 25 de noviembre de 2022];9(3):665-71. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.02.013>
15. Secretaría de Gobernación. Acuerdo por el que se establece la Campaña Nacional para el control de la garrapata *Boophilus* spp [Internet]. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación; 2012. Disponible en:

- [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5267408&fecha=10/09/2012#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5267408&fecha=10/09/2012#gsc.tab=0)
16. M. Fernando. Para Todo México [Internet]. Estado de México; 1 de mayo de 2018 [consultado el 25 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-mexico/index.html>
  17. Gobierno del Estado de México. Situación de la Flora y la Fauna del Estado de México respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2001; 2007 [Internet]. Fecha de [Consultado el 14 de septiembre 2022]. Disponible en: [https://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma\\_pdf\\_flora\\_fauna\\_em.pdf](https://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_flora_fauna_em.pdf)
  18. Tenorio L. M., Oporta A. A. Bienvenidos al Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria - Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria [Internet]. “Evaluación de los ixodídeos utilizados en el control de garrapatas bovina en el municipio de San Pedro de Lóvago-Chontales - Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria”; 2006 [consultado el 24 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/1358/>
  19. PubMed Central (PMC) [Internet]. “Sensitivity of Different Cattle Breeds to the Infestation of Cattle Ticks *Amblyomma variegatum*, *Rhipicephalus microplus*, and *Hyalomma* spp. on the Natural Pastures of Opkara Farm”, Benin; [consultado el 25 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5889886/>
  20. Cárdenas MD, Cortés FA. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) [Internet]. Informe de pobreza y evaluación 2020; 2020 [consultado el 25 de abril de 2023]. Disponible en: [https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes\\_de\\_pobreza\\_y\\_evaluacion\\_2020\\_Documentos/Informe\\_Mexico\\_2020.pdf](https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Mexico_2020.pdf)
  21. Benavides E, Romero J, Villamil LC. “Las garrapatas del ganado bovino y las enfermedades que transmiten en escenarios epidemiológicos de cambio climático: Guía para el manejo de garrapatas y adaptación al cambio climático”

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

- [Internet]. San José, Costa Rica: Universidad de la Salle; 2016 [consultado el 27 de abril de 2023]. 96 p. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4212e/B4212e.pdf>
22. United States Department of Agriculture [Internet]. Protecting U.S. cattle from fever ticks: Cattle fever tick eradication program and treatment options [infografía]; diciembre de 2018 [consultado el 27 de abril de 2023]. Disponible en: [https://www.aphis.usda.gov/animal\\_health/animal\\_diseases/tick/downloads/bro-cft-treatment-options.pdf](https://www.aphis.usda.gov/animal_health/animal_diseases/tick/downloads/bro-cft-treatment-options.pdf)
23. Chenau Y. “Guidelines resistance management and integrated parasite control in ruminants” [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 2004 [consultado el 28 de abril de 2023]. 218 p. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ag014e/ag014e.pdf>
24. Alonso MA, Fernández A. “Rhipicephalus microplus: biología, control y resistencia” [Internet]. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical: Rosa Elena Riaño Marin; 2022 [consultado el 1 de mayo de 2023]. 44 p. Disponible en: [https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiegt/archivos/Manual\\_R\\_Microplus.pdf](https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiegt/archivos/Manual_R_Microplus.pdf)
25. Cantú C. A, García V. Z. “Estrategias para el control integrado de garrapata (*Boophilus* spp.) en la producción de bovinos en pastoreo en Tamaulipas” [Internet]. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); 2013 [consultado el 1 de mayo de 2023]. 54 p. Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/948.pdf>
26. Rodríguez-Vivas RI, Alonso-Díaz MA, Rodríguez-Arevalo F, Fragoso-Sánchez H, Santamaria VM, Rosario-Cruz R. “Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus*

- ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, Mexico”. *Vet Parasitol* [Internet]. Marzo de 2006 [consultado el 16 de mayo de 2023];136(3-4):335-42. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.069>
27. Li AY, Davey RB, Miller RJ, George JE. “Resistance to coumaphos and diazinon in *Boophilus microplus* (acari: ixodidae) and evidence for the involvement of an oxidative detoxification mechanism”. *J Med Entomology* [Internet]. 1 de julio de 2003 [consultado el 24 de mayo de 2023];40(4):482-90. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-40.4.482>
28. Singh NK, Nandi A, Jyoti, Rath SS. “Detection of amitraz resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* from SBS Nagar, Punjab, India”. *Sci World J* [Internet]. 2014 [consultado el 17 de mayo de 2023]; 2014:1-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/594398>
29. Rodriguez-Vivas, R. I., Jonsson, N. N., & Bhushan, C. (2017). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitology Research*, 117(1), 3–29. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6>
30. Jonsson, N. (1997). “Control of cattle ticks (*Boophilus microplus*) on Queensland dairy farms”. *Australian Veterinary Journal*, 75(11), 802–807. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1997.tb15657.x>