

***Rhipicephalus microplus*: estado actual de la resistencia a la ivermectina en ganado bovino de la Amazonía ecuatoriana**

Diego Armando Masaquiza Moposita¹, Santiago Alexander Guamán Rivera², José Eduardo Zapata Gaibor³, Leonardo Daniel Cabezas-Andrade⁴, Martin Daniele⁵ & Dora Romero⁶

¹ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5176-8261>, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca 220150, Ecuador, ²ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8699-0655>, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca 220150, Ecuador, ³ORCID <https://orcid.org/0009-0009-3118-5996>, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca 220150, Ecuador, ⁴ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5056-9180>, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca 220150, Ecuador, ⁵ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8744-2351>, Universidad Nacional de Río Negro, Sede Alto Valle y Valle Medio, Escuela de Veterinaria y Producción Agroindustrial, Choele Choele, Río Negro 8360, Argentina, ⁶ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4640-6316>, Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Laboratorio de Parasitología, Posta Zootécnica Torreón del Molino, Veracruz, México.

Citación: Masaquiza Moposita, D. A., Guamán Rivera, S. A., Zapata Gaibor, J. E., Cabezas-Andrade, L. D., Daniele, M., & Romero, D. (2025). *Rhipicephalus microplus*: estado actual de la resistencia a la ivermectina en ganado bovino de la Amazonía ecuatoriana. *Agrisost*, 31, 1–10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15856329>

Recibido: 12 de febrero de 2025

Aceptado: 8 de junio de 2025

Publicado: 9 de julio de 2025

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran.

Correo electrónico: dmasaquiza@epoch.edu.ec

Resumen

Contexto: La especie de garrapata *Rhipicephalus microplus* se distribuye por todo el mundo y causa pérdidas económicas en explotaciones ganaderas en zonas tropicales y subtropicales (Jabbar et al., 2015). Los acaricidas cumplen un papel importante en el control de estas poblaciones, sin embargo, el uso desmesurado es causa para la resistencia.

Objetivo: El objetivo del estudio fue evaluar la resistencia de *R. microplus* a ivermectina y factores condicionantes en bovinos.

Métodos: En campo, se recolectó 880 garrapatas de cuatro fincas y se realizó una encuesta, en el laboratorio se evaluó la resistencia a ivermectina mediante bioensayos. Para la prueba de inmersión de adultos (PIA) se determinó: índice de fertilidad, inhibición de la ovoposición, eficiencia reproductiva, eficacia del producto y el porcentaje de resistencia, en donde se realizó pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, análisis de varianza (ANOVA) dos vías y comparación de medias mediante Dunnett; para la prueba de inmersión en larvas (PIL) se determinó: la mortalidad, se realizó un análisis PROBIT donde se calculó las concentraciones letales CL50, CL99 y pendiente; para los factores condicionantes se realizó una correlación de Pearson con los valores de relación de resistencia.

Resultados: Los niveles de resistencia en la PIA fueron: 62.5 % susceptibles, 27.8 % resistencia media y 16.7% resistencia alta en las poblaciones de garrapatas. La PIL determinó la relación de resistencia CL50 que oscilan entre 1.0 y 7.00 y CL99 entre 1.0 y 6.15, con susceptibilidad en el 75 por ciento de las fincas, se halló una correlación entre el intervalo de aplicación y la presencia de resistencia.

Conclusiones: Se concluye que las poblaciones de *R. microplus*, son ampliamente susceptibles a ivermectina, siendo el intervalo de aplicación del acaricida un factor condicionante asociado a la resistencia.

Palabras clave: garrapatas, resistencia, ivermectina, inmersión.

***Rhipicephalus microplus*: current status of ivermectin resistance in cattle in the Ecuadorian Amazon**

Abstract

Context: The tick species *Rhipicephalus microplus* is distributed worldwide, causing economic losses in livestock farms in tropical and subtropical areas (Jabbar et al., 2015). Acaricides play an important role in the control of these populations, however, excessive use is a consequence of resistance.

Objective: The objective of the study was to evaluate the resistance of *Rhipicephalus microplus* to ivermectin and conditioning factors in cattle.

Methods: In the field, 880 ticks were collected from 4 farms and a survey was conducted; in the laboratory, resistance to ivermectin was evaluated by bioassays. For the adult immersion test (PIA), the following were determined: fertility index, oviposition inhibition, reproductive efficiency, product efficacy and percentage of resistance, where Kolmogorov-Smirnov normality tests, two-way analysis of variance (ANOVA) and comparison of means by Dunnett were performed; for the larval immersion test (PIL), mortality was determined: mortality, a PROBIT analysis was performed where the lethal concentrations CL50, CL99 and slope were calculated; for the conditioning factors, a Pearson correlation was performed with the values of resistance ratio

Results: Resistance levels in the PIA were: 62.5% susceptible, 27.8% medium resistance and 16.7% high resistance in tick populations. The PIL determined the resistance ratio CL50 that oscillate between 1.0 and 7.00 and CL99 between 1.0 and 6.15 among the farms, presenting susceptibility in 75 percent of the farms, a correlation was found between the application interval and the presence of resistance.

Conclusions: It is concluded that *R. microplus* populations are widely susceptible to ivermectin, being the interval of application of the acaricide a conditioning factor associated to resistance.

Key words: ticks, resistance, ivermectin, immersion.

Introducción

A nivel mundial, una de las actividades más importantes desde el punto de vista económico y social es la ganadería, emplea alrededor de 1 300 millones de personas en todo el mundo y proporciona medios de vida a 600 millones de pequeños agricultores (FAO 2018), es así como la ganadería es un catalizador que mejora el capital de las personas y los países, proporciona alimentos de alta calidad y genera mano de obra. Uno de los problemas que interfieren en la productividad y rentabilidad de las explotaciones son los parásitos internos y externos (Almada 2015), principalmente las garrapatas, que causan baja productividad y en consecuencia pérdidas económicas. A nivel mundial se estima que el 80% del ganado bovino está infestado por este ectoparásito y en Ecuador cerca del 75% (Guillén & Muñoz 2013).

El control de las garrapatas es crucial para la salud humana y animal. Uno de los principales métodos para controlar las poblaciones es el uso de acaricidas químicos (Vilela et al. 2020). Sin embargo, el uso prolongado y repetido de estos productos en el ganado ha favorecido el desarrollo de cepas resistentes, lo que representa un reto importante para la producción ganadera a nivel mundial. La exposición continua a estos compuestos compromete su eficacia en el control de infestaciones, lo que dificulta cada vez más el combate contra las poblaciones de garrapatas (Muñoz 2022).

Los productos más utilizados para el control de las poblaciones de garrapatas se dividen en varias clases químicas, incluidos los organofosforados, los piretroides, las amidas, las lactonas macrocíclicas (como la ivermectina o IVM), los fenilpirazoles y la benzoilfenilurea (Koller et al. 2019).

La provincia de Orellana pertenece a la región amazónica, siendo la principal actividad económica la extracción de petróleo; sin embargo, en la búsqueda de nuevas alternativas para cambiar la matriz productiva, ha surgido en los últimos años la ganadería, que representa la segunda actividad económica más importante de la zona.

Este sector de la Amazonia no es ajeno al desafío de la resistencia a los ácaros; las condiciones ambientales propicias para la proliferación de ácaros, combinadas con prácticas empíricas de manejo del ganado, crean un escenario favorable para el desarrollo y propagación de cepas resistentes (Quezada & Quezada 2022). Por lo tanto, es necesario El objetivo del estudio fue evaluar la resistencia de *R. microplus* a ivermectina y factores condicionantes en bovinos; lo que es crucial para desarrollar estrategias de gestión eficaces y sostenibles.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

Este estudio se realizó en la provincia de Orellana (0°27.987'S, 76°59.2314'O). En esta provincia se recolectaron individuos de garrapatas de cuatro fincas.

Recolección de garrapatas e información sobre su tratamiento

Se recogieron 880 garrapatas hembras de *R. microplus* de bovinos infestados en cuatro explotaciones de la provincia de Orellana. Los bovinos fueron seleccionados intencionalmente en función de su nivel de infestación, el muestreo consistió en la palpación manual de las zonas corporales con mayor presencia de garrapatas (Gutiérrez 2006) Las garrapatas fueron extraídas con los dedos índice y pulgar, para evitar daños en el hipostoma y prevenir lesiones mecánicas al aparato reproductor de la garrapata hembra repleta (Rivera et al. 2009). La identificación taxonómica implicó un

análisis morfológico observacional, a partir del uso de claves dicotómicas y un estereoscopio (Dantas-Torres et al. 2019).

Las garrapatas engurgitadas colectadas fueron colocadas en cajas Petri, con la tapa perforada para permitir la ventilación, y luego transportadas al Laboratorio de Ciencias Básicas y Especialización de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - campus Orellana.

Factores condicionantes

Se aplicó una encuesta epidemiológica a cada uno de los propietarios de las explotaciones estudiadas para determinar las prácticas en el uso y manejo de MIV, así como el control de *R. microplus*, con base en las variables que se muestran en la Tabla 1 según indica Pérez (2019).

Tabla 1: Variables de exposición consideradas como posibles factores condicionantes a la presencia de resistencia

Variable	Descripción	Categoría
Tamaño de las fincas	# de animales/finca	<25 - 25-60 - >60
Raza	Raza de ganado que predomina cada hato ganadero	<i>Bos Taurus</i> cruzado - <i>Bos Indicus</i> cruzado - Cruces <i>Bos Taurus</i> x <i>Bos Indicus</i>
Finalidad productiva	Producción de carne, leche o los dos	Leche – Carne - Mixta
Procedencia del bovino	Lugar de donde proviene el ganado de reemplazo	Propios - Otra propiedad - Feria
Infestación del ganado	Presenta garrapatas el ganado	Si - No
Sitio de exposición	Presencia de garrapatas en el bovino	Tercio: anterior – posterior – medio-Todos
Intervalo entre tratamientos	Número de tratamientos acaricidas durante los últimos dos años	≤ 6 veces/año - >6 veces/año
Tipo de tratamiento	Método de aplicación de acaricida	Aspersión – Inyección - Pour-on
Temporada con garrapata	Época del año con mayor presencia de garrapatas	Invierno - Verano - Todo el año
Dosis recomendada	Usa o no la dosis recomendada de acaricidas	Si - No
Asistencia veterinaria	Recibe asistencia veterinaria	Si - No
Métodos alternativos de control de garrapatas	Uso de lactonas macrocíclicas y rotación de potreros para el control de garrapatas	Si - No
Acaricida en estudio	Usa o no ivermectina como acaricida	Si - No

Preparación de diluciones

Se utilizó Ivermectina de grado técnico (22.23-Dihidroavermectina B1. MK-933Sigma-Aldrich) para preparar una solución madre al 1% en Glicerol (1, 2, 3-Propanotriol, Glicerina, Sigma-Aldrich). Se obtuvieron seis dosis de Ivermectina mediante diluciones seriadas al 50% a partir de la concentración máxima del 0.333%. Las concentraciones de solución (%) probadas oscilaron entre el 0.333% y el 0.0003%. Como solución de control se utilizó glicerol-TX al 2% (Daniele et al. 2021). Las concentraciones ensayadas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Concentraciones de los bioensayos

Acaricida	Tratamientos	PIA %	PIL %
Ivermectina	T1	0.000326	0.000326
	T2	0.00130	0.00130
	T3	0.0052	0.0052
	T4	0.020	0.020
	T5	0.083	0.083
	T6	0.333	0.333

*PIA= Prueba de inmersión de adultas; **PIL = Prueba inmersión de larvas

Bioensayos

Prueba de inmersión de adultas (PIA)

Se consideró el protocolo descrito por Drummond et al. (1973) y adaptado por la FAO (2004). Este estudio empleó 84 ensayos para evaluar cinco parámetros relacionados con la reproducción de las garrapatas: índice de fertilidad, inhibición de la oviposición,

eficiencia reproductiva, eficacia del producto y porcentaje de resistencia. Se seleccionaron diez garrapatas hembras engurgitadas y se agruparon por tamaño y peso para los grupos de dilución y control.

Cada grupo se pesó y se sumergió durante 10 minutos en 20 ml de la dilución de cada uno de los tratamientos y el grupo de control se sumergió en tritón X-100 al 0.02%, en vasos de precipitados y se agitó suavemente. Las garrapatas se inmovilizaron dorsalmente (con el dorso hacia arriba) en cinta adhesiva de doble cara colocada dentro de placas Petri. A continuación, se secaron durante 30 minutos sobre papel absorbente.

La incubación se realizó a $27 \pm 2^\circ\text{C}$ y 70-80% de humedad relativa (HR) para todas las muestras. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento. El día 21, se recogieron las masas de huevos y se pesaron individualmente antes de colocarlas en tubos de ensayo. Al cabo de seis semanas, se registró el porcentaje de huevos eclosionados (Castro-Janer et al. 2009).

Prueba de inmersión larvaria

Se realizó entre los 14 y 21 días, cuando las larvas están completamente desarrolladas y en fase infectiva (Anderson & Magnarelli 2008). Los bioensayos se efectuaron en tubos de ensayo (tres réplicas para cada solución) con la aplicación de 1 mL de cada concentración de solución de ensayo. A cada concentración se añadieron 500 larvas con un pincel. Las larvas se incubaron en cada solución durante 10 minutos y se agitaron con frecuencia. Cien larvas se transfirieron con un pincel a papel de filtro para formar un paquete el cual se cerró con pinzas «bulldog». Los paquetes preparados se incubaron a $27 \pm 2^\circ\text{C}$, 70-80% HR durante 24 h para determinar la mortalidad de las larvas (Klafke et al. 2006).

Análisis estadísticos

Prueba de inmersión de adultas

Para determinar la resistencia mediante la prueba de inmersión de adultas se calculó las variables índices de fertilidad, inhibición de la oviposición, eficiencia reproductiva, eficacia del producto y porcentaje de resistencia, y se realizó una categorización siguiendo los criterios de Rodríguez et al. (2017); de la misma manera se aplicó pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, un ANOVA de dos vías y una comparación de medias con test de Dunnett. Los

datos se expresan como media \pm SEM. Se realizó con el programa GraphPad Prism v.10.2.2.

Prueba de inmersión de larvas

Los registros de mortalidad de cada bioensayo se analizaron mediante el análisis probit con el uso del software POLO PLUS (Software 2004). Para cada población de garrapatas, se determinaron las concentraciones letales (CL) para matar al 50% (CL50) y al 99% (CL99) de la población, con sus límites de confianza del 95% (CL95).

En Ecuador no se dispone de una cepa de laboratorio de referencia susceptible a la ivermectina, por esta razón, la población de garrapatas «F-4» con la menor CL50% y CL99% se utilizó como población susceptible de referencia para calcular la razón de resistencia (RR) (Daniele et al. 2021). Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando el CL95% de las concentraciones letales de la población analizada no coincidía con la población de garrapatas F-4. La resistencia a la ivermectina en las poblaciones de *R. microplus* se evaluó mediante la comparación de sus valores de CL (CL50 y CL99) y RR con una población F-4 de referencia ($p < 0.05$). El análisis de correlación de Pearson identificó posibles factores de riesgo asociados a la resistencia.

Resultados y discusión

Prueba de inmersión de adultos (PIA)

La toxicidad de la ivermectina repercutió en los parámetros reproductivos de las poblaciones de garrapatas objeto de estudio, afectando al índice de fertilidad, oviposición de las garrapatas, porcentaje de eclosión y eficiencia reproductiva, que mostraron valores inferiores a los del grupo control. Así, al analizar las distintas variables de las explotaciones, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los tratamientos y el grupo control, donde los valores más bajos se presentaron en las poblaciones de garrapatas tratadas con 0.333%, obteniéndose los porcentajes más altos en las poblaciones tratadas con 0.00033% (Figura 1).

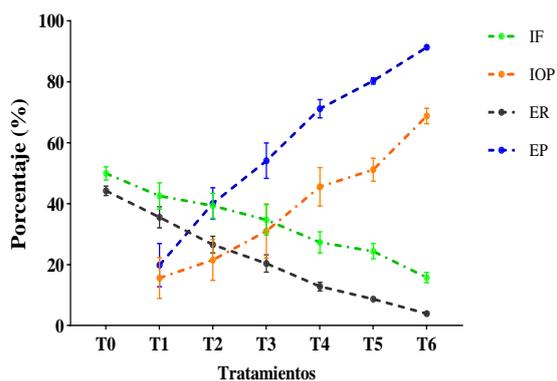


Fig 1. Distribución de los parámetros evaluados en la prueba de inmersión de adultos de *R. microplus* tratados con diferentes dosis de IVM. * Las barras de error representan la desviación estándar de la media. IF: índice de fertilidad, IOP: inhibición de la oviposición, ER: eficiencia reproductiva, EP: eficacia del producto. F1- 4: fincas bajo estudio. T0: control, T1: 0.000326%, T2: 0.00130%, T3: 0.00521%, T4: 0.0208%, T5: 0.083%, T6: 0.333%

Los ensayos *in vitro* de PIA permitió clasificarlas en tres categorías: susceptible, media y alta y dos categorías para PIL: susceptible y resistente; para la PIA se encontró una variación de niveles de resistencia toxicológica a IVM, encontrándose que el 62.5 % de las poblaciones presentaron susceptibilidad, 27.8 % resistencia media y el 16.7 % resistencia alta. Rodríguez et al. (2017) en su estudio obtuvieron altos niveles de resistencia de poblaciones de garrapatas no solo a IVM sino que también a cipermetrina y Amitraz en la región tropical y subtropical de la costa ecuatoriana.

Resistencia en poblaciones de garrapatas a IVM

En lo que respecta al porcentaje de resistencia a IVM, los resultados muestran diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos en las cuatro fincas. Es evidente que porcentajes de resistencia más bajos resultaron en las poblaciones tratadas con 3.333 mg/mL (T6) con medias de 9.86, 7.93, 8.54 y 8.31 % respectivamente. De igual manera, los porcentajes altos de resistencia presentaron las poblaciones tratadas con 0.0033 mg/mL (T1) con medias de 93.99 %, 62.36 %, 88.69

% y 75.67 % en cada finca (Figura 2) de igual manera con el grupo control.

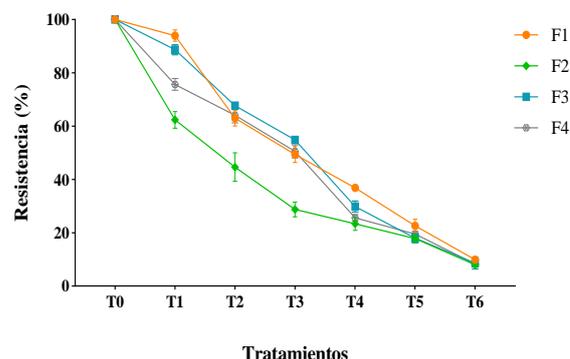


Fig 2. Resistencia (%) en poblaciones de *Rhipicephalus microplus* ($n=21$), tratados con diferentes dosis de IVM. * Las barras de error representan la SEM de la media. 1234: Fincas en estudio.

La situación en países de América del Sur y Central es similar a lo observado en las localidades de estudio. Es así, en países cercanos se reportaron casos de resistencia a diferentes acaricidas como en Colombia Villar et al. (2016) reportaron un grado muy alto de resistencia (eficacia $< 20\%$) a deltametrina y de moderado a alto (eficacia $\approx 30-50\%$) para Amitraz; en México Moreno (2023) reporta la presencia de resistencia a IVM que varía entre el 75% a 86% en cuatro localidades; en Uruguay Saporiti et al. (2021) reportan la presencia de resistencia a cipermetrina (97.8%), flumetrina (95.74%), Amitraz (38.29%) e IVM (31.91%); así mismo, en Guatemala Chávez (2020) informa la presencia de resistencia en niveles leves cipermetrina (36%), Coumaphos (2%) y Amitraz con (18%); en Argentina Torrents et al. (2020) señalan la presencia de poblaciones resistentes a IVM; y en Brasil Andreotti et al. (2011) y de Moura et al. (2019) señalan la presencia de resistencia de *Rhipicephalus* a diversos acaricidas

Mediante el análisis de los porcentajes de resistencia que presentaron las poblaciones de garrapatas al ser tratadas a diferentes dosis de IVM, se clasificaron en diferentes categorías como se indica en la (Tabla 3), determinando que dentro de la misma finca se tienen distintos niveles de resistencia en las poblaciones.

Tabla 3. Niveles de resistencia presentes en las poblaciones de *Rhipicephalus microplus* tratados a diferentes dosis de IVM

Tratamientos	F1			F2			F3			F4		
	S	RM	RA									
T0												
T1			x		x				x			x
T2		x		x				x			x	
T3	x			x				x			x	
T4	x			x			x			x		
T5	x			x			x			x		
T6	x			x			x			x		
Total	4	1	2	5	1	1	3	2	2	3	2	2
%	57.14	14.29	28.57	71.43	14.29	14.29	42.86	28.57	28.57	42.86	28.57	28.57

*S: Susceptible, RM: Resistencia media, RA: Resistencia alta

Prueba de Inmersión de larvas (PIL)

Al estimar la Concentración Letal 50 (CL_{50%}) y 99 (CL_{99%}) en cada población de garrapatas mediante el análisis Probit se obtuvieron el Intervalo de Confianza 95 (IC_{95%}) y sus respectivas pendientes como se indica en la (Tabla 4). En comparación con la población de garrapatas de referencia del estudio (F4), las fincas 1, 2 y 3, se clasificaron como susceptibles a IVM. Además, se observó una variación interpoblacional en el nivel de resistencia a IVM, la relación de resistencia en CL50% oscilaron entre 1.0 y 7.00 y en CL99% entre 1.0 y 6.15.

La respuesta de las poblaciones analizadas en los ensayos de PIL fueron uniformes, el 75% de las poblaciones de garrapatas resultaron susceptible a IVM, con RR del 50% y 99% de 1.0 a 1.46 y de 1.0 a 7.07 respectivamente. Nuestros radios de resistencia fueron inferiores a los reportados por Pérez-Cogollo et al. (2010) en México donde hallaron un RRs en LC_{50%} 2.04 a 8.59 y en LC_{99%} 2.67 a 87.86 y se comparan con los reportados por Moreno (2023) RRs_{50%} 0.73, 1.20-1.61; 2.07-11.14 y Klafke et al. (2006) RR_{50%} 2.27 a 4.94 en Brasil.

Tabla 4. Estimaciones de la concentración letal al 50% y 99% de los índices de resistencia a IVM en el 50% y 99% de las poblaciones de *Rhipicephalus microplus* que infestan bovinos en las fincas en estudio

ID	Pendiente	CL50% (IC95%)	RR*	CL99% (IC95%)	RR	Estado
F1	0.799	0.019 (0.013-0.029)	6.33 a	15.625 (5.119-75.374)	2.37a	S
F2	0.709	0.021 (0.015-0.031)	7.00 a	40.451 (12.874-191.902)	6.15 a	S
F3	0.745	0.008 (0.006-0.011)	2.66 a	10.961 (4.725-32.110)	1.66 a	S
F4	0.684	0.003 (0.002-0.004)	1.00 a	6.573 (2.601-22.412)	1.00a	R

CL: concentración letal, IC: intervalo de confianza, RR: relación de resistencia. *Las letras distintas en la columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) cuando el IC95% tanto de la CL50% y CL99% no coincidían con el IC95% de la población susceptible. F1-4: fincas en estudio. S: susceptible. R: referencia.

Análisis Dosis- Respuesta

El análisis dosis – respuesta fue analizada por fincas, se evidencia que la mortalidad estuvo relacionada con el incremento de la concentración de la dosis; así

mismo, ninguna dosis logro matar al 100% de las poblaciones de garrapatas, incluso en su máxima dosificación. En este estudio las tasas de mortalidad por fincas fueron del 7.19% al 85.52% en la F1; 3.26% al 88.69% F2; 14.97% al 92.63% F3 y 22.42% al 97.03% F4 (Figura 3).

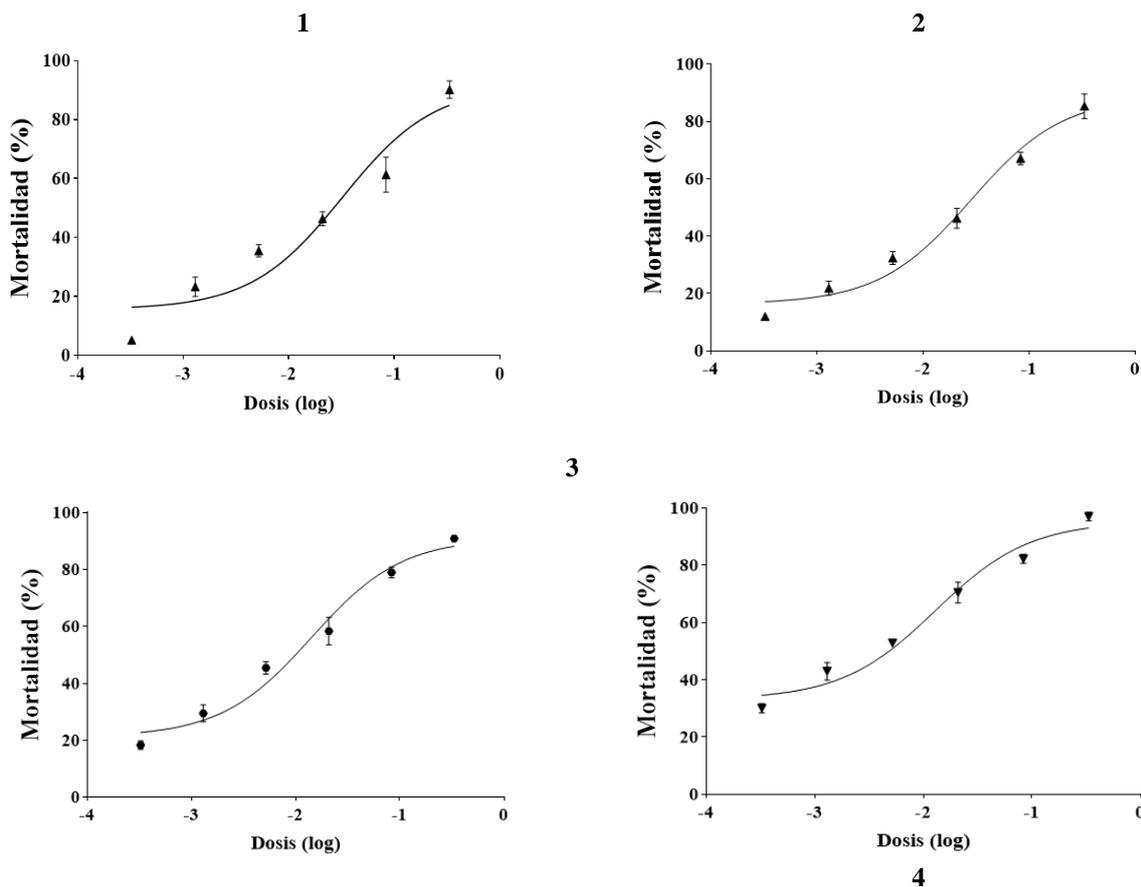


Fig. 3. Análisis de las regresiones de mortalidad vs concentración en poblaciones de garrapatas ($n=21$) tratados a diferentes dosis de IVM. *Las barras de error representan la SEM de la media. 1234: fincas en estudio.

Factores de riesgo asociados a poblaciones de garrapatas resistentes

Se analizaron 13 variables catalogadas como posibles factores de riesgo asociados a la resistencia a IVM; sin embargo, al realizar las correlaciones entre los factores condicionantes y los radios de resistencia al 50 % y 99 %, se encontró correlación únicamente con el intervalo de aplicación y el radio de resistencia al 50 % ($r=-0.954$; $p<0.05$). Los resultados muestran que, a medida que disminuye el intervalo de aplicación (>6 aplicaciones/año) el nivel de resistencia tiende a incrementar.

Igualmente Rocha et al. (2011) mencionan que los sistemas de manejo y el número de intervalo de aplicación de los tratamientos anuales, son factores condicionantes que influyen en la eficacia de los fármacos y desempeña un papel importante en el desarrollo de la resistencia. El 75 % de las fincas en estudio aplican el tratamiento con IVM en un intervalo mayor a 6 veces por año, estos valores son similares a los obtenidos por (Rodríguez-Vivas et al. 2006) donde concluyeron que la aplicación de más de 6 tratamientos por año y la disponibilidad de alternativas adicionales a los acaricidas en las propiedades, son factores de riesgo asociadas a la

presencia de resistencia, por otro lado, Fernández et al. (2012) concluyó que a partir de aplicar IVM > 4 veces al año tiene muchas probabilidad de desarrollar resistencia. Así mismo en el estudio realizado por Pérez (2019), asumieron que el manejo de las ganaderías es lo principal para que exista resistencia y con respecto a factores ecológicos y bioclimáticos, la resistencia puede estar asociada a zonas más secas.

Este hecho constituye un problema relevante debido a que el uso de formulaciones de ivermectina de acción prolongada para el control de garrapatas y otros parásitos del ganado vacuno está muy extendido en diferentes países (Ocampos et al. 2015). Además, esto representa un problema para el ambiente ya que el uso de acaricias en este caso de IVM al ser eliminados por las heces de los animales, causan efectos negativos en la fauna edáfica (Pérez-Cogollo et al. 2018).

La ivermectina es un endectocida utilizado para el control de un amplio espectro de parásitos internos y externos del ganado que se comenzó a utilizar desde 1981, esta característica y su larga persistencia tras la

administración subcutánea en el ganado podrían generar una presión de selección sobre una determinada especie parasitaria (Torrents et al. 2020). El amplio espectro del producto para parásitos internos y externos puede enmascarar procesos de resistencia ya que, al utilizarlo para combatir nematodos, simultáneamente puede causar resistencia en las garrapatas.

El desarrollo de resistencia a productos químicos es una adaptación evolutiva que pone en riesgo a todo agente parasiticida (Zhang et al. 2018). Un factor importante en la aparición de resistencia en una población es el uso frecuente del mismo producto durante un largo periodo de tiempo, que selecciona individuos resistentes al aumentar la frecuencia de un gen o genes de resistencia, lo que conduce a la falta de eficacia de este producto (Gould et al. 2018).

La monitorización de la resistencia de un parásito a un determinado fármaco es necesario no solo para detectar la resistencia tras su aparición, sino también para detectar la resistencia cuando se encuentra en una frecuencia baja, lo que permite mantener el fármaco como una opción viable. En base a estos hallazgos el presente estudio es uno de los pioneros en determinar resistencia de *Rhipicephalus microplus* a IVM en la provincia de Orellana.

Conclusiones

La susceptibilidad a ivermectina se encuentra ampliamente distribuida en poblaciones de *Rhipicephalus microplus* en la zona de estudio, con la presencia de bajos porcentajes de resistencia, en donde el factor de riesgo que puede estar asociado a la presencia de poblaciones resistentes es el intervalo de aplicación.

Contribución de los autores

Diego Masaquiza: planeación de la investigación, toma de datos, análisis, redacción del artículo.

Santiago Guamán: análisis e interpretación de los resultados, redacción y revisión final.

José Zapata: toma de datos, análisis e interpretación de los resultados.

Leonardo Cabezas: planeación de la investigación, toma de datos.

Martín Daniele: interpretación de los resultados, redacción del artículo, revisión final.

Dora Romero: interpretación de los resultados y revisión final.

Conflictos de interés

No se declaran conflictos de intereses

Referencias

- Almada, A. (2015). Parasitosis: pérdidas productivas e impacto económico. En *Sitio Argentino de Producción Animal*. (pp. 1-5). Repositorio Digital de Acceso Abierto https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicas/parasitarias/parasitarias_bovinos/196-Perdidas_productivas.pdf
- Anderson, J. F., & Magnarelli, L. A. (2008). Biology of ticks. *Infectious Disease Clinics of North America*, 22(2), 195-215. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2007.12.006>
- Andreotti, R., Guerrero, F. D., Soares, M. A., Cavalcante Barros, J., Miller, R. J., & Pérez de León, A. (2011). Acaricide resistance of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *[Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária]*, 20(2), 127-133. <http://10.1590/s1984-29612011000200007>
- Castro-Janer, E., Rifran, L., Piaggio, J., Gil, A., Miller, R. J., & Schumaker, T. T. S. (2009). In vitro tests to establish LC50 and discriminating concentrations for fipronil against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) and their standardization. *Veterinary Parasitology*, 162(1-2), 120-128. <http://10.1016/j.vetpar.2009.02.013>
- Chávez, L. S. (2020). *Determinación del grado de resistencia de garrapatas Rhipicephalus microplus, recolectadas en bovinos de cuatro fincas de La Gomera, Escuintla contra tres ixodidas*. (Medico Veterinario), Universidad de San Carlos de Guatemala, Biblioteca Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/13447>
- Daniele, M., Martín, M. D., Álvarez, J. D., Reynaldi F. J., Errecalde, J. O., & Rodríguez-Vivas, R. I. (2021). Current status of resistance to ivermectin in *Rhipicephalus sanguineus* sensu stricto infesting dogs in three provinces in Argentina. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 26, 100624. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100624>
- Dantas-Torres, F., Fernandes Martins, T., Muñoz-Leal, S., Castilho Onofrio, V., & Moraes Barros-Battesti, D. (2019). Ticks (Ixodida: Argasidae, Ixodidae) of Brazil: Updated species checklist and taxonomic keys. *Ticks and tick-borne diseases*, 10(6), 101252. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.06.012>

- de Moura, T., Ferreira Balbino, J. N., Torres Silva, N. C., & Alves de Farias, L. (2019). *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* e *Rhipicephalus sanguineus*: uma revisão sobre as perspectivas, distribuição e resistência, *13*(6), 1-10. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n6a347.1-9>
- Drummond, R. O., Ernst, S. E., Trevino, J. L., Gladney, W. J., & Graham, O. H. (1973). *Boophilus annulatus* and *B. microplus*: laboratory tests of insecticides. *Journal of economic entomology*, *66*(1), 130-133. <https://doi.org/10.1093/jee/66.1.130>
- FAO. (2004). Guidelines resistance management and integrated parasite control in ruminants. *Ticks: Acaricide resistance, diagnosis, management and prevention*, 1-218. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8efa816b-a7d5-4667-8c33-777fd35bc13b/content>
- FAO. (2018). *World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca1201en>
- Fernández, 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, México.. [*Veterinary parasitology*, *190*(1-2), 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.06.003>
- Gould, F., Brown, Z. S., & Kuzma, J. (2018). Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance?. *Science*, *360*(6390), 728-732. <http://10.1126/science.aar3780>
- Guillén, N. X., & Muñoz, L. E. (2013). *Estudio taxonómico a nivel de genero de garrapatas en ganado bovino de la parroquia Alluriquín-Santo Domingo de los Tsáchilas*. (Tesis previo a la obtención del título Ingeniero Agropecuario), Universidad de las Fuerzas Armadas. Sede Santo Domingo. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7264>
- Gutiérrez, J. D. (2006). *Identificación de órganos blancos en garrapatas de la especie Boophilus microplus para anticuerpos-antigarrapata de bovinos inducidos por el inmunógeno Tick-Vac MK. del laboratorio Limor de Colombia SA mediante métodos inmunoperoxidasas*. (Presentado como requisito parcial para optar título de Microbiólogo Industril), PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA Repository javeriana. <https://doi.org/10.60794/10k8-sz57>
- Jabbar, A., Abbas, T., Sandhu, ZuD., et al. (2015). Tick-borne diseases of bovines in Pakistan: major scope for future research and improved control. *Parasites & Vectors*, *8*(1), 283. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0894-2>
- Klafke, G. M., Sabatini, G., Thais Albuquerque, Th., João Martins, J. R., Kemp, D. H., Miller R. J., & Schumaker, T. T. S. (2006). Larval immersion tests with ivermectin in populations of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) from State of Sao Paulo, Brazil. *Veterinary parasitology*, *142*(3-4), 386-390. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.07.001>
- Koller, W., de Oliveira Souza Higa, L., Pinheiro Zimmermann, N., Oshiro L. M., & Andreotti, R. (2019). Resistência dos carrapatos aos acaricidas. En *Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos*. (cap. 11, pp. 147-158). Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107104/resistencia-dos-carrapatos-aos-acaricidas>
- Moreno, S. (2023). *Estado de la resistencia a ivermectina en Rhipicephalus microplus y factores asociados en el noreste de México*. (Posgrado Trabajo de titulación), Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL. <http://eprints.uanl.mx/26157/1/1080312547.pdf>
- Muñoz Contreras, L. D. (2022). *Evaluación del efecto acaricida de Plectranthus sp mediante la prueba in vitro de paquete larval (LPT) para el control de Rhipicephalus microplus*. (Tesis que como parte de los requisitos para obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial), UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/3691/1/RI06714.pdf>
- Ocampos, D., Bohrer de Azevedo, E. E., & Tobal, C. (2015). Efecto de la concentración de ivermectina sobre el control de parásitos internos y el desempeño productivo de bovinos. *Ciencias Veterinarias*, *17* (1), 19-34. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1706>
- Pérez-Cogollo, L., Rodríguez-Vivas, R. I., Basto-Estrella, G. del S., Reyes-Novelo, E., Martínez-Morales, I., Ojeda-Chi, M. M., & Favila, M. E. (2018). Toxicidad y efectos adversos de las lactonas macrocíclicas sobre los escarabajos estercoleros: una revisión. *Revista mexicana de biodiversidad*, *89*(4),

- 1293-1314.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2508>
- Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Ramírez-Cruz, G. T., & Miller, R.J. (2010). First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Veterinary Parasitology*, 168(1-2), 165-169. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.10.021>
- Pérez, X. F. (2019). *Distribución de la resistencia a los acaricidas amitraz, ivermectina y alfacipermetrina en garrapatas Boophilus microplus y posibles factores de riesgo asociados, en la zona ±0.5 grados de latitud de la línea equinoccial de Ecuador.* (Maestría en Epidemiología y Salud Pública Veterinaria), Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19532>
- Quezada, L. J., & Quezada, N. G. (2022). *Efectividad de Beauveria spp. como controlador biológico de garrapatas Rhipicephalus spp. en ganado bovino en la provincia de Orellana.* (Pregrado Trabajo de titulación Ingeniera Zootecnista), Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Ecuador. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/18119/1/17T01812.pdf>
- Rivera, G., Ramirez, A., Dominguez-Mancera, B., & Muñoz-Melgarejo, S. (2009). *Resistencia de Rhipicephalus (Boophilus) spp. a ixodicidas en ranchos ganaderos del sur de Veracruz, Mexico.* Ponencia presentada en la XXVII Reunion científica-tecnologica forestal y agropecuaria. Veracruz-Mexico. https://www.researchgate.net/publication/351527726_RESISTENCIA_DE_Rhipicephalus_Boophilus_spp_A_IXODICIDAS_EN_RANCHOS_GANADEROS_DEL_SUR_DE_VERACRUZ_MEXICO
- Rocha, C., Cerqueira Leite, R., Pascoti Bruhn, F. R., Guimarães, A. M., & Furlong, J. (2011). Percepção dos produtores de leite de Divinópolis, Minas Gerais, sobre o controle de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 20(1), 295-302. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612011000400007>
- Rodríguez-Vivas, R. I. Alonso-Díaz, M.A., Rodríguez-Arevalo, F., Fragoso-Sanchez, H., Santamaria, V. M., & Rosario-Cruz, R. (2006). Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 136(3-4), 335-342, <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.069>
- Rodríguez, R., Pérez Otáñez, X., Garcés Carrera, S. V., & Vanwambeke, S. (2017). The current status of resistance to alpha-cypermethrin, ivermectin, and amitraz of the cattle tick (*Rhipicephalus microplus*) in Ecuador. *PloS one*, 12(4): e0174652. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174652>
- Saporiti, T., Losiewicz, S., Trelles, A., Miraballes, C., Riet-Correa, F., & Cuore, U. (2021). Susceptibility profile and associated factors analysis of *Rhipicephalus microplus* for five chemical groups on field populations from the north of Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 57(215), 1-11, <http://dx.doi.org/10.29155/vet.57.215.5>
- Software. (2004). *POLO-PC: a user's guide to probit or logit analysis.* LeOra Software, Berkeley, CA.
- Torrents, J., Sarli, M., Rossner, M. V., Toffaletti, J. R., Morel, N., Martínez, N. C., Webster, A., Mangold, A. J., Guglielmone, A. A., & Nava, S. (2020). Resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to ivermectin in Argentina. *Research in Veterinary Science*, 132(1), 332-337. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.07.012>
- Vilela, V., Feitosa, T. F., Bezerra, R. A., Klafke, G. M., & Riet-Correa, F. (2020). Multiple acaricide-resistant *Rhipicephalus microplus* in the semi-arid region of Paraíba State, Brazil. *Ticks and tick-borne diseases*, 11(4), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101413>
- Villar, D., Gutiérrez, J., Piedrahita, D., Rodríguez-Durán, A., Cortés-Vecino, J.A., Góngora-Orjuela, A., Martínez, N., & Chaparro-Gutiérrez, J. J. (2016). In vitro resistance to topical acaricides of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* from four regions of Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 11(3), 58-70. <http://www.scielo.org.co/pdf/cmvez/v11n3/v11n3a07.pdf>
- Zhang, W., Wei, S., & Wu, W. (2018). Preliminary studies on the antibacterial mechanism of Yanglingmycin. *Pesticide biochemistry and physiology*, 147(1), 27-31. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.05.011>