

**SUSCEPTIBILIDAD IN VITRO DE *Rhipicephalus microplus* FRENTE A MEZCLAS
IXODICIDAS DE USO GANADERO EN ECUADOR**

**IN VITRO SUSCEPTIBILITY OF *Rhipicephalus microplus* TO IXODICIDE MIXTURES
USED IN LIVESTOCK PRODUCTION IN ECUADOR**

**SUSCETIBILIDADE IN VITRO DE *Rhipicephalus microplus* A MISTURAS DE
IXODICIDAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO PECUÁRIA NO EQUADOR**

AUTORES

Damián Aldair Bravo Vera¹ Autor de correspondencia damian_bravo@espam.edu.ec
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta - Ecuador

Carlos Julio Cusme Chilan² Email carlos.cusme@espam.edu.ec
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador

Fernando Rincón Acosta³ Email fjrincon@espam.edu.ec
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador

Marlon Asbel Argandoña Moreira⁴ Email marlon_argandona@mmv@espam.edu.ec
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador

Recibido:2 de noviembre 2025 **Aceptado:** 8 de diciembre 2025 **Publicado:**20 de junio 2026

¹ Damián Aldair Bravo Vera Autor de correspondencia damian.bravo@espam.edu.ec Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5896-4001>

² Carlos Julio Cusme Chilan Email carlos.cusme@espam.edu.ec Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6736-4995> Estudiante egresada de la Carrera de Medicina Veterinaria ESPAM-MFL

³ Fernando Rincón-Acosta Autor de correspondencia Email fjrincon@espam.edu.ec Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5670-1488> Docente de la Carrera de Medicina Veterinaria ESPAM MFL

⁴ Marlon Asbel Argandoña Moreira Email marlon_argandona@mmv@espam.edu.ec Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6565-4190> Estudiante egresado de la Maestría de Medicina Veterinaria Mención Salud y Reproducción de Especies Productivas ESPAM-MFL

RESUMEN

La resistencia acaricida en *Rhipicephalus microplus* constituye un problema creciente en la ganadería tropical debido al uso intensivo, continuo y no rotacional de ixodicidas, lo que disminuye la eficacia de los programas de control y justifica la necesidad de evaluar la respuesta biológica del ectoparásito. El objetivo del estudio fue determinar la susceptibilidad *in vitro* de *R. microplus* a dos combinaciones acaricidas comerciales: Flumetrina + Fluazurón (TA) y Fipronil + Ivermectina (TB). Se aplicó un enfoque metodológico inductivo–deductivo y analítico–sintético para interpretar la evidencia, complementado con un método experimental de laboratorio basado en la evaluación del efecto dosis–respuesta. Se recolectaron 360 garrapatas adultas en bovinos del sitio La Piñuela (Canuto, Manabí, Ecuador). Se aplicó el bioensayo de inmersión de adultos, exponiendo a los individuos a cinco concentraciones (0,0125–0,100 % y concentración pura) de cada tratamiento. La mortalidad se registró luego de 24 horas de incubación bajo condiciones controladas. El análisis comparativo consistió en un diseño completamente al azar, análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados mostraron que el tratamiento TA incrementó significativamente la mortalidad en las concentraciones de 0,050 % y 0,100 %, conformando el grupo de mayor eficacia. En contraste, las concentraciones de TB presentaron mortalidades bajas sin diferencias estadísticas entre sí. Se concluye que *R. microplus* exhibe susceptibilidad reducida a Fipronil + Ivermectina, mientras que Flumetrina + Fluazurón mantiene una eficacia dosis-dependiente superior, resaltando la necesidad de fortalecer la vigilancia de resistencia y promover programas rotacionales de control.

PALABRAS CLAVE: *Rhipicephalus microplus*, resistencia acaricida, susceptibilidad *in vitro*, flumetrina, fluazurón, fipronil, ivermectina.

ABSTRACT

Acaricide resistance in *Rhipicephalus microplus* is an increasing problem in tropical livestock systems due to the intensive, continuous, and non-rotational use of ixodicides, which reduces the

effectiveness of control programs and justifies the need to evaluate the biological response of the ectoparasite. The objective of this study was to determine the in vitro susceptibility of *R. microplus* to two commercial acaricide combinations: Flumethrin + Fluazuron (TA) and Fipronil + Ivermectin (TB). An inductive–deductive and analytical–synthetic methodological approach was applied to interpret the evidence, complemented by an experimental laboratory method based on dose–response assessment. A total of 360 adult ticks were collected from cattle in La Piñuela (Canuto, Manabí, Ecuador). The adult immersion test was performed, exposing individuals to five concentrations (0.0125–0.100% and pure concentration) of each treatment. Mortality was recorded after 24 hours of incubation under controlled conditions. The comparative analysis followed a completely randomized design, analysis of variance, and Tukey’s test ($p < 0.05$). Results showed that treatment TA significantly increased mortality at concentrations of 0.050% and 0.100%, forming the group with the highest efficacy. In contrast, TB concentrations presented low mortality rates with no statistical differences among them. It is concluded that *R. microplus* exhibits reduced susceptibility to Fipronil + Ivermectin, whereas Flumethrin + Fluazuron maintains superior dose-dependent efficacy, highlighting the need to strengthen resistance surveillance and promote rotational control programs.

KEYWORDS: *Rhipicephalus microplus*, acaricide resistance, in vitro susceptibility, flumethrin, fluazuron, fipronil, ivermectin.

RESUMO

A resistência acaricida em *Rhipicephalus microplus* constitui um problema crescente na pecuária tropical devido ao uso intensivo, contínuo e não rotacional de ixodicidas, o que reduz a eficácia dos programas de controle e justifica a necessidade de avaliar a resposta biológica do ectoparasita. O objetivo deste estudo foi determinar a suscetibilidade in vitro de *R. microplus* a duas combinações acaricidas comerciais: Flumetrina + Fluazurona (TA) e Fipronil + Ivermectina (TB).

Aplicou-se uma abordagem metodológica indutivo–dedutiva e analítico–sintética para a interpretação das evidências, complementada por um método experimental de laboratório baseado na avaliação do efeito dose–resposta. Foram coletados 360 carrapatos adultos em bovinos da localidade de La Piñuela (Canuto, Manabí, Equador). Utilizou-se o bioensaio de imersão de adultos, expondo os indivíduos a cinco concentrações (0,0125–0,100% e concentração pura) de cada tratamento. A mortalidade foi registrada após 24 horas de incubação em condições controladas. A análise comparativa consistiu em um delineamento inteiramente casualizado, análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que o tratamento TA aumentou significativamente a mortalidade nas concentrações de 0,050% e 0,100%, constituindo o grupo de maior eficácia. Em contraste, as concentrações do tratamento TB apresentaram baixas mortalidades, sem diferenças estatísticas entre si. Conclui-se que *R. microplus* apresenta suscetibilidade reduzida ao Fipronil + Ivermectina, enquanto Flumetrina + Fluazurona mantém uma eficácia superior dependente da dose, ressaltando a necessidade de fortalecer a vigilância da resistência e promover programas rotacionais de controle.

PALAVRAS-CHAVE: *Rhipicephalus microplus*, resistência acaricida, suscetibilidade in vitro, flumetrina, fluazurona, fipronil, ivermectina.

INTRODUCCIÓN

Rhipicephalus (Boophilus) microplus, conocida como la garrapata del ganado, es uno de los ectoparásitos de mayor impacto sanitario y económico en los sistemas de producción bovina de regiones tropicales y subtropicales (Pérez et al., 2012). Este ácaro hematófago ocasiona pérdidas directas por disminución de la producción de leche y carne, deterioro de pieles y afectación del bienestar animal, además de actuar como vector de hemoparásitos altamente patógenos como *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale* (León et al., 2022). Estas afectaciones

generan pérdidas económicas globales estimadas entre 13.500 y 18.700 millones de dólares anuales (Acevedo et al., 2020; Vargas et al., 2019).

Históricamente, el control de *R. microplus* se ha sustentado en el uso de acaricidas sintéticos — organofosforados, carbamatos, piretroides, amidinas, fenilpirazoles y lactonas macrocíclicas—, los cuales durante décadas mantuvieron niveles aceptables de eficacia (Archila et al., 2018). Sin embargo, su uso intensivo, continuo y sin rotación ha favorecido el desarrollo de resistencia, resistencia cruzada y resistencia múltiple en numerosos países, incluyendo Uruguay, Argentina, México, Nicaragua, Honduras y Colombia (Saporiti et al., 2021; Nava et al., 2018; López et al., 2022). En Ecuador, pese a que las mezclas ixodicidas constituyen la estrategia de control más usada, la información científica sobre susceptibilidad local es escasa, especialmente en zonas ganaderas como la parroquia Canuto del cantón Chone, donde la aplicación repetida de productos comerciales es una práctica común.

La ausencia de datos actualizados limita la toma de decisiones técnicas, incrementa el riesgo de seleccionar poblaciones resistentes y reduce la eficacia del control. Por ello, evaluar la susceptibilidad *in vitro* de *R. microplus* frente a ixodicidas empleados rutinariamente resulta necesario para orientar estrategias de manejo integrado, optimizar programas rotacionales y mejorar la sanidad de los hatos ganaderos. Esta necesidad constituye la justificación central del presente estudio, el cual se sustenta además en la importancia de generar evidencia experimental contextualizada a las condiciones locales. En consecuencia, se planteó la siguiente hipótesis: **las poblaciones de *Rhipicephalus microplus* del sitio La Piñuela–Canuto presentan una susceptibilidad reducida frente a las mezclas ixodicidas de uso ganadero, evidenciando diferencias significativas en la mortalidad *in vitro* entre tratamientos.**

El objetivo de la investigación fue determinar la susceptibilidad *in vitro* de *R. microplus* frente a dos mezclas ixodicidas comerciales empleadas en la producción bovina de Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque metodológico y parámetros de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, sustentado en la medición objetiva de variables biológicas y en el análisis estadístico de los resultados. Se aplicó una estructura estadística descriptiva e inferencial, permitiendo resumir los datos de mortalidad y, posteriormente, compararlos entre tratamientos y concentraciones.

El alcance del estudio fue descriptivo–explicativo: descriptivo por la caracterización de la respuesta biológica de *Rhipicephalus microplus* frente a ixodicidas, y explicativo debido a que buscó establecer el efecto causal del tratamiento sobre la mortalidad.

El diseño fue experimental, de tipo *in vitro*, utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con repeticiones y controles definidos.

Desde el paradigma del proceso científico universal, este estudio cumplió con las tres etapas metodológicas obligatorias: Método: experimental–analítico, inductivo–deductivo, técnica de investigación: bioensayo de inmersión de adultos (AIT) para evaluar mortalidad Instrumentos de recolección de datos: balanza analítica, pinzas entomológicas, caja Petri estéril, soluciones ixodicidas, registros directos de mortalidad (formato de laboratorio), software estadístico INFOSTAT®.

Procedimiento experimental

Recolección de garrapatas

Los ectoparásitos adultos se recolectaron manualmente de bovinos en los sitios anatómicos de mayor carga parasitaria (cavidad abdominal, base de la cola y paletas), utilizando pinzas entomológicas y recipientes plásticos estériles con tapa. Las muestras se transportaron de inmediato al laboratorio, evitando exposición prolongada al calor y a la desecación.

Limpieza, desinfección y preparación de los especímenes

Las cajas Petri se prepararon previamente con papel absorbente estéril, se esterilizaron en autoclave a 121 °C durante 40 minutos y se mantuvieron en estufa a 100 °C hasta su utilización. Las 360 garrapatas adultas se pesaron individualmente en una balanza analítica para garantizar una distribución homogénea de individuos entre tratamientos y repeticiones.

La desinfección se efectuó mediante inmersión secuencial en:

Vaso 1 (500 ml): 50 ml de agua destilada – 3 minutos.

Vaso 2 (500 ml): 50 ml de solución salina al 0,9 % – 3 minutos.

Vaso 3 (500 ml): 50 ml de agua destilada estéril – 1 minuto.

Entre cada fase se realizó escurrido en un vaso colector (vaso 4, 1000 ml) y secado en papel absorbente estéril. Las soluciones se renovaron en cada ciclo de desinfección para evitar contaminación cruzada. Posteriormente, se agruparon 10 garrapatas por caja Petri para su asignación a los tratamientos.

Preparación de las diluciones ixodicidas

Las soluciones de trabajo se prepararon a partir de las formulaciones comerciales de TA y TB, utilizando agua destilada como diluyente. Para cada producto se preparó inicialmente una solución madre, y a partir de esta se obtuvieron las concentraciones de ensayo (0,100 %, 0,050 %, 0,025 % y 0,0125 %) mediante diluciones volumétricas seriadas, aplicando la relación $C_1V_1 = C_2V_2$.

Las diluciones se realizaron en vasos de precipitación de 250 ml, homogeneizando cada solución mediante agitación manual suave hasta lograr una distribución uniforme del principio activo. La concentración “pura” correspondió al producto comercial sin diluir.

Exposición de las garrapatas a los tratamientos

TA: Flumetrina 1,0 g + Fluazurón 2,5 g (formulación comercial).

TB: Tratamiento B (TB): Ivermectina 5 mg + Fipronil 10 mg (formulación comercial).

Para cada concentración ensayada, las garrapatas se sumergieron individualmente durante 5 minutos en la solución correspondiente, siguiendo ciclos de:

50 segundos de movimientos circulares suaves del vaso

1 minuto de reposo

Este ciclo se repitió hasta completar el tiempo total de exposición. Finalizado el periodo, las garrapatas se transfirieron con pinzas estériles a cajas Petri previamente esterilizadas, colocándolas en disposición circular. En el centro de cada caja se ubicó un algodón humedecido con agua destilada para mantener la humedad relativa. Las cajas se sellaron con papel film para prevenir la deshidratación y se incubaron durante 24 horas bajo condiciones ambientales controladas, tras lo cual se registró la mortalidad por tratamiento y concentración.

Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló en la parroquia Canuto, sitio La Piñuela, cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador, cuyas coordenadas geográficas son 80°15'14.492" O y 0°39'43.837" S. La zona presenta un clima tropical lluvioso, con temperatura media anual de 27 °C, relieve predominantemente plano y presencia del río Chone, a una altitud de 17 m s. n. m. (GAD Chone, 2019). El procesamiento experimental se realizó en el Laboratorio de Suelo, Agua y Planta de la carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, bajo condiciones controladas de bioseguridad y estandarización de las condiciones de manejo de las muestras.

Diseño experimental

Se empleó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo–experimental, mediante un ensayo *in vitro* con diseño completamente al azar. Se evaluaron dos mezclas ixodícidas comerciales de uso rutinario en la región:

Tratamiento A (TA): Flumetrina 1,0 g + Fluazurón 2,5 g (formulación comercial).

Tratamiento B (TB): Ivermectina 5 mg + Fipronil 10 mg (formulación comercial).

Cada tratamiento se probó en cinco concentraciones (0,0125 %, 0,025 %, 0,050 %, 0,100 % y concentración pura). Se realizaron tres repeticiones por concentración, empleando un total de 360 garrapatas adultas distribuidas de la siguiente manera:

TA diluido: 120 individuos

TB diluido: 120 individuos

TA puro: 60 individuos

TB puro: 60 individuos

Los datos se analizaron mediante el software INFOSTAT®, aplicando análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para la comparación de medias entre tratamientos y concentraciones.

RESULTADOS

Se evaluó la respuesta biológica de *Rhipicephalus microplus* frente a dos mezclas ixodicidas de uso ganadero: Flumetrina + Fluazurón y Fipronil + Ivermectina, aplicadas en cuatro concentraciones (0,0125 %, 0,025 %, 0,050 % y 0,100 %). Se registró la mortalidad tras 24 h de incubación y se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados muestran comportamientos marcadamente diferenciados entre los principios activos. La mezcla Flumetrina + Fluazurón evidenció un patrón dosis-dependiente, con incrementos significativos a partir de 0,050 %, mientras que Fipronil + Ivermectina presentó mortalidades bajas y homogéneas en todas las concentraciones evaluadas, indicando una susceptibilidad reducida.

La distribución de los 360 individuos se muestra en la Tabla I, donde se observa una asignación equitativa de garrapatas entre los tratamientos y concentraciones evaluadas. Esta homogeneidad permitió asegurar la reproducibilidad y validez del diseño experimental *in vitro*.

Tabla I.

Distribución de individuos de Rhipicephalus microplus expuestos a mezclas ixodicidas en diferentes concentraciones

Tratamiento	Concentración (%)	Número de garrapatas
TA	0.0125	30
TA	0.025	30
TA	0.050	30
TA	0.100	30
TB	0.0125	30
TB	0.025	30
TB	0.050	30
TB	0.100	30

Nota. TA = Tratamiento A; TB = Tratamiento B. Cada concentración representa el número total de garrapatas vivas expuestas inicialmente a cada mezcla ixodicida.

Los valores de mortalidad obtenidos tras 24 horas de incubación se presentan en la Tabla II. En el caso del Tratamiento A (Flumetrina + Fluazurón), se evidenció un incremento progresivo de mortalidad conforme aumentó la concentración del principio activo, pasando de 5,56 % a 18,89 %. El análisis de Tukey agrupó las concentraciones 0,0125 % y 0,025 % en el mismo subconjunto estadístico (grupo A), mientras que 0,050 % y 0,100 % conformaron un segundo grupo (B), indicando diferencias significativas ($p < 0,05$) y confirmando un efecto dosis-dependiente.

Tabla 2.

Mortalidad porcentual de Rhipicephalus microplus y agrupación estadística (Tukey) tras 24 h de exposición a mezclas ixodicidas

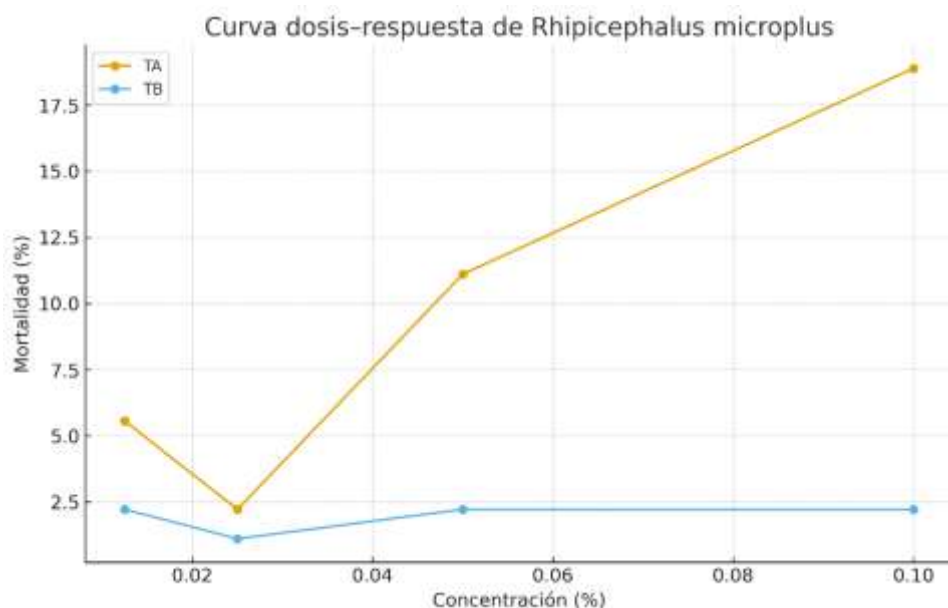
Tratamiento	Concentración (%)	Mortalidad (%)	Grupo (Tukey)
TA	0.0125	5.56	A
TA	0.025	2.22	A
TA	0.050	11.11	B
TA	0.100	18.89	B
TB	0.0125	2.22	A
TB	0.025	1.11	A
TB	0.050	2.22	A
TB	0.100	2.22	A

Nota. TA = Tratamiento A; TB = Tratamiento B. Las letras indican la agrupación estadística obtenida mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$); valores con la misma letra no difieren significativamente entre sí.

La Figura 1 representa la curva dosis–respuesta de ambos tratamientos. El Tratamiento A presentó una trayectoria ascendente marcada, con incrementos definidos a partir de la concentración de 0,050 %, lo que confirma la tendencia estadística observada en la tabla. Este comportamiento evidencia que la mezcla Flumetrina + Fluazurón conserva una eficacia in vitro dependiente de la concentración. En contraste, el Tratamiento B mostró una línea prácticamente plana, sin variaciones apreciables entre concentraciones, lo que indica ausencia de respuesta dosis–dependiente y baja efectividad frente a la población analizada.

Figura 1

Curva dosis–respuesta de *Rhipicephalus microplus* expuesta a Flumetrina + Fluazurón (TA) y Fipronil + Ivermectina (TB).

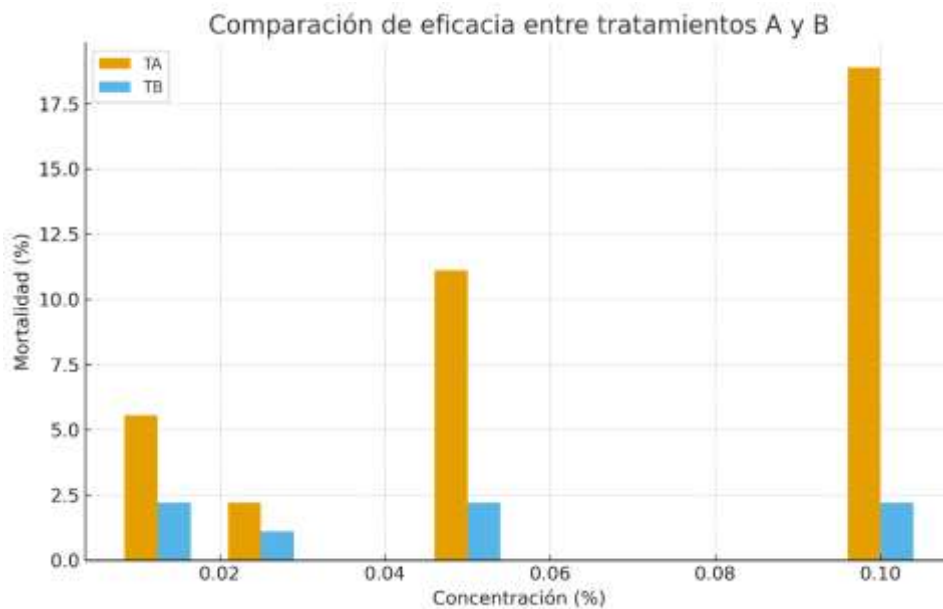


Nota. TA = Tratamiento A; TB = Tratamiento B. La figura muestra la mortalidad porcentual de *Rhipicephalus microplus* tras 24 h de exposición a diferentes concentraciones de mezclas ixodicidas. Cada punto representa el promedio de la mortalidad observada para 30 garrapatas por concentración y tratamiento.

La figura 2, permite visualizar el contraste entre ambas formulaciones. La mezcla Flumetrina + Fluazurón presenta un incremento significativo en la mortalidad conforme aumenta la concentración, mientras que Fipronil + Ivermectina mantiene una eficacia mínima y homogénea. La diferencia entre ambas formulaciones respalda la interpretación estadística y el comportamiento biológico observado.

Figura 2.

Comparación de la eficacia in vitro de Flumetrina + Fluazurón (TA) frente a Fipronil + Ivermectina (TB).



Nota. TA = Tratamiento A; TB = Tratamiento B. La figura representa la mortalidad porcentual de *Rhipicephalus microplus* tras 24 h de exposición a diferentes concentraciones de mezclas

ixodicidas. Cada barra corresponde al promedio obtenido a partir de 30 garrapatas evaluadas por concentración y tratamiento.

Los resultados evidenciaron un patrón dosis–dependiente en el Tratamiento A, con incrementos significativos de mortalidad a partir del 0.050 %, mientras que el Tratamiento B mostró eficacia mínima y constante en todas las concentraciones. La prueba de Tukey confirmó diferencias estadísticas claras entre tratamientos, lo cual fue coherente con la divergencia observada en las curvas de mortalidad. Estos hallazgos indican que el Tratamiento A posee potencial práctico como mezcla ixodicida, mientras que el Tratamiento B carece de relevancia operativa. Los resultados aportan una base sólida para estudios posteriores orientados a optimizar formulaciones y comprender posibles patrones de resistencia acaricida.

DISCUSIÓN

La susceptibilidad in vitro de *Rhipicephalus microplus* frente a las dos asociaciones ixodicidas evaluadas mostró patrones claramente diferenciados. La mezcla Flumetrina + Fluazurón exhibió un comportamiento dosis–dependiente, evidenciando los niveles más altos de mortalidad a partir de 0,050 % y consolidándose como una combinación con efecto acaricida progresivo bajo condiciones controladas. Este comportamiento es congruente con lo señalado por Mendes et al. (2021), quienes documentaron variabilidad regional en la respuesta a fluazurón y otros compuestos, reflejo de la heterogeneidad inherente a la resistencia en poblaciones expuestas a presiones químicas diversas.

La tendencia observada también armoniza con lo reportado por Del Castillo et al. (2016), quienes demostraron que esta asociación mantiene una eficacia sostenida tanto en campo como en evaluaciones in vitro. La sinergia entre los mecanismos neurotóxicos de la flumetrina y la inhibición de síntesis de quitina inducida por el fluazurón proporciona una explicación plausible para el aumento progresivo de la mortalidad obtenida en las concentraciones superiores, reforzando

la relevancia toxicológica de esta combinación. Aunque la literatura advierte que el uso continuo de fluazurón puede favorecer la aparición de resistencia (Raynal et al., 2013; Reck et al., 2014; Obaid et al., 2022), la respuesta obtenida sugiere que la población evaluada no presenta indicios importantes de pérdida de susceptibilidad, posiblemente vinculada a un uso local menos intensivo de esta molécula.

En contraste, la asociación Fipronil + Ivermectina mostró una actividad marcadamente limitada y homogénea en todas las concentraciones ensayadas, un comportamiento que coincide con investigaciones previas que describen la creciente resistencia a ambos principios activos. Pérez-Cogollo et al. (2010) y Miller et al. (2013) reportaron los primeros casos de resistencia a ivermectina y fipronil, mientras que Fernández-Salas et al. (2012) documentaron poblaciones multirresistentes en sistemas ganaderos de México. Además, Cuore et al. (2012) demostraron que la eficacia y residualidad de la ivermectina son altamente variables entre condiciones *in vitro* y de campo, y que el fipronil pierde estabilidad en ambientes húmedos o lluviosos, explicando la baja actividad observada en este estudio. De manera complementaria, Céspedes-Gaytán y Jara (2018) evidenciaron que, aunque estas moléculas pueden mostrar eficacia inicial en campo, dicha eficacia disminuye rápidamente con el tiempo, reforzando la importancia de considerar no solo la mortalidad inmediata, sino también la persistencia del efecto acaricida.

La interpretación de estos patrones aporta evidencia clara sobre la pertinencia de implementar estrategias de rotación, vigilancia sistemática de resistencia y esquemas integrados de control que contemplen características toxicológicas, reproductivas y ecológicas de *R. microplus*. La dinámica observada entre ambas formulaciones refleja la necesidad de evitar el uso repetitivo de principios activos con resistencia consolidada y de optimizar aquellas combinaciones cuya eficacia se mantenga elevada bajo distintas condiciones productivas.

Finalmente, en relación con el objetivo planteado, el análisis demuestra de manera contundente que la población estudiada presenta alta susceptibilidad a la mezcla Flumetrina + Fluazurón, particularmente en concentraciones de 0,050 % y 0,100 %, mientras que evidencia susceptibilidad reducida a la combinación Fipronil + Ivermectina. Este contraste permite identificar con claridad cuál formulación resulta más eficaz bajo condiciones *in vitro* y ofrece un fundamento sólido para orientar decisiones sobre el control y la rotación de ixodíctidos en la región evaluada.

CONCLUSIONES

Los análisis *in vitro* permitieron determinar la susceptibilidad de *Rhipicephalus microplus* frente a las mezclas Flumetrina + Fluazurón e Ivermectina + Fipronil, cumpliéndose el objetivo planteado. La asociación Flumetrina + Fluazurón mostró un efecto dosis–dependiente y una eficacia superior en las concentraciones de 0,050 % y 0,100 %, mientras que la mezcla Ivermectina + Fipronil presentó mortalidades bajas y homogéneas, indicando una menor sensibilidad de la población evaluada.

Al triangular estos hallazgos con la evidencia científica disponible, se observa coincidencia con estudios que reportan alta eficacia de Flumetrina + Fluazurón y una tendencia a la disminución de susceptibilidad frente a Ivermectina y Fipronil en distintas regiones ganaderas. Asimismo, no se identificaron referencias que contradigan o entren en controversia con las conclusiones obtenidas. En consecuencia, la hipótesis (H1) se acepta parcialmente: se confirma una susceptibilidad reducida hacia Ivermectina + Fipronil, pero no hacia Flumetrina + Fluazurón, formulación que demostró mayor efectividad *in vitro*. Estos elementos aportan información clave para la selección de acaricidas y el diseño de estrategias rotacionales orientadas a un control más eficiente de *R. microplus* en la región evaluada.

REFERENCIAS

- Acevedo, L., Paternina, L., Pérez, J., Londoño, A., López, G. y Rodas, J. (2020). Garrapatas duras (acarí: ixodidae) de Colombia, una revisión a su conocimiento en el país. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 126-139. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.75252>
- Alonso, M., Rodríguez, R., Frágoso, H. y Rosario, R. (2006). Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. *Archivos de medicina veterinaria*, 38(2), 105-113. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000200003>
- Archila, O., Pulido, M., Fernández, M. y García, D. (2018). Estado actual y estrategias de manejo en la resistencia al tratamiento químico en garrapatas del ganado bovino. *Revista Infométrica, Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 1(1), 35-52. <http://infometrica.org/index.php/syh/article/view/15/12>
- Cortés, J. (2018). Control integrado de garrapatas y su importancia en salud pública. *Revista, Biomédica*, 38(4), 452-455. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572018000400452&lng=en&tlng=es
- Cortez, A. (2023). Resistencia in vitro de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a ixodicidas, Finca San Sebastián, Managua, Nicaragua en el periodo marzo – septiembre del 2022 - *Repositorio Institucional UCC*. (n.d.). <https://repositorio.ucc.edu.ni/1179/>
- De La Cruz, A., González, R., Vila, M., Castañeda, R., y Maldonado, E. (2023). Prevalencia y diagnóstico de resistencia a ixodicidas en garrapatas de ganado bovino en municipios de Chiapas y Tabasco, México. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(2), 1–14. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.09>
- Del Castillo L., C., Pinedo V., R., Rodríguez I., L., & Chávez V., A. (2016). Evaluación de Tres Formulaciones Comerciales de Aplicación Pour on Bajo Condiciones de Campo y su Efecto in vitro en el Control de *Boophilus microplus* (Acarí: Ixodidae) en Bovinos de Ceja de Selva. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP*, 27(1), 145-157. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i1.11446>
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). Resistencia a los antiparasitarios. Estado actual con énfasis en América Latina. Roma. FAO <https://www.fao.org/4/y4813s/y4813s00.htm>
- Galindo-Soracá, A., Orlando Pulido-Medellín, M., & José García-Corredor, D. (2018). Efecto de *Beauveria bassiana* (ascomycota) en el control de *Rhipicephalus microplus* (arachnida: ixodida, ixodidae) resistente a ixodicidas. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinaria*, 28(5). https://www.researchgate.net/profile/Adriana-Galindo-Soraca2/publication/331729769_UNIVERSIDAD_DEL_ZULIA_REVISTA_CIENTIFICA_FACULTAD_DE_CIENCIAS_VETERINARIAS_DIVISION_DE_INVESTIGACION/links/5c89d2eaa6fdcc381752745e/UNIVERSIDAD-DEL-ZULIA-REVISTA-CIENTIFICA-FACULTAD-DE-CIENCIAS-VETERINARIAS-DIVISION-DE-INVESTIGACION.pdf#page=11
- Kashif, M., Islam, N., Alouffi, A., Zeb, A., Da, Silva, I., Tanaka, T y Ali, A. (2022). Resistencia a los acaricidas en las garrapatas: selección, diagnóstico, mecanismos y mitigación. *Microbiología de células frontales*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.94183>
- Lagunes R. y Bautista, C. (2019) El control inmunológico: Una alternativa contra garrapatas del ganado bovino. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* <https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2263>

- León, I., Lituma, N. y Veintimilla, G. (2022). Estudio situacional de la actividad ganadera en la parroquia Ayapamba, Cantón Atahualpa. *Revista Sociedad & Tecnología*, 5(S2), 443-457. <https://doi.org/10.51247/st.v5iS2.311>
- López, M. A. L., & Brizo-Murillo, J. M. (2022). Evaluación in vitro de cinco ixodicidas contra *Rhipicephalus microplus* en Catacamas, Olancho, Honduras. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2), e2463-e2463. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2463>
- Mendes, L., Green, M., Lino, D y Almeida, F. (2021). Estado de la resistencia de *Rhipicephalus microplus* a la ivermectina, el fipronil y el fluazurón en Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, 30(1). <https://doi.org/10.1590/S1984-296120201091>
- Nava, S, Morel, N, Mangold, AJ, & Guglielmone, AA. (2018). Un caso de resistencia de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) al fipronil detectado en pruebas de campo en el este de Santiago del Estero, Argentina. *Revista FAVE. Sección Ciencias veterinarias*, 17(1), 1-5. <https://doi.org/10.14409/favecv.v17i1.7158>
- Obaid, M., Islam, N., Alouffi, A., Khan, A., Vaz, I., Tanaka, T y Ali, A. (2022). Resistencia a los acaricidas en las garrapatas: selección, diagnóstico, mecanismos y mitigación. *Microbiología de células frontales*, 12. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9299439/>
- Pérez, A., Teel, P., Auclair, A., Messenger, M., Guerrero, F., Schuster, G y Miller, R. (2012). Se requiere una estrategia integrada para la erradicación sostenible de la garrapata del ganado en EE. UU. para mitigar el impacto del cambio global. *Front. Physiol.*, 3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00034>
- Rodríguez-Vivas, R., Hodgkinson, J y Trees, A. (2012). Resistencia a los acaricidas en *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: situación actual y mecanismos de resistencia. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000500004
- Rodríguez, R., Hodgkinson, J., y Trees, A. (2012). Resistencia a los acaricidas en *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: situación actual y mecanismos de resistencia. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(1), 9-24. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000500004&lng=es&tlng=es
- Raynal, J., Borges, A., Sousa, T., Campanharo, T., Meyer, R y Portela, R. (2013). Acaricides efficiency on *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* from Bahia state North-Central región. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, 22(1). <https://doi.org/10.1590/S1984-29612013005000006>
- Reck, J., Klafke, G., Webster, A., Dall'Agnol, B., Scheffer, R., Araújo, U., Bamberg, V., Vargas, R., Don Santos, J y De Souza, J. (2014). Primer informe de resistencia al fluazurón en *Rhipicephalus microplus*: una población de garrapatas de campo resistente a seis clases de acaricidas. *Parasitología veterinaria*, 201(1-2), 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.01.012>
- Saporiti, T., Losiewics, S., Trelles, A., Miraballes, C., Correa, F., y Cuore, U. (2021). Análisis del perfil de susceptibilidad de la garrapata *Rhipicephalus microplus* para cinco grupos químicos y factores asociados en poblaciones de campo del norte de Uruguay. *Veterinaria* (Montevideo), 57(215), e510. <https://doi.org/10.29155/vet.57.215.5>
- Santos, F y Vogel, F. (2012). Avaliação in vitro da ação do óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) sobre o carrapato bovino *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. *Rev. bras. plantas med.*, 14(4). <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000400020>

- Tofiño, A., Ortega, M., Pedraza, B., Perdomo, S. y Moya, D. (2018). Efectividad de *Beauveria bassiana* (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en el Departamento de la Guajira, Colombia. *Revista argentina de microbiología*, 50(4), 426-430. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2017.10.005>
- Vargas, D., Torres, M. y Pulido, M. (2019). Anaplasmosis y babesiosis: estudio actual. *Revista, Pensamiento y Acción*, (26), 45–60. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/9723