

UNIVERSIDAD CENTRAL DE NICARAGUA*“Agnitio Ad Verum Ducit”***PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

1.1 Título: Prevalencia y alteraciones hematológicas asociadas a Anaplasmosis en bovinos (*Bos Taurus*, L.) mediante análisis de laboratorio en muestras del municipio de Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte en el período de enero a junio del 2026

1.2 Autores:

Dr. Edgardo Salvador Jiménez Martínez

Dra. Ninoska Brigitte Martínez Alemán

1.3 Asesor: Dr. Eduardo Martin Bustamante Zamora

1.4 Institución: Universidad Central de Nicaragua

1.5 Fecha de presentación: 24 de Julio del 2026

2. Resumen

La anaplasmosis bovina, causada por bacterias del género *Anaplasma*, principalmente *Anaplasma marginale*, constituye una hemoparasitosis de gran importancia sanitaria y económica en regiones tropicales y subtropicales, afectando la productividad del ganado mediante anemia hemolítica, pérdida de peso y disminución de la producción láctea. El objetivo de esta investigación fue determinar la prevalencia de *Anaplasma* spp. y las alteraciones hematológicas asociadas en bovinos del municipio de Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua, una zona con condiciones climáticas favorables para los vectores y escasa información epidemiológica reciente. Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo, transversal y no experimental en una muestra de 43 bovinos seleccionados por conveniencia. A cada animal se le practicó hemograma completo y observación microscópica de frotis sanguíneo teñidos con Giemsa para la detección de hemoparásitos. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencial, utilizando pruebas t de Student para variables con distribución normal, U de Mann–Whitney para variables no paramétricas y chi-cuadrado de Pearson para evaluar asociaciones entre variables categóricas, con un nivel de significancia de $p < .05$. La prevalencia de *Anaplasma* spp. fue de 32.6 % (14/43). Los bovinos positivos presentaron valores promedio significativamente menores de hematocrito (28.54 %), hemoglobina (9.51 g/dL) y eritrocitos ($3.96 \times 10^6/\mu\text{L}$) en comparación con los animales negativos ($p < .001$), lo que evidencia anemia hemolítica asociada a la infección. No se encontró asociación estadísticamente significativa entre el sexo y la positividad al hemoparásito ($p > .05$). Se concluye que *Anaplasma* spp. circula activamente en los bovinos evaluados y se asocia con alteraciones hematológicas compatibles con anemia, lo que resalta la necesidad de fortalecer las medidas de vigilancia epidemiológica, control de vectores y manejo sanitario en la zona de estudio para mitigar el impacto de la enfermedad en la ganadería regional.

Palabras clave: Anaplasmosis bovina, hemoparásitos, hematocrito, prevalencia.

3. Índice de contenidos	
	Página
1. Portada	1
1.1. Título	1
1.2. Autores	1
1.3. Asesores	1
1.4. Instituciones	1
1.5. Fecha de presentación	1
2. Resumen	2
3. Índice de contenidos	3
4. Índice de tablas	4
5. Índice de figuras	4
6. Introducción	5
6.1. Antecedentes y contexto del problema	6
6.2. Objetivos (General y específicos)	8
6.3. Preguntas de investigación	8
6.4. Justificación	9
6.5. Limitaciones	9
6.6. Hipótesis	10
6.7. Variables	10
6.8. Marco Contextual	13
7. Marco teórico	14
7.1. Estado del arte	14
7.2. Teorías y conceptualizaciones asumidas	16
8. Métodos (diseño)	17
8.1. Tipo de investigación	17
8.2. Población y selección de la muestra	18
8.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados	19

8.4. Confiabilidad y validez de los instrumentos (formulación y validación)	20
8.5. Procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	21
9. Resultados y Discusión	23
10. Conclusiones	36
11. Referencias	36
12. Anexos o Apéndices	41

4. Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Características generales de la población bovina evaluada (n = 43)	23
Tabla 2. Prevalencia de <i>Anaplasma spp.</i> según sexo	26
Tabla 3. Parámetros hematológicos generales de los bovinos evaluados	28
Tabla 4. Comparación hematológica entre bovinos positivos y negativos a <i>Anaplasma spp.</i>	29
Tabla 5. Leucograma diferencial según positividad a <i>Anaplasma spp.</i>	33

5. Índice de figuras

	Página
Figura 1. Prevalencia de <i>Anaplasma spp.</i>	24

6. Introducción

La anaplasmosis bovina constituye una de las principales hemoparasitosis que afectan la salud y productividad del ganado en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Anaplasma*, siendo *Anaplasma marginale* la especie de mayor relevancia clínica y económica, la cual infecta exclusivamente los eritrocitos de los bovinos y desencadena un proceso de anemia hemolítica que se manifiesta clínicamente con pérdida de peso, disminución de la producción láctea, debilidad generalizada y, en casos severos, la muerte de los animales (Aubry & Geale, 2021). La transmisión del agente ocurre principalmente a través de garrapatas del género *Rhipicephalus*, que actúan como vectores biológicos, así como por procedimientos mecánicos que involucran sangre contaminada, como el uso de agujas compartidas, instrumentos de palpación y prácticas de manejo inadecuadas (Mauri Pablo et al., 2025).

En América Latina, la anaplasmosis bovina representa un problema sanitario de considerable importancia económica debido a la amplia distribución de los vectores y a las condiciones climáticas cálidas y húmedas que favorecen su desarrollo y perpetuación. Estudios recientes han demostrado que la enfermedad continúa circulando activamente en sistemas de producción extensivos, afectando tanto a bovinos de carne como de leche y generando pérdidas asociadas a la disminución del rendimiento productivo, el incremento de los costos de tratamiento y la mortalidad en animales susceptibles (Mauri Pablo et al., 2025; Pertile et al., 2025). La magnitud del impacto económico varía según la región y las prácticas de manejo, pero se estima que las pérdidas por anaplasmosis pueden ser sustanciales en hatos no controlados, especialmente durante los períodos de mayor actividad de los vectores (Montenegro Tavera, 2022).

El diagnóstico oportuno de la infección es fundamental para mitigar su impacto. Además de la detección directa del hemoparásito mediante observación microscópica de frotis sanguíneo, el análisis hematológico constituye una herramienta complementaria de gran valor para evaluar el impacto clínico de la infección sobre el hospedador. Los bovinos afectados por *Anaplasma* spp. suelen presentar una reducción significativa del hematocrito,

la hemoglobina y el recuento eritrocitario, alteraciones compatibles con procesos de anemia hemolítica que reflejan la destrucción de eritrocitos parasitados y la respuesta del sistema inmunológico (Mauri Pablo, et al., 2021; Delgado-Arellano y Hernandez-Jiménez, 2023). Por esta razón, la combinación del diagnóstico parasitológico y hematológico permite una caracterización epidemiológica más precisa de la enfermedad y facilita la toma de decisiones clínicas y sanitarias (WOAH, 2025).

En Nicaragua, la información científica actualizada sobre la prevalencia de *Anaplasma* spp. y sus alteraciones hematológicas asociadas es limitada, particularmente en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte. Si bien existen algunos estudios en regiones ganaderas del Pacífico y centro del país, como los realizados por Flores et al. (2024) en el municipio de León y por Hernández García y Abrego López (2024) en Camoapa, Boaco, la evidencia epidemiológica en la Costa Caribe es prácticamente inexistente. El municipio de Siuna, ubicado en esta región, presenta condiciones ambientales tropicales caracterizadas por alta humedad relativa, elevadas precipitaciones anuales y temperaturas cálidas durante todo el año, factores que favorecen la persistencia y transmisión de hemoparásitos bovinos (Oñate Bravo, 2015). Ante esta situación, resulta imperativo generar evidencia epidemiológica reciente que contribuya al diseño de estrategias de prevención, vigilancia y control sanitario adaptadas a las condiciones locales.

La presente investigación tiene como propósito determinar la prevalencia de *Anaplasma* spp. y evaluar las alteraciones hematológicas asociadas en bovinos del municipio de Siuna mediante análisis de laboratorio, aportando información útil para productores, médicos veterinarios, estudiantes e instituciones relacionadas con el sector pecuario nacional. Los hallazgos de este estudio permitirán establecer una línea base epidemiológica en una región donde la información es escasa, y servirán como fundamento para la implementación de medidas de control basadas en evidencia científica.

6.1 Antecedentes y contexto del problema

La anaplasmosis bovina es considerada una enfermedad endémica en numerosas regiones tropicales y subtropicales del mundo, con prevalencias que varían considerablemente dependiendo de las condiciones ambientales, la presencia y densidad de

vectores, las prácticas de manejo sanitario y la inmunidad de la población bovina. Investigaciones recientes reportan que la infección por *Anaplasma* spp. es un hallazgo frecuente en sistemas de producción de países como Brasil, Colombia, Argentina, México y Cuba, entre otros (Muñoz-Guarniz et al., 2017; Montenegro Tavera, 2022; Pertile et al., 2025).

En Brasil, Mauri Pablo et al. (2025) identificaron una alta frecuencia de bovinos positivos a *Anaplasma marginale* en la región amazónica, observando además una disminución significativa del hematocrito y la hemoglobina en los animales infectados, con valores promedio de 25.3 % y 8.9 g/dL respectivamente, lo que evidencia el impacto hematológico de la infección. De manera similar, Mauri Pablo et al., (2025) reportaron una circulación activa de *Anaplasma* spp. en sistemas de producción bovina tropical en Colombia, destacando que la infección se asocia con pérdidas económicas derivadas de anemia crónica, reducción de la ganancia de peso y disminución de la productividad láctea. Pertile et al. (2025), en un estudio longitudinal de 20 años en Argentina, documentaron que la anaplasmosis y la babesiosis son endémicas en la región de Corrientes, con brotes recurrentes asociados a condiciones climáticas favorables para los vectores.

En Centroamérica, la situación epidemiológica es similar. Muñoz-Guarniz et al. (2017) encontraron una prevalencia general del 48.57 % para *Anaplasma marginale* en bovinos de Cuba, sin diferencias significativas entre sexos. En Nicaragua, los estudios epidemiológicos sobre hemoparásitos bovinos son escasos y se concentran principalmente en algunas regiones ganaderas del Pacífico y centro del país. Flores et al. (2024) reportaron una prevalencia del 33.82 % para *A. marginale* en el municipio de León, mediante técnicas de PCR, mientras que Hernández García y Abrego López (2024) documentaron una prevalencia general de hematozoarios del 29.72 % en Camoapa, Boaco, con *A. marginale* presente en el 19.34 % de los animales evaluados. Sin embargo, en la Costa Caribe Norte, particularmente en el municipio de Siuna, existe muy poca información actualizada sobre la magnitud de la infección por *Anaplasma* spp. y su repercusión hematológica, lo que limita el establecimiento de programas de vigilancia y control basados en evidencia científica local.

Esta brecha de conocimiento es preocupante, dado que la región Caribe de Nicaragua presenta condiciones agroecológicas que favorecen la presencia de garrapatas vectores y, por ende, la transmisión de hemoparásitos. La ausencia de datos epidemiológicos recientes impide a las autoridades sanitarias y a los productores tomar decisiones informadas para el control de la enfermedad, lo que perpetúa las pérdidas productivas y el impacto económico en una de las zonas ganaderas más vulnerables del país.

6.2 Objetivos

Objetivo general

Determinar la prevalencia de *Anaplasma* spp. y las alteraciones hematológicas asociadas en bovinos del municipio de Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua, mediante análisis de laboratorio.

Objetivos específicos

1. Determinar la prevalencia de *Anaplasma* spp. en los bovinos evaluados.
2. Describir los parámetros hematológicos de la población bovina estudiada.
3. Comparar los valores de hematocrito, hemoglobina y eritrocitos entre bovinos positivos y negativos a *Anaplasma* spp.
4. Evaluar la asociación entre sexo y positividad a *Anaplasma* spp.

6.3 Preguntas de investigación

¿Cuál es la prevalencia de *Anaplasma* spp. en los bovinos evaluados en el municipio de Siuna?

¿Qué alteraciones hematológicas presentan los bovinos positivos a *Anaplasma* spp.?

¿Existen diferencias significativas en hematocrito, hemoglobina y eritrocitos entre bovinos positivos y negativos?

¿Existe asociación entre el sexo del bovino y la positividad a *Anaplasma* spp.?

6.4 Justificación

La producción bovina constituye una actividad económica fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo pecuario de Nicaragua, generando empleo e ingresos para miles de familias en el sector rural. Sin embargo, las hemoparasitosis representan una limitante sanitaria de primer orden debido a las pérdidas productivas ocasionadas por anemia, disminución de la producción de leche y carne, retraso en el crecimiento, aumento de los costos de tratamiento y, en casos severos, mortalidad (Mauri Pablo et al., 2025; Aubry & Geale, 2021). En regiones tropicales como la Costa Caribe Norte, estas pérdidas pueden ser aún mayores debido a las condiciones ambientales que favorecen la presencia de vectores.

La presente investigación permitirá generar información epidemiológica actualizada sobre la prevalencia de *Anaplasma* spp. en bovinos del municipio de Siuna y describir las alteraciones hematológicas asociadas a la infección. Los resultados servirán como base científica para fortalecer estrategias de prevención, vigilancia y control sanitario en explotaciones bovinas de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, y contribuirán a reducir el impacto económico y sanitario de la enfermedad en la región. Asimismo, el estudio posee relevancia académica y veterinaria, ya que contribuirá al conocimiento de las hemoparasitosis bovinas en Nicaragua, una temática poco abordada en la literatura nacional, y proporcionará información útil para médicos veterinarios, productores, estudiantes e instituciones vinculadas al sector agropecuario nacional. Además, los hallazgos podrán ser utilizados como línea base para futuras investigaciones que aborden la dinámica de transmisión, los factores de riesgo y las estrategias de control de la anaplasmosis en la región.

6.5 Limitaciones

Limitada disponibilidad de estudios recientes sobre anaplasmosis bovina en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, lo que dificulta la comparación de los hallazgos con investigaciones locales previas.

Variabilidad en las condiciones de manejo sanitario y control de garrapatas entre las explotaciones evaluadas, lo que podría influir en la exposición y prevalencia de la infección.

Posible subestimación de casos con baja parasitemia debido a las limitaciones inherentes al diagnóstico microscópico, el cual tiene sensibilidad reducida en comparación con técnicas moleculares como la PCR.

Restricciones logísticas y económicas para ampliar el tamaño muestral y la cobertura territorial del estudio, lo que limita la generalización de los resultados a toda la región.

El diseño transversal no permite evaluar la dinámica temporal de la infección ni diferenciar entre infecciones agudas y crónicas.

6.6 Hipótesis

Hipótesis de investigación (Ha)

Existe una prevalencia significativa de *Anaplasma* spp. en bovinos del municipio de Siuna, asociada con alteraciones hematológicas compatibles con anemia hemolítica.

Hipótesis nula (Ho)

No existe una prevalencia significativa de *Anaplasma* spp. en bovinos del municipio de Siuna ni alteraciones hematológicas asociadas a la infección.

6.7 Variables

En la presente investigación se evaluaron variables epidemiológicas y hematológicas relacionadas con la infección por *Anaplasma* spp. en bovinos del municipio de Siuna. Las variables fueron clasificadas en dependiente e independientes, de acuerdo con su función dentro del análisis estadístico.

Variable dependiente: Positividad a *Anaplasma* spp. (positivo/negativo)

Corresponde al resultado obtenido mediante la observación microscópica del frotis sanguíneo. Esta variable indica la presencia o ausencia del hemoparásito en el animal evaluado y constituye el principal indicador epidemiológico del estudio, ya que permitió determinar la prevalencia de la infección y comparar las alteraciones hematológicas entre bovinos positivos y negativos.

Variables independientes

Sexo del bovino

Variable cualitativa nominal clasificada en macho y hembra. Se incluyó para evaluar si existía asociación entre el sexo y la positividad a *Anaplasma spp.*, considerando posibles diferencias de manejo, exposición a vectores y susceptibilidad biológica.

Edad del bovino

Variable cuantitativa expresada en años. La edad se consideró relevante debido a que la exposición acumulativa a garrapatas y otros mecanismos de transmisión puede incrementar el riesgo de infección en animales adultos.

Hematocrito (%)

Porcentaje del volumen sanguíneo ocupado por eritrocitos. Es uno de los principales indicadores de anemia y permitió evaluar el impacto de la infección por *Anaplasma spp.* sobre la masa eritrocitaria circulante.

Hemoglobina (g/dL)

Concentración de hemoglobina presente en la sangre. Esta variable refleja la capacidad de transporte de oxígeno y su disminución es característica de procesos de anemia hemolítica asociados a la anaplasmosis bovina.

Eritrocitos ($10^6/\mu\text{L}$)

Recuento total de glóbulos rojos por microlitro de sangre. Se utilizó para cuantificar la magnitud de la reducción eritrocitaria ocasionada por la destrucción de eritrocitos inducida por el hemoparásito.

Leucocitos totales (μL)

Recuento total de glóbulos blancos. Esta variable permitió evaluar la respuesta inmunológica general del organismo frente a la infección y detectar posibles procesos inflamatorios asociados.

Plaquetas (μL)

Recuento total de plaquetas sanguíneas. Su evaluación fue importante para identificar posibles alteraciones hematológicas secundarias relacionadas con procesos infecciosos o inflamatorios.

Neutrófilos (%)

Porcentaje relativo de neutrófilos dentro del leucograma. Se analizó como indicador de respuesta inflamatoria aguda o de activación del sistema inmunitario innato.

Linfocitos (%)

Porcentaje relativo de linfocitos. Esta variable permitió valorar la participación de la respuesta inmunitaria adaptativa frente a la infección por *Anaplasma spp.*

Eosinófilos (%)

Porcentaje relativo de eosinófilos. Se incluyó debido a que el incremento de estas células puede estar relacionado con procesos parasitarios o reacciones inmunológicas asociadas a la presencia de hemoparásitos.

Monocitos (%)

Porcentaje relativo de monocitos. Esta variable se utilizó para evaluar la activación del sistema fagocítico y la respuesta inflamatoria crónica vinculada a infecciones hemoparasitarias.

6.8 Marco contextual

El estudio se desarrolló en el municipio de Siuna, ubicado en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua. Esta región se caracteriza por presentar un clima tropical húmedo, con temperaturas promedio anuales que oscilan entre 24 y 28 °C, precipitaciones anuales que superan los 2,500 mm y una humedad relativa que frecuentemente alcanza valores superiores al 80 % (INETER, 2023). Estas condiciones climáticas, sumadas a la presencia de extensas áreas de bosque húmedo tropical y una biodiversidad de artrópodos considerable, crean un entorno ecológico especialmente favorable para el desarrollo y supervivencia de garrapatas del género *Rhipicephalus* y otros vectores hematófagos responsables de la transmisión de hemoparásitos como *Anaplasma spp.* (Pertile et al., 2025). La actividad ganadera en el municipio de Siuna se basa predominantemente en sistemas de producción extensivos, donde los bovinos permanecen en pastoreo continuo durante largos períodos en potreros con escasa rotación y limitado manejo sanitario. Este tipo de manejo, característico de la ganadería de la Costa Caribe Norte, incrementa significativamente la exposición de los animales a los vectores hematófagos y facilita la transmisión de agentes patógenos como *Anaplasma spp.* y *Babesia spp.* (Mauri Pablo et al., 2025; Montenegro Tavera, 2022). Además, las limitadas prácticas de control de garrapatas, el acceso restringido a servicios veterinarios y la baja frecuencia de diagnósticos de laboratorio contribuyen a la perpetuación de la infección en los hatos (Flores et al., 2024).

Las muestras analizadas en el presente estudio correspondieron a bovinos procedentes de explotaciones ganaderas del municipio, evaluados mediante análisis de laboratorio durante el período de estudio. La información generada permite caracterizar la situación epidemiológica de la anaplasmosis bovina en una zona donde existe escasa evidencia científica reciente sobre esta enfermedad. Los hallazgos obtenidos proporcionan una línea base fundamental para futuras investigaciones y para el diseño de estrategias de

prevención y control adaptadas a las condiciones particulares de la región (Hernández García & Abrego López, 2024).

7. Marco teórico

7.1 Estado del arte

En los últimos años, la anaplasmosis bovina ha sido reconocida como una de las hemoparasitosis de mayor impacto en la producción pecuaria tropical debido a su amplia distribución geográfica y a las pérdidas económicas asociadas con disminución de la productividad, anemia, abortos y mortalidad en animales susceptibles (Aubry & Geale, 2021). Diversas investigaciones han demostrado que *Anaplasma marginale* continúa circulando activamente en sistemas de producción bovina de América Latina, favorecida por la presencia de garrapatas vectores y por las condiciones ambientales cálidas y húmedas características de las regiones tropicales (Mauri Pablo et al., 2025; Pertile et al., 2025). La enfermedad afecta tanto a bovinos de carne como de leche, y su impacto económico se estima en millones de dólares anuales debido a la reducción de la producción, los costos de tratamiento y la mortalidad (Montenegro Tavera, 2022). Estudios recientes han evidenciado que la prevalencia de la infección por *Anaplasma* spp. puede variar considerablemente entre explotaciones ganaderas, dependiendo de factores como el manejo sanitario, la frecuencia de control de garrapatas, la densidad animal y la presencia de animales portadores (Flores et al., 2024). En Brasil, Mauri Pablo et al. (2025) documentaron una alta frecuencia de bovinos positivos a *A. marginale* en la región amazónica, con prevalencias que superaban el 40 % en algunos hatos, y observaron alteraciones hematológicas significativas caracterizadas por anemia hemolítica. De manera similar, Muñoz-Guarniz et al. (2017) reportaron una prevalencia general del 48.57 % en Cuba, sin diferencias significativas entre sexos, lo que refuerza la idea de que la infección afecta de manera similar a machos y hembras en condiciones de campo.

Además de la detección del hemoparásito, se ha documentado que los bovinos infectados presentan alteraciones hematológicas importantes, especialmente disminución del hematocrito, hemoglobina y eritrocitos, compatibles con procesos de anemia hemolítica asociados a la destrucción eritrocitaria causada por el hemoparásito y la respuesta

inmunológica del hospedador (Delgado-Arellano y Hernandez-Jiménez, 2023). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de integrar el hemograma dentro de los estudios epidemiológicos de hemoparasitosis bovinas, ya que permite evaluar no solo la presencia del agente infeccioso, sino también la magnitud de sus efectos fisiopatológicos sobre el hospedador (WOAH, 2025). La investigación desarrollada por Aubry y Geale (2021) señala que la anaplasmosis bovina continúa representando un desafío sanitario importante para la medicina veterinaria debido a la persistencia de animales portadores asintomáticos, que actúan como reservorios de la infección, y a la dificultad para interrumpir completamente el ciclo de transmisión en regiones endémicas. Asimismo, los autores destacan la importancia del diagnóstico oportuno mediante métodos parasitológicos (microscopía de frotis sanguíneo) y hematológicos (hemograma completo) para reducir el impacto productivo de la enfermedad y orientar las decisiones de tratamiento y control.

En el contexto latinoamericano, diferentes trabajos han reportado asociación entre la infección por *Anaplasma* spp. y alteraciones hematológicas compatibles con anemia regenerativa o hemolítica. En Colombia, Montenegro Tavera (2022) identificó que los bovinos positivos a hemoparásitos presentaban valores de hematocrito y hemoglobina significativamente menores que los negativos, lo que coincide con los hallazgos de Mauri Pablo et al., (2025) en sistemas de producción tropical. En Argentina, Pertile et al. (2025), en un estudio longitudinal de 20 años, documentaron que la anaplasmosis es endémica en la región de Corrientes, con brotes recurrentes asociados a condiciones climáticas favorables para los vectores, y destacaron la importancia del monitoreo hematológico para la detección temprana de casos clínicos. En Nicaragua, la información científica reciente sobre anaplasmosis bovina es limitada, particularmente en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte. Flores et al. (2024) realizaron un estudio en el municipio de León, en el Pacífico de Nicaragua, y encontraron una prevalencia del 33.82 % para *A. marginale* mediante PCR, mientras que Hernández García y Abrego López (2024) documentaron una prevalencia general de hematozoarios del 29.72 % en Camoapa, Boaco. Sin embargo, en la Costa Caribe Norte no existen estudios epidemiológicos actualizados que permitan conocer la situación sanitaria real del ganado bovino con respecto a la anaplasmosis. La ausencia de esta información limita el diseño de estrategias de prevención y control basadas en

evidencia científica local y perpetúa las pérdidas económicas en una de las regiones ganaderas más vulnerables del país.

Por ello, la presente investigación contribuye a generar información epidemiológica y hematológica actualizada sobre la infección por *Anaplasma* spp. en bovinos del municipio de Siuna, llenando un vacío de conocimiento en una región donde la enfermedad es endémica pero escasamente estudiada. Los resultados obtenidos permitirán establecer una línea base para futuras investigaciones y servirán como fundamento para la implementación de medidas de control sanitario en la zona.

7.2 Teorías y conceptualizaciones asumidas

La presente investigación se fundamenta en la teoría epidemiológica de las enfermedades infecciosas, la cual establece que la ocurrencia y distribución de una enfermedad depende de la interacción dinámica entre el agente causal, el hospedador y el ambiente (triada epidemiológica). En el caso de la anaplasmosis bovina, el agente corresponde a bacterias del género *Anaplasma*, principalmente *A. marginale*, el hospedador es el bovino (*Bos taurus* y *Bos indicus*), y el ambiente incluye factores climáticos, ecológicos y de manejo que favorecen la presencia y actividad de garrapatas vectores (Aubry & Geale, 2021). Esta teoría proporciona el marco conceptual para comprender los factores que determinan la prevalencia de la infección y su distribución espacial en la población estudiada.

Desde el enfoque parasitológico y hematológico, la infección por *Anaplasma* spp. se caracteriza por la invasión y multiplicación del agente dentro de los eritrocitos del hospedador, seguida de la destrucción de estas células sanguíneas por mecanismos inmunomediados y por fragilidad osmótica. Este proceso fisiopatológico provoca una disminución progresiva del hematocrito, la hemoglobina y el recuento eritrocitario, lo que constituye la base conceptual para evaluar la relación entre la positividad al hemoparásito y los cambios hematológicos observados en los bovinos estudiados (Mauri Pablo et al. 2025; Delgado-Arellano y Hernandez-Jiménez, 2023). La anemia resultante puede ser regenerativa o hemolítica, dependiendo de la capacidad de la médula ósea para compensar la pérdida de eritrocitos y del grado de destrucción celular.

Se asume además el concepto de prevalencia como la proporción de individuos infectados dentro de una población determinada durante un período específico. Este indicador epidemiológico, expresado comúnmente como porcentaje, permite cuantificar la magnitud del problema sanitario en la población estudiada y comparar la frecuencia de infección entre diferentes grupos poblacionales, como machos y hembras, o entre diferentes categorías etarias (Montenegro Tavera, 2022). La prevalencia puntual, calculada en un estudio transversal como el presente, refleja la carga de enfermedad existente en un momento dado y es útil para la planificación de intervenciones sanitarias.

En cuanto al análisis hematológico, se consideran como indicadores principales de anemia el hematocrito, la concentración de hemoglobina y el recuento de eritrocitos. Estos parámetros, obtenidos mediante un hemograma completo, reflejan la masa eritrocitaria circulante y la capacidad de transporte de oxígeno del organismo. La reducción de estos parámetros en animales positivos a *Anaplasma* spp. constituye evidencia de compromiso hematológico asociado a la infección y permite evaluar la severidad de la anemia (WOAH, 2025). Además, el leucograma diferencial (neutrófilos, linfocitos, eosinófilos, monocitos) proporciona información sobre la respuesta inmunológica del hospedador frente a la infección y puede revelar alteraciones asociadas a procesos inflamatorios o parasitarios concomitantes (Reddy et al., 2023).

Finalmente, la investigación adopta el enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, en el cual las variables son medidas objetivamente mediante análisis de laboratorio y posteriormente analizadas mediante procedimientos estadísticos que permiten identificar diferencias significativas entre bovinos positivos y negativos. Este enfoque metodológico es coherente con los estándares de la investigación epidemiológica y permite generar evidencia científica robusta sobre la relación entre la infección por *Anaplasma* spp. y las alteraciones hematológicas asociadas (Flores et al., 2024; Hernández García & Abrego López, 2024).

8. Métodos (diseño)

8.1 Tipo de investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se recopilieron y analizaron datos numéricos relacionados con la prevalencia de *Anaplasma* spp. y los parámetros hematológicos de los bovinos evaluados, lo que permitió establecer relaciones estadísticas entre las variables de interés (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El estudio fue de tipo descriptivo, dado que permitió caracterizar la frecuencia de infección por el hemoparásito y describir las alteraciones hematológicas observadas en la población estudiada, sin establecer relaciones causales. Asimismo, la investigación fue de corte transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un único período de tiempo (enero a marzo de 2026), permitiendo evaluar la situación epidemiológica existente al momento del estudio (Thrusfield, 2018). También correspondió a un diseño no experimental, puesto que las variables fueron observadas y analizadas sin manipulación directa por parte de los investigadores, lo que es característico de los estudios epidemiológicos observacionales (Argimon & Jiménez, 2019). El estudio se desarrolló mediante análisis de laboratorio en muestras sanguíneas de bovinos procedentes del municipio de Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua, siguiendo los principios de la epidemiología descriptiva para estimar la prevalencia de una enfermedad en una población definida (Dohoo et al., 2014).

8.2 Población y selección de la muestra

Población

La población estuvo constituida por todos los bovinos pertenecientes a explotaciones ganaderas del municipio de Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua, durante el período de estudio. La población objetivo correspondió a bovinos de diferentes edades, sexos y razas, manejados bajo sistemas de producción extensivos, que es el sistema predominante en la región (Flores et al., 2024; Hernández García & Abrego López, 2024).

Muestra

La muestra estuvo conformada por 43 bovinos, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad a las explotaciones

ganaderas, la disposición de los productores para participar en la investigación y la factibilidad logística para la toma de muestras. Este tipo de muestreo es común en estudios epidemiológicos realizados en condiciones de campo con recursos limitados, especialmente en regiones de difícil acceso como la Costa Caribe Norte de Nicaragua (Thrusfield, 2018). Aunque el tamaño muestral fue reducido, se consideró suficiente para detectar diferencias estadísticamente significativas en los parámetros hematológicos entre grupos, basado en estudios previos con tamaños de muestra similares (Mauri Pablo et al. 2025; Flores et al., 2024).

Los criterios de inclusión fueron: (a) bovinos aparentemente sanos o con signos clínicos compatibles con anaplasmosis, (b) animales de cualquier edad y sexo, (c) procedentes de explotaciones ganaderas del municipio de Siuna, y (d) con autorización del propietario para la toma de muestra.

Los criterios de exclusión incluyeron: (a) animales que hubieran recibido tratamiento con antibióticos o antiparasitarios en los 30 días previos al muestreo, y (b) animales con signos clínicos de otras enfermedades que pudieran confundir los resultados hematológicos.

A cada animal seleccionado se le obtuvo una muestra sanguínea para la realización de hemograma completo y observación microscópica de hemoparásitos. Los bovinos fueron clasificados según sexo (macho/hembra) y resultado parasitológico (positivo o negativo a *Anaplasma* spp.), tal como se describe en la sección de variables (apartado 6.7).

8.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados

La técnica principal de recolección de datos fue el análisis hematológico y parasitológico sanguíneo, siguiendo protocolos estandarizados para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos (WOAH, 2025). Las muestras sanguíneas fueron obtenidas mediante venopunción de la vena yugular externa, utilizando agujas estériles de calibre 18 G y tubos con anticoagulante EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) para la conservación de la sangre, siguiendo las normas de bioseguridad y bienestar animal establecidas para procedimientos de muestreo en bovinos (AVMA, 2020).

Para el diagnóstico de *Anaplasma* spp. se realizó la observación microscópica de frotis sanguíneos teñidos con la técnica de Giemsa, que es el método estándar y más accesible para la detección de hemoparásitos en condiciones de campo (Aubry & Geale, 2021). La tinción de Giemsa permite identificar estructuras compatibles con el hemoparásito en los eritrocitos, observando cuerpos redondos u ovoides de 0.3-1.0 μm de diámetro, de color basófilo, típicos de *Anaplasma marginale* (Mauri Pablo et al. 2025). La lectura de los frotis se realizó con un microscopio óptico utilizando objetivo de inmersión (100 $\times$), examinando un mínimo de 200 campos para considerar una muestra como negativa, según las recomendaciones de la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, 2025).

Paralelamente, se efectuó un hemograma completo utilizando un analizador hematológico automático (Mindray®-BC-6200), obteniendo los siguientes parámetros: hematocrito (%), hemoglobina (g/dL), eritrocitos ($10^6/\mu\text{L}$), leucocitos totales (μL), plaquetas (μL), neutrófilos (%), linfocitos (%), eosinófilos (%) y monocitos (%). Los valores de referencia para bovinos fueron tomados de las tablas del Manual MSD de Veterinaria (2026) y de Wikivet (2023), que establecen rangos para hematocrito (24-46 %), hemoglobina (8-15 g/dL), eritrocitos ($5.0\text{-}10.0 \times 10^6/\mu\text{L}$), leucocitos (4,000-12,000 μL) y plaquetas (100,000-800,000 μL).

Como instrumento de recolección se utilizó una ficha de registro diseñada por los investigadores, en la cual se documentaron los datos de identificación del animal (número de arete o identificación), sexo, edad estimada (años), y los resultados de laboratorio (hemograma y diagnóstico parasitológico). Esta ficha permitió la sistematización de la información y facilitó el posterior análisis estadístico (Hernández-García & Abrego-López, 2024).

8.4 Confiabilidad y validez de los instrumentos (formulación y validación)

La validez de los instrumentos estuvo fundamentada en la utilización de procedimientos diagnósticos reconocidos internacionalmente en medicina veterinaria para la detección de hemoparásitos y la evaluación hematológica de bovinos. La observación microscópica de frotis sanguíneo teñidos con Giemsa y el hemograma completo son

técnicas ampliamente empleadas, validadas y estandarizadas para el diagnóstico y monitoreo de enfermedades hemoparasitarias, como lo respaldan la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, 2025) y múltiples estudios epidemiológicos (Mauri Pablo et al., 2025; Flores et al., 2024). La ficha de registro fue sometida a revisión por pares y ajustada según las recomendaciones de expertos en epidemiología veterinaria para garantizar la claridad, pertinencia y exhaustividad de los datos recopilados.

La confiabilidad del estudio se garantizó mediante la aplicación estandarizada de los procedimientos de toma, conservación y procesamiento de las muestras sanguíneas. Todas las muestras fueron analizadas bajo las mismas condiciones de laboratorio, utilizando los mismos reactivos, tiempos de tinción y criterios morfológicos uniformes para la identificación de *Anaplasma* spp., lo que minimiza la variabilidad interobservador (Thrusfield, 2018). Además, se estableció un control de calidad interno mediante la revisión aleatoria del 10 % de los frotis por un segundo observador entrenado, para verificar la concordancia en el diagnóstico, siguiendo las recomendaciones de Dohoo et al. (2014).

Asimismo, los equipos y materiales utilizados en el procesamiento hematológico (analizador hematológico, microscopio, reactivos) fueron calibrados y verificados previamente según las especificaciones del fabricante, y se realizaron controles de calidad diarios para asegurar la consistencia y precisión de las mediciones obtenidas (Sigua Ochoa, 2019). Esta estandarización permitió reducir los sesgos de medición y aumentar la reproducibilidad de los resultados.

8.5 Procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos fueron registrados en una base de datos elaborada en Microsoft Excel 365, y posteriormente exportados al software estadístico IBM SPSS Statistics versión 25.0 para su procesamiento y análisis. La información fue organizada y procesada mediante estadística descriptiva e inferencial, siguiendo un plan de análisis predefinido (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Para las variables cualitativas (sexo y positividad a *Anaplasma* spp.) se calcularon frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%), y se presentaron en tablas de contingencia. La prevalencia de *Anaplasma* spp. se determinó mediante la fórmula: $\text{Prevalencia (\%)} = (\text{Número de animales positivos} / \text{Número total de animales})$

evaluados) $\times 100$. Este indicador epidemiológico permitió cuantificar la magnitud de la infección en la población estudiada (Thrusfield, 2018). El intervalo de confianza del 95 % para la prevalencia se calculó utilizando el método de Wilson, que es apropiado para proporciones con tamaños muestrales moderados (Newcombe, 1998).

Para las variables cuantitativas (hematocrito, hemoglobina, eritrocitos, leucocitos y plaquetas) se calcularon medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar, valores mínimos y máximos), que se presentaron en tablas resumen. La normalidad de la distribución de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, considerando un nivel de significancia de $p > 0.05$ para aceptar la distribución normal (Hazra & Gogtay, 2016).

Las comparaciones entre bovinos positivos y negativos se realizaron mediante: Prueba t de Student para muestras independientes: aplicada a variables con distribución aproximadamente normal (hematocrito, hemoglobina y eritrocitos), previa verificación de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene (Hazra & Gogtay, 2016). Prueba U de Mann-Whitney: utilizada para variables con distribución no normal o con alta dispersión (leucocitos y plaquetas), que es una prueba no paramétrica adecuada para comparar dos grupos independientes cuando no se cumplen los supuestos de la prueba t (Dohoo et al., 2014).

Prueba de chi-cuadrado de Pearson: empleada para evaluar la asociación entre sexo y positividad a *Anaplasma* spp., utilizando tablas de contingencia 2×2 y calculando el estadístico χ^2 con la corrección de Yates cuando fue necesario (Thrusfield, 2018). Se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$ para todas las pruebas, lo que es el estándar en la investigación biomédica y epidemiológica (Hazra & Gogtay, 2016). Los resultados fueron presentados mediante tablas y figuras en formato APA 7 (American Psychological Association, 2020), facilitando la interpretación epidemiológica y hematológica de la población bovina estudiada.

8.6 Consideraciones éticas

El presente estudio se realizó siguiendo los principios de bienestar animal establecidos por la American Veterinary Medical Association (AVMA, 2020) y las normativas nacionales de Nicaragua para la investigación con animales. Se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios de los animales antes de la toma de muestras, garantizando la confidencialidad de los datos y el manejo ético de la información. Los procedimientos de venopunción fueron realizados por personal veterinario capacitado, minimizando el estrés y el dolor en los animales, y asegurando que las muestras se obtuvieran de manera segura y con el menor impacto posible sobre el bienestar animal (AVMA, 2020). El estudio no implicó procedimientos invasivos más allá de la extracción sanguínea, y los animales no fueron sometidos a ninguna intervención experimental adicional.

9. Resultados y Discusión

9.1 Características generales de bovinos evaluados por sexo y prevalencia de *Anaplasma spp.*

En el presente estudio se evaluaron 43 bovinos provenientes de explotaciones ganaderas del municipio de Siuna, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua. La distribución por sexo de la población muestreada se presenta en la Tabla 1.

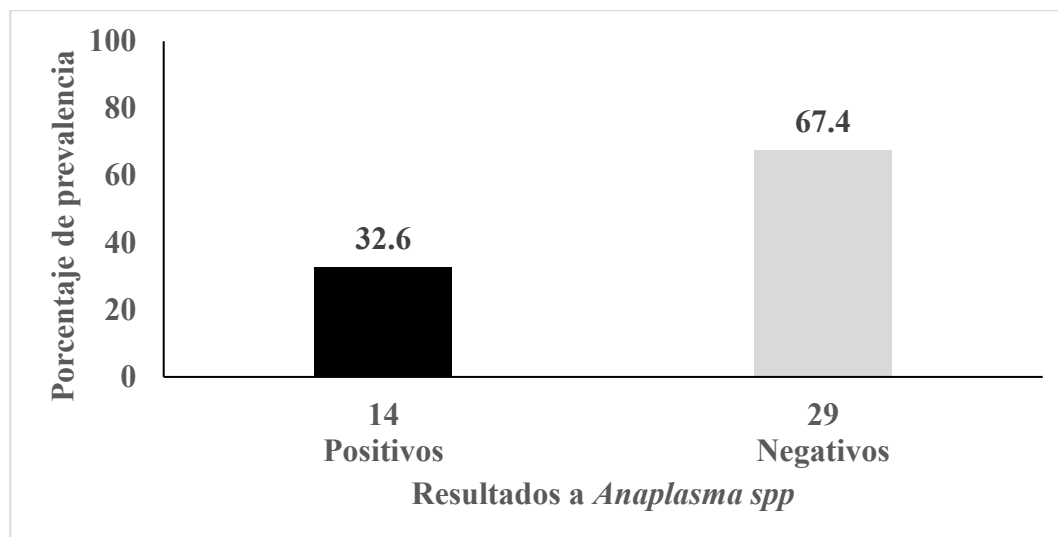
Tabla 1. Características generales de la población bovina evaluada (n = 43)

Variable	n	%
Hembras	34	79.1
Machos	9	20.9
Total	43	100

La muestra estuvo conformada predominantemente por hembras (79.1 %), lo cual refleja la composición típica de los hatos ganaderos de la región, donde la mayoría de los animales en producción son vientres. La prevalencia global de *Anaplasma spp.* determinada

mediante observación microscópica de frotis sanguíneo fue del 32.6 % (14/43), tal como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Prevalencia de *Anaplasma spp.*



Nota. La prevalencia se calculó como (número de positivos / total de animales evaluados) × 100.

Este hallazgo indica que aproximadamente uno de cada tres bovinos evaluados presentaba infección activa por *Anaplasma spp.* al momento del muestreo, lo que evidencia una circulación activa del hemoparásito en la población estudiada. La prevalencia global de *Anaplasma spp.* del 32.6 % encontrada en el municipio de Siuna se encuentra dentro del rango reportado en otros estudios realizados en Nicaragua y en la región centroamericana. Flores et al. (2024) , en un estudio realizado en el municipio de León, Nicaragua, reportaron una prevalencia de *Anaplasma marginale* del 33.82 % mediante técnicas de PCR en una muestra de 68 bovinos, un valor casi idéntico al encontrado en la presente investigación, lo que sugiere que la infección por *Anaplasma spp.* es un problema sanitario común en diferentes regiones del país, independientemente de las condiciones geográficas particulares. Asimismo, Hernández García y Abrego López (2024) , en un estudio realizado en la comunidad Panamerica, municipio de Camoapa, Boaco, Nicaragua, encontraron una prevalencia general de hematozoarios del 29.72 %, con *Anaplasma marginale* presente en

el 19.34 % de los animales evaluados, valores que corroboran la circulación activa del hemoparásito en el territorio nicaragüense.

La prevalencia observada en Siuna (32.6 %) es ligeramente superior a la reportada en otras zonas del país y se asemeja a lo documentado por Oñate Bravo (2015) en Ecuador, quien reportó una prevalencia del 23.1 % para *Anaplasma* spp. en bovinos de producción, y por Muñoz-Guarniz et al. (2017) en Cuba, donde encontraron una prevalencia general del 48.57 % para *Anaplasma marginale*. Estas variaciones en las prevalencias reportadas pueden atribuirse a diferencias en las condiciones climáticas, la presencia y densidad de vectores, las prácticas de manejo sanitario, así como a la sensibilidad de las técnicas diagnósticas empleadas.

Las condiciones ambientales del municipio de Siuna, caracterizadas por clima tropical húmedo con altas precipitaciones, humedad relativa elevada y temperaturas cálidas, constituyen un factor determinante para la persistencia y transmisión de *Anaplasma* spp. Pertile et al. (2025) , en un estudio de 20 años en Argentina, documentaron que las condiciones climáticas de alta humedad y temperaturas superiores a 30 °C se asocian con un aumento de la actividad de los vectores y una mayor frecuencia de brotes de anaplasmosis, lo que es consistente con las condiciones ambientales de la región de Siuna. De manera similar, Montenegro Tavera (2022) señala que las características climáticas de las áreas tropicales generan nichos ecológicos que contribuyen al desarrollo de diferentes especies de artrópodos vectores de hemoparásitos, favoreciendo así la transmisión y el mantenimiento de la infección en los hatos bovinos.

La transmisión de *Anaplasma* spp. en la región ocurre principalmente a través de garrapatas del género *Rhipicephalus*, que son los vectores biológicos más importantes, así como por procedimientos mecánicos que involucran sangre contaminada y por insectos hematófagos como tábanos. Aubry y Geale (2021) destacan que la transmisión por garrapatas es el mecanismo más relevante en regiones endémicas, mientras que la transmisión mecánica adquiere importancia en sistemas de producción intensivos donde se realizan prácticas como la palpación rectal, la castración y la administración de medicamentos con agujas contaminadas. Mauri Pablo et al., (2025), por su parte, enfatizan

que los sistemas de producción extensivos, como los predominantes en Siuna, donde los bovinos permanecen en pastoreo continuo, incrementan la exposición de los animales a los vectores y facilitan la transmisión del hemoparásito.

Es importante señalar que el diagnóstico microscópico, aunque es el método estándar en campo y el más accesible en regiones con recursos limitados, puede subestimar la prevalencia real debido a su limitada sensibilidad para detectar bajas parasitemias, especialmente en animales con infecciones crónicas o en fase de portadores. Flores et al. (2024) recomiendan complementar el diagnóstico microscópico con técnicas moleculares como la PCR para obtener una estimación más precisa de la prevalencia real, ya que estas técnicas han demostrado una mayor capacidad de detección en comparación con la microscopía, especialmente en animales con parasitemias bajas. Por lo tanto, es posible que la prevalencia real de *Anaplasma* spp. en la población estudiada sea incluso mayor a la reportada en el presente estudio.

9.2 Prevalencia de *Anaplasma* spp. según sexo

La distribución de la positividad a *Anaplasma* spp. según el sexo de los bovinos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Prevalencia de *Anaplasma* spp. según sexo

Sexo	Positivos	Negativos	Total	Prevalencia (%) ns*
Hembra	10	24	34	29.4 a
Macho	4	5	9	44.4 a
Total	14	29	43	

Nota. No se encontró asociación estadísticamente significativa entre sexo y positividad a *Anaplasma* spp. ($p > 0.05$). Chi-cuadrado de Pearson $\chi^2 = 1.33$, $p = 0.249$, *ns = no significativo

La prevalencia fue de 29.4 % (10/34) en hembras y de 44.4 % (4/9) en machos. Aunque numéricamente los machos presentaron una prevalencia mayor, la prueba de chi-

cuadrado de Pearson no mostró una asociación estadísticamente significativa entre el sexo y la positividad al hemoparásito ($\chi^2 = 1.33$, $p = 0.249$).

La ausencia de asociación estadísticamente significativa entre el sexo y la positividad a *Anaplasma* spp. encontrada en el presente estudio es consistente con lo reportado por otros investigadores en la región. Muñoz-Guarniz et al. (2017), en un estudio realizado en Cuba, encontraron prevalencias de 46.81 % en machos y 50.33 % en hembras, sin diferencias estadísticamente significativas, lo que refuerza la idea de que la infección afecta de manera similar a ambos sexos en condiciones de campo. De manera similar, Flores et al. (2024), en un estudio realizado en Nicaragua, detectaron una mayor frecuencia de *A. marginale* en machos ($p = 0.041$); sin embargo, estos autores atribuyeron esta diferencia a factores de manejo y exposición diferencial, más que a una susceptibilidad biológica inherente al sexo, coincidiendo con el enfoque del presente estudio.

La falta de asociación entre sexo y positividad sugiere que tanto machos como hembras tienen una exposición similar a los vectores y, por lo tanto, un riesgo comparable de adquirir la infección. Como señalan Aubry y Geale (2021), la transmisión de *Anaplasma* spp. está determinada principalmente por la presencia del vector y las prácticas de manejo, y no por características intrínsecas del hospedador como el sexo. Este hallazgo es esperable en sistemas de producción extensivos, donde ambos sexos comparten los mismos potreros y están expuestos a las mismas condiciones ambientales y de carga de garrapatas, tal como lo describen Mauri Pablo et al., (2025) en su análisis de sistemas de producción tropical.

Sin embargo, es importante considerar que el tamaño muestral reducido de machos ($n = 9$) en comparación con las hembras ($n = 34$) podría haber limitado el poder estadístico para detectar diferencias significativas. Hernández García y Abrego López (2024), en su estudio en León, Nicaragua, también enfrentaron limitaciones similares y recomendaron ampliar el tamaño de muestra para evaluar con mayor precisión el efecto del sexo sobre la prevalencia. Estudios con muestras más balanceadas por sexo podrían proporcionar información más precisa sobre esta posible asociación.

La literatura científica indica que la susceptibilidad a la infección por *Anaplasma* spp. está determinada principalmente por factores ambientales, la carga de garrapatas y las prácticas de manejo, más que por el sexo del animal. Montenegro Tavera (2022) destaca que la edad, la condición corporal, el estado inmunológico y la presencia de infecciones concomitantes son factores que influyen en la severidad de la enfermedad y en la capacidad del hospedador para eliminar el parásito. Asimismo, Pertile et al. (2025) documentaron que las condiciones climáticas y la dinámica de los vectores son los principales predictores de la ocurrencia de anaplasmosis, independientemente del sexo de los animales expuestos.

9.3 Parámetros hematológicos generales

Los parámetros hematológicos generales obtenidos del hemograma completo realizado a los 43 bovinos evaluados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros hematológicos generales de los bovinos evaluados

Variable	Media	DE	Mín-Máx
Hematocrito (%)	33.06	5.28	21–42
Hemoglobina (g/dL)	11	1.76	7.0–14.0
Eritrocitos ($10^6/\mu\text{L}$)	4.53	0.84	2.8–6.0
Leucocitos (μL)	10,311	3,158	4,200–16,100
Plaquetas (μL)	136,379	52,160	58,000–276,000

Nota. *DE = desviación estándar.

Los valores promedio de la serie roja (hematocrito: 33.06 %, hemoglobina: 11.0 g/dL, eritrocitos: $4.53 \times 10^6/\mu\text{L}$) se encuentran dentro de los rangos de referencia establecidos para la especie bovina (hematocrito: 24-46 %, hemoglobina: 8-15 g/dL, eritrocitos: $5.0\text{-}10.0 \times 10^6/\mu\text{L}$) según el Manual MSD de Veterinaria (2026) y Wikivet (2023), aunque el recuento de eritrocitos se aproxima al límite inferior del rango de referencia. Los leucocitos totales presentaron una media de 10,311 μL , valor que se sitúa dentro del rango de referencia de 4,000 a 12,000 μL para bovinos reportado por Moreno Escobar (2008). El recuento plaquetario promedio fue de 136,379 μL , el cual se encuentra

dentro del intervalo de referencia de 100,000 a 800,000 μL establecido para la especie según Sigua Ochoa (2019).

La comparación de los parámetros hematológicos entre bovinos positivos y negativos a *Anaplasma* spp. se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación hematológica entre bovinos positivos y negativos a *Anaplasma* spp.

Parámetro	Negativos	Positivos	Prueba	p
Hematocrito (%)	35.24 a	28.54 b	t de Student	< 0.001
Hemoglobina (g/dL)	11.74 a	9.51 b	t de Student	< 0.001
Eritrocitos ($10^6/\mu\text{L}$)	4.81 a	3.96 b	t de Student	< 0.002
Leucocitos (μL)	10,309 a	10,315 a	Mann–Whitney	0.991 ns
Plaquetas (μL)	137,000 a	135,100 a	Mann–Whitney	0.874 ns

Nota: Letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) según prueba de t de Student o Mann–Whitney, se utilizó t de Student para variables con distribución aproximadamente normal y Mann–Whitney U para variables no normales. ns = no significativo.

Los bovinos positivos a *Anaplasma* spp. presentaron valores promedio de hematocrito (28.54 %), hemoglobina (9.51 g/dL) y eritrocitos ($3.96 \times 10^6/\mu\text{L}$) significativamente inferiores ($p < 0.001$) en comparación con los animales negativos. La reducción promedio fue de 6.70 puntos porcentuales en hematocrito (19 %), 2.23 g/dL en hemoglobina (19 %) y $0.85 \times 10^6/\mu\text{L}$ en eritrocitos (17.7 %). Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Mauri Pablo et al. (2025), quienes documentaron reducciones similares en bovinos infectados por *Anaplasma marginale* en la región amazónica de Brasil. Asimismo, Delgado-Arellano y Hernandez-Jiménez, (2023) señalan que la infección por *Anaplasma* spp. produce anemia hemolítica caracterizada por una disminución marcada de estos tres parámetros eritrocitarios.

En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los recuentos de leucocitos totales ($p = 0.991$) ni de plaquetas ($p = 0.874$) entre ambos grupos. Estos resultados coinciden con lo descrito por Flores et al. (2024) y Hernández García y Abrego López (2024), quienes tampoco encontraron alteraciones significativas en el leucograma y el recuento plaquetario en animales con infección crónica por *Anaplasma* spp. en Nicaragua.

Los valores hematológicos promedio de la población general reflejan una condición de normalidad en términos de los parámetros de la serie roja, aunque se aproximan al límite inferior de los rangos de referencia establecidos para la especie bovina. El Manual MSD de Veterinaria (2026) establece rangos de referencia para bovinos de hematocrito entre 24-46 %, hemoglobina de 8-15 g/dL y eritrocitos de $5.0\text{-}10.0 \times 10^6/\mu\text{L}$. De manera similar, Wikivet (2023) reporta valores de hematocrito de 24-36 %, hemoglobina de 85-132 g/L ($8.5\text{-}13.2 \text{ g/dL}$) y eritrocitos de $5.0\text{-}7.7 \times 10^{12}/\text{L}$. Los valores promedio encontrados en el presente estudio (hematocrito: 33.06 %, hemoglobina: 11.0 g/dL, eritrocitos: $4.53 \times 10^6/\mu\text{L}$) se encuentran dentro de estos intervalos, aunque el recuento de eritrocitos se aproxima al límite inferior, lo que sugiere que una proporción importante de la población podría estar cursando con estados anémicos subclínicos.

La variabilidad observada en los parámetros hematológicos, reflejada en las desviaciones estándar y los amplios rangos mínimos-máximos, es consistente con lo reportado en estudios realizados en condiciones de campo en regiones tropicales. Sigua Ochoa (2019), en un estudio realizado en bovinos Holstein en condiciones de altitud en Ecuador, documentó variaciones significativas en los parámetros hematológicos asociadas a factores ambientales y de manejo. Asimismo, Moreno Escobar (2008) evaluó 30 parámetros hemáticos en bovinos y destacó la influencia de factores como la edad, el sexo, la raza y las condiciones geográficas sobre los valores de referencia.

Los hallazgos de la Tabla 4 demuestran claramente que la infección por *Anaplasma* spp. se asocia con alteraciones hematológicas significativas en la serie roja. La reducción del hematocrito, la hemoglobina y el recuento de eritrocitos en los animales positivos es compatible con un proceso de anemia hemolítica, el cual constituye el principal mecanismo

fisiopatológico de la anaplasmosis bovina. Aubry y Geale (2021) explican que *Anaplasma marginale* infecta los eritrocitos y desencadena su destrucción mediada por el sistema inmunológico y por procesos de fragilidad osmótica, lo que resulta en una disminución progresiva de la masa eritrocitaria circulante. Mauri Pablo et al., (2025) añaden que esta anemia hemolítica es responsable de la mayoría de las pérdidas productivas asociadas a la enfermedad, incluyendo la reducción en la ganancia de peso y la producción de leche.

La magnitud de la disminución observada en el presente estudio (19 % en hematocrito y hemoglobina, 17.7 % en eritrocitos) es clínicamente relevante. Mauri Pablo et al. (2025), en un estudio en Brasil, reportaron reducciones de 21 % en hematocrito y 18 % en hemoglobina en bovinos naturalmente infectados con *A. marginale*, valores muy similares a los encontrados en Siuna. Pertile et al. (2025) , en su estudio de 20 años en Argentina, también documentaron que la anemia asociada a la anaplasmosis es uno de los principales indicadores de severidad de la enfermedad y un predictor de pérdidas económicas en los hatos afectados.

La ausencia de diferencias significativas en los leucocitos totales entre bovinos positivos y negativos ($p = 0.991$) es un hallazgo esperado en infecciones crónicas. Aubry y Geale (2021) señalan que en la fase aguda de la anaplasmosis puede observarse leucocitosis con neutrofilia, pero en la fase crónica o en animales portadores asintomáticos, el leucograma suele ser normal. Flores et al. (2024) , en su estudio en Nicaragua, reportaron que los animales positivos a *Anaplasma* spp. presentaban leucocitos dentro del rango normal, coincidiendo con lo observado en la presente investigación. De manera similar, la falta de alteración en el recuento plaquetario ($p = 0.874$) sugiere que la infección por *Anaplasma* spp. en la población estudiada no cursa con trombocitopenia significativa. Delgado-Arellano y Hernandez-Jiménez (2023) mencionan que la trombocitopenia es más frecuente en casos agudos o en coinfecciones con *Babesia* spp., mientras que en infecciones crónicas por *Anaplasma* el recuento plaquetario suele permanecer dentro de los rangos normales. La Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, 2025) destaca que el diagnóstico de anaplasmosis debe basarse en la identificación del hemoparásito en frotis sanguíneo y en la evaluación de la anemia, siendo el hemograma una herramienta complementaria invaluable para evaluar el impacto clínico de la infección.

El recuento de leucocitos totales promedio de 10,311 μL y el recuento plaquetario de 136,379 μL encontrados en la población general, y sus valores similares entre grupos, indican que la respuesta inflamatoria y el compromiso de la línea megacariocítica no son características predominantes en esta población. Esto refuerza la hipótesis de que los animales evaluados se encuentran mayoritariamente en una fase crónica o subclínica de la infección, donde la principal manifestación hematológica es la anemia, sin una respuesta inflamatoria sistémica marcada. Es importante señalar que los valores de referencia hematológicos pueden variar significativamente dependiendo de factores como la raza, la edad, el sexo, el estado fisiológico, la altitud y las condiciones de manejo. Sigua Ochoa (2019) demostró que los bovinos que viven a mayor altitud presentan glóbulos rojos de mayor tamaño y niveles más elevados de hemoglobina, lo que evidencia la influencia de factores ambientales sobre los parámetros hematológicos. En el contexto del municipio de Siuna, caracterizado por clima tropical húmedo y baja altitud, los valores encontrados son consistentes con lo esperado para animales en condiciones de trópico bajo, tal como lo describen Mauri-Pablo et al., (2025) en su análisis de sistemas de producción tropical.

La presencia de una prevalencia del 32.6 % de *Anaplasma* spp. en la población estudiada y la variabilidad observada en los parámetros hematológicos refuerzan la importancia de realizar análisis individualizados para la detección temprana de alteraciones hematológicas asociadas a la infección. Delgado-Arellano y Hernandez-Jiménez (2023) señalan que la anaplasmosis bovina se caracteriza por presentar anemia severa con reducción significativa de la hemoglobina y el hematocrito. La Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, 2025) destaca que un hematocrito bajo o un recuento de eritrocitos reducido puede ayudar a poner de manifiesto la implicación de *A. marginale* cuando en los frotis se detecta el hemoparásito.

9.5 Leucograma diferencial

El análisis del leucograma diferencial permitió evaluar la distribución de los distintos tipos de leucocitos en la población estudiada, comparando los valores porcentuales entre bovinos positivos y negativos a *Anaplasma* spp. Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Leucograma diferencial según positividad a *Anaplasma spp.*

Célula	Negativos (%)	Positivos (%)	p
Neutrófilos	43.7	41.8	0.562 ns
Linfocitos	49.1	48.2	0.744 ns
Eosinófilos	3.36	4.5	0.041 *
Monocitos	3.84	5.14	0.089 ns

Nota: Se observó una mayor proporción de eosinófilos en los bovinos positivos a *Anaplasma spp.* ($p = 0.041$). Se utilizó t de Student para variables con distribución aproximadamente normal. * diferencia significativa, ns = no significativo.

Los resultados muestran que los bovinos positivos a *Anaplasma spp.* presentaron un porcentaje de eosinófilos significativamente mayor (4.5 %) en comparación con los animales negativos (3.36 %), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.041$). En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de neutrófilos ($p = 0.562$), linfocitos ($p = 0.744$) ni monocitos ($p = 0.089$) entre ambos grupos. Este hallazgo indica que la infección por *Anaplasma spp.* se asocia con una eosinofilia relativa en la población estudiada, mientras que los demás componentes del leucograma diferencial permanecen dentro de rangos similares entre animales positivos y negativos.

El hallazgo más relevante de la Tabla 5 es el incremento significativo de eosinófilos en los bovinos positivos a *Anaplasma spp.* (4.5 % vs 3.36 %, $p = 0.041$). Este resultado es consistente con lo reportado por Reddy et al. (2023) , quienes en un estudio con búfalos infectados naturalmente con *Anaplasma* encontraron un incremento de eosinófilos y monocitos como hallazgos hematológicos específicos de la infección. De manera similar, investigaciones realizadas en bovinos con anaplasmosis han documentado que el recuento de eosinófilos puede estar significativamente elevado en comparación con animales sanos.

La eosinofilia observada en los animales positivos puede explicarse por varios mecanismos fisiopatológicos. En primer lugar, algunas especies del género *Anaplasma*,

como *A. phagocytophilum*, tienen la capacidad de infectar y multiplicarse dentro de eosinófilos, además de neutrófilos y monocitos. Esta infección directa de los eosinófilos podría desencadenar una respuesta proliferativa o una movilización de estos desde la médula ósea hacia la sangre periférica. En segundo lugar, la eosinofilia puede ser parte de la respuesta inmunológica del hospedador frente a la infección, ya que los eosinófilos participan en la modulación de la respuesta inmune y en la defensa contra patógenos intracelulares.

Otra posible explicación para el incremento de eosinófilos en los animales positivos es la presencia de infecciones parasitarias concomitantes. Aubry y Geale (2021) señalan que en regiones tropicales, los bovinos suelen estar expuestos a múltiples parásitos, y la eosinofilia es un hallazgo común en infecciones por helmintos y otros parásitos. Es posible que los animales positivos a *Anaplasma* spp. también alberguen otros parásitos que estimulen la producción de eosinófilos, lo que podría explicar parcialmente el incremento observado. Sin embargo, dado que no se realizaron pruebas específicas para detectar otros parásitos en el presente estudio, esta hipótesis requiere de investigaciones adicionales.

La ausencia de diferencias significativas en los porcentajes de neutrófilos, linfocitos y monocitos entre ambos grupos sugiere que la infección por *Anaplasma* spp. en la población estudiada no desencadena una respuesta inflamatoria aguda generalizada, lo cual es consistente con infecciones crónicas o subclínicas. Flores et al. (2024), en su estudio en Nicaragua, reportaron que los animales positivos a *Anaplasma* spp. presentaban leucogramas dentro de rangos normales, con variaciones leves en los porcentajes de neutrófilos y linfocitos, coincidiendo con lo observado en la presente investigación. De manera similar, Hernández García y Abrego López (2024) no encontraron alteraciones significativas en el leucograma diferencial de bovinos positivos a hemoparásitos en el municipio de León, Nicaragua.

El hecho de que los linfocitos representen el porcentaje más alto en ambos grupos (aproximadamente 48-49 %) es consistente con lo reportado para bovinos sanos, donde los linfocitos suelen ser el tipo celular predominante en el leucograma diferencial. La neutrofilia o linfocitosis no fueron características en la población estudiada, lo que refuerza

la idea de que la infección cursa de manera crónica sin una respuesta inflamatoria sistémica marcada. Los monocitos mostraron una tendencia a ser más altos en los animales positivos (5.14 % vs 3.84 %), aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.089$). Esta tendencia podría estar relacionada con el papel de los monocitos en la respuesta inmunológica frente a infecciones intracelulares, ya que estas células participan en la fagocitosis y presentación de antígenos. Reddy et al. (2023) también reportaron un incremento de monocitos en animales infectados con *Anaplasma*, lo que sugiere que la activación del sistema fagocítico monocítico-macrofágico podría ser parte de la respuesta del hospedador frente a la infección.

Es importante considerar que la eosinofilia observada en los animales positivos podría estar influenciada por la presencia de otras infecciones parasitarias, especialmente helmintos gastrointestinales, que son frecuentes en sistemas de producción extensivos en regiones tropicales. El Manual de Veterinaria de Merck (2025) señala que la anaplasmosis en rumiantes es transmitida por garrapatas y puede presentarse junto con otras infecciones, lo que podría explicar la variabilidad en los hallazgos hematológicos. Moncada Bellorín (2025) , en un estudio en Nicaragua, reportó que los eosinófilos pueden presentar valores por encima de lo normal en bovinos con hemoparasitosis, lo que coincide con lo observado en la presente investigación.

Finalmente, la eosinofilia documentada en los bovinos positivos a *Anaplasma* spp. podría tener implicaciones clínicas y diagnósticas. Si bien la eosinofilia no es un hallazgo patognomónico de la anaplasmosis, su presencia en animales con otros hallazgos compatibles (anemia, presencia del hemoparásito en frotis) podría servir como un indicador adicional de infección o de coinfección parasitaria. La Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, 2025) recomienda el uso del hemograma completo como herramienta complementaria para el diagnóstico de la anaplasmosis bovina, ya que permite evaluar el impacto hematológico de la infección y detectar alteraciones que orienten el diagnóstico diferencial.

10. Conclusiones

1. *Anaplasma* spp. circula activamente en los bovinos del municipio de Siuna, con una prevalencia que evidencia que la anaplasmosis constituye un problema sanitario endémico de importancia en la ganadería de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua.
2. Los valores hematológicos promedio de la población evaluada se mantienen dentro de los rangos de referencia para la especie bovina, aunque con una tendencia hacia el límite inferior en la serie roja, lo que sugiere la presencia de estados anémicos subclínicos en una proporción importante de los animales.
3. Los bovinos infectados con *Anaplasma* spp. presentan alteraciones hematológicas compatibles con anemia hemolítica, caracterizadas por una disminución marcada del hematocrito, la hemoglobina y el recuento eritrocitario en comparación con los animales negativos, lo que confirma el impacto fisiopatológico de la infección sobre la masa eritrocitaria circulante.
4. La infección por *Anaplasma* spp. afecta de manera similar a machos y hembras, sin evidencia de diferencias en la susceptibilidad asociada al sexo. Adicionalmente, los animales positivos presentan una mayor proporción de eosinófilos, lo que podría reflejar infecciones parasitarias concomitantes o una respuesta inmunológica específica frente al hemoparásito.

11. Referencias

American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). American Psychological Association.
<https://apastyle.apa.org/products/publication-manual-7th-edition>

American Veterinary Medical Association (AVMA). (2020). *AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2020 edition*. <https://www.avma.org/resources-tools/avma-policies/avma-guidelines-euthanasia-animals>

- Argimon, J. M., & Jiménez, J. (2019). *Métodos de investigación clínica y epidemiológica* (5ª ed.). Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/metodos-de-investigacion-clinica-y-epidemiologica/argimon-pallas/978-84-9113-007-9>
- Aubry, P., & Geale, D. W. (2021). A review of bovine anaplasmosis. *Transboundary and Emerging Diseases*, Octubre 2010, 58. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>
- Delgado-Arellano, N., y Hernandez-Jiménez, J.B., (2023). Reporte de un Caso Clínico de Anaplasmosis Bovina en Pungarabato, Guerrero, México. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9037
- Dohoo, I., Martin, W., & Stryhn, H. (2014). *Veterinary epidemiologic research* (2nd ed.). VER Inc. <https://es.scribd.com/document/239949943/Dohoo-Veterinary-Epidemiologic-Research-Ocr>
- Flores, B., Sheleby-Eliás, J., Mora-Sánchez, B., Dávila, X., Díaz, A., & Jirón, W. (2024). Prevalence and risk factors for hemoparasites in cattle in León, Nicaragua. *Agris*. <https://agris.fao.org/search/en/records/6759896cc7a957febdbf4539>
- Hazra, A., & Gogtay, N. (2016). Biostatistics series module 4: Comparing groups – categorical variables. *Indian Journal of Dermatology* 2016; 61(4), https://www.researchgate.net/profile/Avijit-Hazra-2/publication/305213637_Biostatistics_Series_Module_4_Comparing_Groups_-_Categorical_Variables/links/5791a33508ae0831552f9e65/Biostatistics-Series-Module-4-Comparing-Groups-Categorical-Variables.pdf
- Hernández García, J. G., & Abrego López, Y. Y. (2024). *Prevalencia de Anaplasma spp. y Babesia spp. en bovinos pertenecientes a 16 fincas en diferentes comarcas del municipio de León, Nicaragua, septiembre 2023* [Tesis de Medicina Veterinaria]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/9734>

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <https://artes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf>
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). (2023). *Anuario meteorológico 2023*. <https://www.ineter.gob.ni>, <https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/decenal/2023/diciembre/BoletinClimaticoI%20Dec122023.pdf>
- Manual de Veterinaria de Merck. (2025). *Anaplasmosis en rumiantes*. <https://www.merckvetmanual.com/es-us/sistema-circulatorio/hemoparásitos/anaplasmosis-en-rumiantes>
- Manual MSD de Veterinaria. (2026). *Rangos de referencia de hematología (hemograma completo)*. <https://www.msdsvetmanual.com/es/multimedia/table/rangos-de-referencia-de-hematología-hemograma-completo>
- Mauri Pablo, J. D., Del Solar, J. J. C., Hinojosa Enciso, E. T., Polveiro, R. C., Vieira, D. D. S., Ramos Sánchez, E. M., Bardales Escalante, W., Maiceló Quintana, J. L., & Lopez Lapa, R. M. (2025). Anaplasmosis en la Amazonía: desafíos diagnósticos, persistencia y control de *Anaplasma marginale* y *Anaplasma phagocytophilum*. *Fronteras en la ciencia veterinaria*, 12, 1571694. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1571694>
- Moncada Bellorín, E. J. (2025). *Prevalencia de hemopatógenos en vacas de producción* [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNFLEP, <http://repositorio.unflep.edu.ni/139/1/D0025-2025.pdf>
- Montenegro Tavera, J. V. (2022). Estudio de prevalencia y factores de riesgo asociados a hemoparásitos en bovinos de Villavicencio, Colombia [Tesis de Medicina Veterinaria]. Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas.

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/4510/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20MONTENEGRO-JULIETH.pdf>

Moreno Escobar, F. (2008). Evaluación de 30 parámetros hemáticos en bovinos.

Repositorio CES. <http://hdl.handle.net/10946/1000>

Muñoz-Guarniz TR, Ayora-Fernández P, Luzuriaga-Neira A, Corona-González B, Martínez-Marrero S. Prevalencia de *Anaplasma marginale* en bovinos de la provincia Zamora Chinchipe, Ecuador. *Rev. Salud Anim*, 39(1):68-74.

<https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RSA/article/view/892>

Newcombe RG. Intervalos de confianza de dos caras para la proporción única:

comparación de siete métodos. *Stat Med*. 1998 Apr 30;17(8):857-72.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0258\(19980430\)17:8%3C857::AID-SIM777%3E3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0258(19980430)17:8%3C857::AID-SIM777%3E3.0.CO;2-E)

Oñate Bravo, Y. A. (2015). Parasitología veterinaria;bacteriología veterinaria;ganado vacuno;haciendas;cantón pedro vicente maldonado-pichincha.*udla-ec-tmvz-2015-16* [tesis]. Universidad de las Américas, Ecuador.

<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/4643>

Pertile, C. N., et al. (2025). Bovine babesiosis and anaplasmosis in Corrientes, Argentina: a 20-year study (2003-2023). *Revista Veterinaria*, 36, (1), 10.

<https://doi.org/10.30972/vet.3618086>

Reddy, B. S., et al. (2023). Clinical, haematological, and biochemical changes in buffaloes with natural *Anaplasma* infection. *Comparative Clinical Pathology*, *32*, 1045-

1050. <https://doi.org/10.1007/s00580-023-03515-9>

Sigua Ochoa, J. F. (2019). Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos hembras de raza Holstein *en condiciones de altitud* [Tesis de Medicina Veterinaria]. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18240/1/UPS-CT008663.pdf>

Thrusfield, M. (2018). *Veterinary epidemiology* (4th ed.). Wiley-Blackwell.

<https://www.wiley.com/en-us/shop/general-introductory-veterinary-medicine/veterinary-epidemiology-4th-edition-p-9781118280270>

Wikivet. (2023). *Bovine haematology*.

https://en.wikivet.net/index.php?title=Bovine_Haematology

WOAH (Organización Mundial de Sanidad Animal). (2025). *Anaplasmosis bovina*.

<https://www.woah.org/en/disease/bovine-anaplasmosis/>

12. Anexos o Apéndices

Anexo 1. Ficha de registro de datos

Descripción: Instrumento de recolección de datos utilizado en el estudio para documentar la información de cada bovino evaluado, incluyendo datos de identificación, variables epidemiológicas y resultados de laboratorio. Esta ficha permitió la sistematización de la información y facilitó el posterior análisis estadístico.

FICHA DE REGISTRO DE DATOS

Campo	Registro
Número de muestra	_____
Fecha de muestreo	____ / ____ / 2026
Hora de muestreo	____ : ____
Nombre del propietario	_____
Nombre de la finca	_____
Ubicación (comunidad)	_____

DATOS DEL ANIMAL

Campo	Registro
Identificación del animal (arete, nombre o número)	_____
Especie	Bovino
Raza	_____
Edad (años)	_____
Sexo	() Hembra () Macho
Condición corporal (1-5 escala)	_____
Estado fisiológico (gestante, lactante, seca, etc.)	_____
Procedencia (nacido en finca / comprado / otros)	_____
Antecedentes de tratamientos (últimos 30 días)	() Ninguno () Antibióticos () Antiparasitarios () Otros: _____
Signos clínicos observados	() Ninguno () Anemia () Fiebre () Pérdida de peso () Debilidad () Ictericia () Otros: _____

RESULTADOS DE LABORATORIO - HEMOGRAMA COMPLETO

Parámetro	Valor	Unidad	Rango de referencia	Interpretación
Hematocrito (Hto)	_____	%	24-46	() Normal () Bajo () Alto
Hemoglobina (Hb)	_____	g/dL	8-15	() Normal () Bajo () Alto
Eritrocitos	_____	10 ⁶ /μL	5.0-10.0	() Normal () Bajo () Alto
Leucocitos totales	_____	μL	4,000-12,000	() Normal () Bajo () Alto
Plaquetas	_____	μL	100,000-800,000	() Normal () Bajo () Alto

RESULTADOS DE LABORATORIO - LEUCOGRAMA DIFERENCIAL

Célula	Valor (%)	Rango de referencia	Interpretación
Neutrófilos	_____	15-45	() Normal () Bajo () Alto
Linfocitos	_____	40-60	() Normal () Bajo () Alto
Eosinófilos	_____	2-10	() Normal () Bajo () Alto
Monocitos	_____	2-7	() Normal () Bajo () Alto

DIAGNÓSTICO PARASITOLÓGICO

Campo	Registro
Positividad a <i>Anaplasma</i> spp.	() Sí () No
Parasitemia estimada (baja/moderada/alta)	_____
Observaciones microscópicas	_____
Presencia de otros hemoparásitos	() <i>Babesia</i> spp. () <i>Trypanosoma</i> spp. () Ninguno
Calidad del frotis	() Adecuado () Regular () Inadecuado

OBSERVACIONES ADICIONALES

Firma del técnico responsable	Fecha
_____	____ / ____ / 2026

Anexo 2. Protocolo de tinción de Giemsa para diagnóstico de hemoparásitos

Descripción: Procedimiento estandarizado para la preparación, fijación, tinción y observación microscópica de frotis sanguíneos para la detección de *Anaplasma* spp. y otros hemoparásitos en bovinos. Este protocolo fue utilizado en el presente estudio siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, 2025).

1. Objetivo

Establecer un procedimiento estandarizado para la tinción de frotis sanguíneos con la técnica de Giemsa, permitiendo la identificación morfológica de *Anaplasma* spp. y otros hemoparásitos en eritrocitos de bovinos.

2. Materiales y reactivos

Material	Cantidad
Portaobjetos de vidrio (limpios y desengrasados)	1 por muestra
Cubreobjetos	Opcional
Lanceta o aguja estéril (calibre 21 G)	1 por animal
Tubos capilares o pipetas Pasteur	1 por animal
Cámara de tinción o gradilla	1
Cronómetro o temporizador	1
Microscopio óptico con objetivo de inmersión (100×)	1
Aceite de inmersión	Cantidad suficiente
Reactivo	Especificación
Alcohol metílico (metanol)	Grado analítico, 99.8 %
Reactivo de Giemsa	Solución concentrada para hematología
Agua destilada	Estéril, pH neutro
Buffer de fosfatos (pH 7.2)	Solución amortiguadora para dilución

3. Preparación del frotis sanguíneo

3.1. Obtención de la muestra

1. Realizar la venopunción de la vena yugular externa con aguja estéril y tubo con anticoagulante EDTA.
2. Homogeneizar suavemente la muestra por inversión (no agitar).

3.2. Preparación del frotis (*método de la gota gruesa y extendido*)

1. Colocar una gota de sangre (aproximadamente 5 μ L) en un extremo del portaobjetos limpio y seco.
2. Colocar un segundo portaobjetos (extensor) en un ángulo de 30-45° frente a la gota.
3. Deslizar el extensor hacia atrás hasta tocar la gota, permitiendo que la sangre se extienda a lo largo del borde.
4. Deslizar suavemente el extensor hacia adelante con un movimiento rápido y uniforme para extender la sangre.
5. Dejar secar el frotis al aire durante 10-15 minutos a temperatura ambiente.
6. Marcar el portaobjetos con el número de identificación de la muestra usando lápiz de diamante o marcador resistente a solventes.

4. Fijación

1. Una vez seco el frotis, fijar sumergiendo el portaobjetos en alcohol metílico durante 2-3 minutos.
2. Retirar el portaobjetos y dejar secar al aire durante 5 minutos.
3. La fijación es esencial para preservar la morfología celular y evitar la lisis de los eritrocitos durante la tinción.

5. Tinción con Giemsa

5.1. Preparación de la solución de trabajo

1. Diluir el reactivo de Giemsa concentrado en una proporción 1:10 con agua destilada o buffer de fosfatos (pH 7.2).
2. Mezclar suavemente y utilizar dentro de los 30 minutos posteriores a la preparación.

5.2. Procedimiento de tinción

1. Colocar los portaobjetos fijos en una gradilla o cámara de tinción.
2. Cubrir completamente cada frotis con la solución de Giemsa diluida (aproximadamente 2-3 mL por portaobjeto).
3. Incubar durante 30-45 minutos a temperatura ambiente (22-25 °C).
4. Pasado el tiempo, enjuagar suavemente con agua destilada para eliminar el exceso de colorante.
5. Dejar secar los portaobjetos en posición inclinada a temperatura ambiente.

6. Observación microscópica

6.1. Condiciones de observación

- Utilizar microscopio óptico con objetivo de inmersión (100×) .
- Aplicar una gota de aceite de inmersión sobre el frotis.
- Observar con una intensidad de luz adecuada y diafragma ajustado para maximizar el contraste.

6.2. Criterios de identificación de *Anaplasma* spp.

Característica	Descripción
Tamaño	0.3-1.0 µm de diámetro
Forma	Redonda u ovoide
Color	Basófilo (violeta o azul oscuro)
Localización	En el interior de los eritrocitos (intraeritrocítico)
Número por célula	Generalmente 1-4 inclusiones por eritrocito
Posición	Marginal o central dentro del eritrocito
Tinción de fondo	Eritrocitos de color rosado pálido; núcleos de leucocitos azul violeta

6.3. Interpretación de resultados

- Positivo a *Anaplasma* spp.: Presencia de inclusiones basófilas compatibles en eritrocitos, después de examinar al menos 200 campos.
- Negativo a *Anaplasma* spp.: Ausencia de inclusiones compatibles en los eritrocitos después de examinar al menos 200 campos.

7. Control de calidad

Actividad	Frecuencia	Responsable
Verificación de reactivos y soluciones	Antes de cada tinción	Técnico de laboratorio
Revisión aleatoria del 10 % de los frotis por un segundo observador	Periódica	Supervisor
Registro de condiciones de tinción (temperatura, tiempo, pH)	Por cada lote	Técnico de laboratorio
Mantenimiento y calibración del microscopio	Mensual	Técnico de laboratorio

8. Recomendaciones de seguridad y bioseguridad

1. Utilizar guantes de nitrilo durante la manipulación de muestras sanguíneas y reactivos.

2. Trabajar en una campana de extracción o área ventilada al manipular alcohol metílico y reactivos de tinción.
3. Eliminar los residuos de muestras sanguíneas y reactivos en recipientes designados para material biológico peligroso.
4. Descontaminar las superficies de trabajo con hipoclorito de sodio al 10 % después de cada sesión.
5. Lavarse las manos con agua y jabón después de finalizar el procedimiento.

9. Referencias utilizadas para el protocolo

WOAH (Organización Mundial de Sanidad Animal). (2025). Anaplasmosis bovina.

<https://www.woah.org/en/disease/bovine-anaplasmosis/>

Aubry, P., & Geale, D. W. (2021). A review of bovine anaplasmosis. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68, (6), 3021-3039. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>