

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Tesis

Parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes -Apurímac

Presentado por:

Gerson Barrientos Llantoy

Para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

Parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes -Apurímac

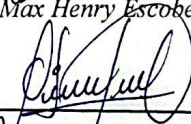
Presentado por **Gerson Barrientos Llantoy**, para optar el título de Médico Veterinario
y Zootecnista

Sustentado y aprobado el 24 de julio de 2026 ante el jurado evaluador:

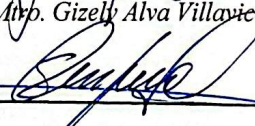
Presidente:


Dr. Max Henry Escobedo Enriquez

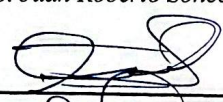
Primer miembro:

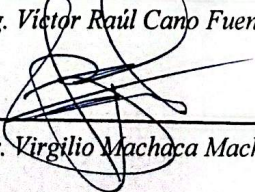

Mtro. Gizely Alva Villavicencio

Segundo miembro:


Mtro. Juan Roberto Soncco Quispe

Asesores:


Mag. Víctor Raúl Cano Fuentes


Dr. Virgilio Machaca Machaca



UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Dirección de Unidad de Investigación

25
AÑOS
BODAS DE PLATA



“Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana”

Constancia de similitud

Informe de Tesis Constancia 28-2025-UDI-FMVZ-UNAMBA

El director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Hace constar:

Que, **Gerson Barrientos Llantoy**, con código de estudiante **081089** de la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, presentó el informe de tesis:

“Parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes -Apurímac”

Para ser evaluada su similitud.

Se utilizó el software Turnitin con filtros: excluir citas, excluir bibliografía, excluir fuentes que tengan menos de 18 palabras. Siendo el resultado:

Porcentaje de similitud: 8%

Parte de esta constancia son los anexos donde figuran los resultados del Turnitin.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para fines de trámites en la UNAMBA.

Abancay, 7 de julio 2025

Atentamente,



Dr. Ulises S. Quispe Gutiérrez
Director

investigacion.fmvz@unamba.edu.pe
cc/.Arch.
USQG/Director.UDI.

www.unamba.edu.pe



Agradecimiento

Deseo dejar patente mi agradecimiento al Mag. Victor Raúl Cano Fuentes y Dr. Virgilio Machaca Machaca, quienes no solo fungieron como asesores de esta investigación, sino también por sus aportes académicos que permitieron la ejecución y redacción de esta tesis.

A las diferentes personas (hermanos, familiares, compañeros de trabajo y amigos en general), quienes con su pregunta, ¿cómo va la tesis?, siempre me dieron el impulso y me comprometieron para seguir adelante hasta alcanzar esta meta.



Dedicatoria

Con muchísimo afecto, respeto y amor este trabajo lo dedico a mis padres Santos Aurelio Barrientos Mesares y Juana Llantoy Yuto de quienes soy reflejo, y que sin ellos resultaría difícil lograr mis objetivos.

A mi esposa Lourdes Yuto Aybar y a mi hijo Said Alvaro Barrientos Yuto, por sus apoyos de superación y por los incontables ratos que los he privado de mi compañía y atención, en aras de alcanzar esta meta.



Parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes -Apurímac

Línea de investigación: Desarrollo de Modelos y Sostenibilidad de Sistemas Agropecuarios
en el contexto Altoandino

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del Problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.1.1 Objetivo general	7
2.1.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.1 Hipótesis general	7
2.2.2 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes	9
3.2 Marco teórico	13
3.2.1 Hematología veterinaria	13
3.2.2 Serie roja de la sangre de llamas	13
3.2.2.1 Cuento de eritrocitos o Recuento de glóbulos rojos (RGR x 10 ⁶ /μL)	14
3.2.2.2 Nivel de hemoglobina (Hb g/dL)	15
3.2.2.3 Porcentaje de hematocrito (Hto %)	15
3.2.2.4 Volumen medio de glóbulo rojo o volumen corpuscular medio (VCM fL)	16
3.2.2.5 Hemoglobina media por eritrocito o Hemoglobina corpuscular media (HCM pg)	17
3.2.2.6 Concentración media de hemoglobina eritrocitaria o Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM g/dL)	18
	1



3.2.2.7	Variabilidad del tamaño de glóbulos rojos o amplitud de distribución eritrocitaria (Red Cell Blood Distribution Width) - (RDW-CV %).	18
3.2.3	Serie blanca de la sangre de llamas	19
3.2.3.1	Recuento de glóbulos blancos o conteo total de leucocitos (RGB x $10^3/\mu\text{L}$)	20
3.2.3.2	Proporción o Porcentaje de linfocitos (LYM %)	21
3.2.3.3	Proporción o Porcentaje de monocitos (MONO %)	21
3.2.3.4	Proporción o Porcentaje de neutrófilos (NEU %)	22
3.2.3.5	Proporción o porcentaje de eosinófilos (EOS %)	23
3.2.3.6	Proporción o porcentaje de basófilos (BASO %)	23
3.2.3.7	Recuento absoluto de linfocitos (LYM x $10^3/\mu\text{L}$)	24
3.2.3.8	Recuento absoluto de monocitos (MONO x $10^3/\mu\text{L}$)	24
3.2.3.9	Recuento absoluto de neutrófilos (NEU x $10^3/\mu\text{L}$)	24
3.2.3.10	Recuento absoluto de eosinófilos (EOS x $10^3/\mu\text{L}$)	25
3.2.3.11	Recuento absoluto de basófilos (BASO x $10^3/\mu\text{L}$)	25
3.2.3.12	Porcentaje de linfocitos atípicos o inmaduros (ALY %)	25
3.2.3.13	Número absoluto de linfocitos atípicos o inmaduros (ALY x $10^3/\mu\text{L}$)	26
3.2.3.14	Porcentaje de blastos o células grandes inmaduras (LIC%)	26
3.2.3.15	Recuento absoluto células grandes inmaduras (LIC x $10^3/\mu\text{L}$)	27
3.2.4	Serie plaquetaria de la sangre de llamas	27
3.2.4.1	Recuento o número total de plaquetas (Plaquetas x $10^9/\text{L}$)	28
3.2.4.2	Volumen plaquetario medio (VPM fL)	28
3.2.4.3	Amplitud de distribución plaquetaria (PDW fL)	29
3.2.4.4	Plaquetocrito (PCT %)	29
3.2.4.5	Cociente plaquetas – células grandes (P – LCR %)	30
3.2.4.6	Conteo de plaquetas – células grandes (P – LCC x $10^9/\text{L}$)	30
3.2.5	Llama (<i>Lama glama</i>)	30
3.3	Marco conceptual	31
CAPÍTULO IV		33
METODOLOGÍA		33
4.1	Tipo y nivel de investigación	33
4.2	Diseño de la investigación	33
4.3	Población y muestra	34
4.4	Procedimiento	35
4.5	Técnica e instrumentos	37
4.6	Análisis estadístico	38
CAPÍTULO V		39
RESULTADOS Y DISCUSIONES		39
5.1	Análisis de resultados	39

5.1.1	Parámetros en hematología de llamas (<i>Lama glama</i>), Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac	39
5.1.2	Parámetros hematológicos de referencia de la serie roja en llamas (<i>Lama glama</i>) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac	40
5.1.3	Parámetros hematológicos de referencia de la serie blanca en llamas (<i>Lama glama</i>) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac	41
5.1.4	Parámetros hematológicos de referencia de la serie plaquetaria en llamas (<i>Lama glama</i>) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac	42
5.2	Discusión	43
CAPÍTULO VI		49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		49
6.1	Conclusiones	49
6.2	Recomendaciones	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		51
ANEXOS		54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variables operacionalizadas de hematología en llamas (Lama glama)	8
Tabla 2. Valores hematológicos en llamas (Lama glama)	39
Tabla 3. Valores de la serie roja en llamas (Lama glama), según sexo	40
Tabla 4. Valores de la serie blanca en llamas (Lama glama), según sexo	41
Tabla 5. Valores de la serie plaquetaria en llamas (Lama glama), según sexo	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Día de muestreo de sangre	55
Figura 2. Muestras de sangre listas para ser analizadas	55
Figura 3. Analizador hematológico automático veterinario	56
Figura 4. Realizando la lectura hematológica	56

INTRODUCCIÓN

La llama (*Lama glama*), camélido sudamericano domesticado desde tiempos ancestrales, cumple un rol vital en las comunidades altoandinas por su aporte en transporte, fibra y carne, especialmente en regiones como Quillcaccasa, distrito del departamento de Apurímac. A pesar de su relevancia productiva y cultural, el conocimiento científico sobre su fisiología, particularmente en relación con parámetros hematológicos, aún es limitado y muchas veces extrapolado de estudios en alpacas u otros camélidos ¹. La hematología es una herramienta fundamental para evaluar el estado de salud, diagnosticar enfermedades y monitorear tratamientos, pero requiere de valores de referencia específicos para cada especie y población, ya que estos pueden variar por factores como la altitud, la alimentación, el clima, la edad, el sexo y las condiciones de manejo. En este sentido, el desconocimiento de parámetros hematológicos precisos en llamas criadas en zonas altoandinas como Quillcaccasa representa una limitación significativa para la práctica veterinaria local, dificultando la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia ². Este vacío de información se hace más crítico si se considera que las llamas en esta zona son mantenidas bajo sistemas extensivos, con acceso restringido a servicios veterinarios especializados, lo que incrementa el riesgo de que alteraciones en la salud no sean detectadas a tiempo. Por tanto, es necesario generar información específica que contribuya al mejoramiento de la salud y el bienestar de esta especie, así como al fortalecimiento de las capacidades de diagnóstico en el ámbito rural ³. Conocer los valores hematológicos de referencia locales será de gran utilidad para observar las condiciones fisiológicas propias de los animales de esta zona, y permitirá a los profesionales y técnicos en salud animal contar con una base objetiva para la evaluación clínica y la implementación de programas sanitarios. Por ello esta investigación tiene se centra en determinar los parámetros hematológicos en llamas (*Lama glama*) en la comunidad de Quillcaccasa, ubicada en el distrito de Aymaraes, región Apurímac, una zona altoandina por encima de los 4200 m s.n.m., caracterizada por su clima frío y escasa disponibilidad de recursos veterinarios. Además, el estudio contribuirá a conocer a la llama desde las células sanguíneas que directamente se encuentra ligado al sistema de salud de esta especie, fortaleciendo así los sistemas pecuarios andinos y apoyando el desarrollo sostenible de las comunidades altoandinas.



RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes –Apurímac, para ello se utilizaron muestras sanguíneas de 40 llamas (20 por sexo), adultas, alimentadas con pastizales altoandinos y aparentemente sanas. Las muestras se obtuvieron desde la vena cefálica a primeras horas de la mañana, en la cantidad de cinco mL de sangre que fueron recolectadas en tubos al vacío con EDTA, estas se refrigeraron a 4°C y fueron analizados dentro de las tres horas mediante el analizador hematológico veterinario automático Mindray BC-5150. Los resultados muestran que el recuento de glóbulos rojos (RGR) fue de $12.97 \pm 2.63 \times 10^6/\mu\text{L}$, la concentración de hemoglobina (Hb) de $15.20 \pm 2.23 \text{ g/dL}$ y el hematocrito (Hto) de $34.64 \pm 6.72\%$. Los índices eritrocitarios presentaron los siguientes valores: volumen corpuscular medio (VCM) de $26.16 \pm 1.94 \text{ fL}$, hemoglobina corpuscular media (HCM) de $11.67 \pm 1.11 \text{ pg}$ y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) de $44.39 \pm 4.08 \text{ g/dL}$. La distribución del volumen eritrocitario (RDW-CV) fue de $16.70 \pm 0.86\%$, el porcentaje de eritrocitos nucleados (NRBC) fue de $2.00 \pm 0.69\%$ y su recuento absoluto alcanzó $0.18 \pm 0.05 \times 10^3/\mu\text{L}$. En la serie blanca, el recuento total de glóbulos blancos (RGB) fue de $7.46 \pm 1.86 \times 10^3/\mu\text{L}$, con porcentajes de linfocitos (LYM) de $23.93 \pm 5.84\%$, monocitos (MONO) de $3.31 \pm 1.01\%$, neutrófilos (NEU) de $71.82 \pm 6.67\%$, eosinófilos (EOS) de $0.51 \pm 0.24\%$ y basófilos (BAS) de $0.43 \pm 0.29\%$. En valores absolutos: LYM fue 1.75 ± 0.55 , MONO 0.24 ± 0.07 , NEU 5.39 ± 1.53 , EOS 0.05 ± 0.04 y BAS $0.04 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$. Asimismo, los linfocitos atípicos (ALY) fueron de $0.70 \pm 0.37\%$ ($0.05 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$), y las células grandes inmaduras (LIC) de $0.80 \pm 0.27\%$ ($0.07 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$). En la serie plaquetaria, el recuento fue de $2,250.15 \pm 1,543.53 \times 10^9/\text{L}$, el volumen plaquetario medio (VPM) de $7.96 \pm 0.41 \text{ fL}$, la distribución plaquetaria (PDW) de $2.52 \pm 0.34 \text{ fL}$, el plaquetocrito (PCT) de $1.95 \pm 1.33\%$, el cociente de plaquetas grandes (P-LCR) de $69.47 \pm 4.62\%$ y el recuento de plaquetas grandes (P-LCC) de $1,781.68 \pm 1,249.70 \times 10^9/\text{L}$.

Palabras clave: sangre, llamas, altitud, hematología, Quillcaccasa.



ABSTRACT

The aim of the study was to determine the hematological parameters of llamas (*Lama glama*) in Quillcaccasa, Aymaraes, Apurímac. For this purpose, blood samples were collected from 40 adult llamas, 20 of each sex, fed on high-Andean pastures and apparently healthy. The samples were obtained from the cephalic vein during the early morning hours, with five mL of blood collected in vacuum tubes containing EDTA. They were refrigerated at 4°C and analyzed within three hours using a Mindray BC-5150 automated veterinary hematology analyzer. The results showed a red blood cell count (RBC) of $12.97 \pm 2.63 \times 10^6/\mu\text{L}$, hemoglobin concentration (Hb) of $15.20 \pm 2.23 \text{ g/dL}$, and hematocrit (HCT) of $34.64 \pm 6.72\%$. The red blood cell indices were as follows: mean corpuscular volume (MCV) $26.16 \pm 1.94 \text{ fL}$, mean corpuscular hemoglobin (MCH) $11.67 \pm 1.11 \text{ pg}$, and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) $44.39 \pm 4.08 \text{ g/dL}$. The red cell distribution width (RDW-CV) was $16.70 \pm 0.86\%$. The percentage of nucleated red blood cells (NRBC) was $2.00 \pm 0.69\%$, with an absolute count of $0.18 \pm 0.05 \times 10^3/\mu\text{L}$. Regarding the white cell series, the total white blood cell count (WBC) was $7.46 \pm 1.86 \times 10^3/\mu\text{L}$, with differential counts as follows: lymphocytes (LYM) $23.93 \pm 5.84\%$, monocytes (MONO) $3.31 \pm 1.01\%$, neutrophils (NEU) $71.82 \pm 6.67\%$, eosinophils (EOS) $0.51 \pm 0.24\%$, and basophils (BAS) $0.43 \pm 0.29\%$. In absolute values: LYM 1.75 ± 0.55 , MONO 0.24 ± 0.07 , NEU 5.39 ± 1.53 , EOS 0.05 ± 0.04 , and BAS $0.04 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$. Atypical lymphocytes (ALY) were $0.70 \pm 0.37\%$ ($0.05 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$), and large immature cells (LIC) were $0.80 \pm 0.27\%$ ($0.07 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$). In the platelet series, the platelet count was $2,250.15 \pm 1,543.53 \times 10^9/\text{L}$, mean platelet volume (MPV) $7.96 \pm 0.41 \text{ fL}$, platelet distribution width (PDW) $2.52 \pm 0.34 \text{ fL}$, plateletcrit (PCT) $1.95 \pm 1.33\%$, platelet-large cell ratio (P-LCR) $69.47 \pm 4.62\%$, and the large platelet count (P-LCC) was $1,781.68 \pm 1,249.70 \times 10^9/\text{L}$.

Keywords: blood, llamas, altitude here. hematology, Quillcaccasa.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La crianza de llamas (*Lama glama*) constituye una actividad pecuaria de importancia económica, social y cultural para las comunidades altoandinas del Perú, especialmente en zonas como Quillcaccasa, distrito de Aymaraes, región Apurímac, donde estos camélidos sudamericanos se adaptan a condiciones ambientales exigentes, caracterizadas por elevada altitud, bajas temperaturas, limitada disponibilidad de recursos forrajeros y variaciones nutricionales estacionales. En este contexto, el adecuado conocimiento del estado fisiológico y sanitario de las llamas es fundamental para mejorar su manejo, prevenir enfermedades y fortalecer la producción pecuaria local.

Dentro de la evaluación clínica veterinaria, los parámetros hematológicos representan indicadores importantes para conocer el estado de salud de los animales, ya que permiten valorar aspectos relacionados con la oxigenación, respuesta inmunológica, presencia de procesos inflamatorios, infecciosos, anémicos o alteraciones en la coagulación. La serie roja, la serie blanca y la serie plaquetaria proporcionan información básica para el diagnóstico, seguimiento y control sanitario de los animales. Sin embargo, la interpretación adecuada de estos parámetros requiere contar con valores de referencia propios de la especie, edad, sexo, condición fisiológica y ambiente donde se desarrollan los animales ⁴. En el caso de las llamas criadas en zonas altoandinas, los valores hematológicos pueden estar influenciados por factores como la altitud, el tipo de alimentación, el clima, el manejo productivo, el sexo y las condiciones sanitarias locales. Por ello, utilizar valores de referencia obtenidos en otras regiones, especies o condiciones ambientales podría generar interpretaciones clínicas inexactas. Esta situación representa una limitación para el diagnóstico veterinario, debido a que no siempre se dispone de información hematológica específica para poblaciones locales de llamas aparentemente sanas ⁵. Sin embargo, actualmente no se cuenta con valores hematológicos de referencia específicos para llamas en esta región, lo que limita significativamente la capacidad de los profesionales de salud animal para identificar trastornos hepáticos de manera oportuna y precisa ⁶. En muchos casos, los valores utilizados provienen de estudios realizados en



alpacas o en llamas de otras regiones con condiciones ambientales distintas, lo que puede llevar a errores de interpretación diagnóstica. Esta falta de información técnica afecta directamente la toma de decisiones clínicas, retrasa el tratamiento y favorece la progresión de enfermedades hepáticas que podrían prevenirse o controlarse con mayor eficacia ⁷. Frente a esta problemática, surge la necesidad de determinar los parámetros hematológicos de llamas (*Lama glama*) en Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac, considerando la cuantificación de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en animales de ambos sexos. La generación de estos valores permitirá contar con información básica y referencial para la evaluación clínica de las llamas criadas en esta zona altoandina, contribuyendo al diagnóstico veterinario, al manejo sanitario y al desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con la salud y producción de camélidos sudamericanos.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son los parámetros hematológicos de las llamas (*Lama glama*) de ambos sexos en Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros hematológicos de referencia de la serie roja en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac?
- ¿Cuáles son los parámetros hematológicos de referencia de la serie blanca en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac?
- ¿Cuáles son los parámetros hematológicos de referencia de la serie plaquetaria en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac?

1.2.3 Justificación de la investigación

La presente investigación es relevante debido a la escasa información hematológica disponible para llamas (*Lama glama*) en regiones altoandinas como Quillcaccasa, distrito de Aymaraes, Apurímac, donde esta especie cumple un rol fundamental en la economía familiar y la cultura local ⁸. Muchas enfermedades sistémicas y alteraciones hepáticas (muchas veces subclínicas), solo pueden ser detectadas de manera oportuna mediante análisis hematológicos



adecuados. Sin embargo, en la práctica clínica veterinaria se observa una marcada deficiencia en los valores de referencia específicos para llamas en esta zona, lo que dificulta el diagnóstico precoz y el monitoreo efectivo de enfermedades, especialmente aquellas que afectan al hígado. Esta falta de parámetros locales representa un vacío técnico-científico que limita la toma de decisiones clínicas y reduce la efectividad de los tratamientos ². La presente investigación busca llenar ese vacío mediante la determinación de parámetros hematológicos en llamas criadas a más de 3,800 m s.n.m., en condiciones ecológicas y de manejo propias del altiplano apurimeño. Los resultados beneficiarán directamente a los médicos veterinarios, técnicos agropecuarios y productores, al proporcionar herramientas diagnósticas más precisas y adaptadas a su realidad. Asimismo, este estudio aportará conocimiento original al campo de la medicina veterinaria andina, y podrá ser utilizado como referencia para futuras investigaciones o políticas de manejo sanitario. Dada la revalorización actual de los camélidos sudamericanos en la producción pecuaria sostenible, contar con información científica específica y actualizada resulta no solo pertinente, sino también urgente ⁷. Por tanto, esta investigación tiene un valor aplicado, académico y social, al contribuir al fortalecimiento de la sanidad animal en zonas rurales y al desarrollo sostenible de las comunidades altoandinas.



CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar los parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes –Apurímac.

2.1.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los parámetros hematológicos de referencia de la serie roja en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac.
- Cuantificar los parámetros hematológicos de referencia de la serie blanca en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac.
- Cuantificar los parámetros hematológicos de referencia de la serie plaquetaria en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Los parámetros hematológicos de las llamas (*Lama glama*) de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac presentan valores de referencia propios de la zona altoandina, los cuales permiten caracterizar el estado fisiológico de los animales evaluados.

2.2.2 Hipótesis específicas

- Los parámetros hematológicos de referencia de la serie roja en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac presentan valores propios asociados a las condiciones fisiológicas y ambientales de la zona de estudio.
- Los parámetros hematológicos de referencia de la serie blanca en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac presentan valores que permiten caracterizar la respuesta leucocitaria normal de los animales aparentemente sanos.
- Los parámetros hematológicos de referencia de la serie plaquetaria en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac



presentan valores que permiten describir la condición plaquetaria normal de los animales evaluados.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1. Variables operacionalizadas de hematología en llamas (*Lama glama*)

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Unidad / categoría
Dependiente / principal	Parámetros hematológicos	Conjunto de características cuantitativas de los elementos formes de la sangre que describen la serie eritrocitaria, leucocitaria y plaquetaria de las llamas.	Serie roja	Recuento de eritrocitos	$\times 10^6/\mu\text{L}$
				Concentración de hemoglobina	g/dL
				Hematocrito	%
				Volumen corpuscular medio	fL
				Hemoglobina corpuscular media	pg
				Concentración de hemoglobina corpuscular media	g/dL
				Amplitud de distribución eritrocitaria	%
				Eritrocitos nucleados relativos	%
				Eritrocitos nucleados absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
			Serie blanca	Recuento total de leucocitos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Linfocitos relativos	%
				Monocitos relativos	%
				Neutrófilos relativos	%
				Eosinófilos relativos	%
				Basófilos relativos	%
				Linfocitos absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Monocitos absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Neutrófilos absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Eosinófilos absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Basófilos absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Linfocitos atípicos relativos	%
				Linfocitos atípicos absolutos	$\times 10^3/\mu\text{L}$
				Células grandes inmaduras relativas	%
				Células grandes inmaduras absolutas	$\times 10^3/\mu\text{L}$
			Serie plaquetaria	Recuento total de plaquetas	$\times 10^9/\text{L}$
				Volumen plaquetario medio	fL
				Amplitud de distribución plaquetaria	fL
				Plaquetocrito	%
				Proporción de plaquetas grandes	%
				Recuento de plaquetas grandes	$\times 10^9/\text{L}$
Independiente / agrupación	Sexo	Condición biológica del animal.	Sexo del animal	Sexo biológico	Hembra / Macho

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) Conociendo que los análisis de parámetros bioquímicos y hematológicos en sangre constituyen una herramienta esencial para evaluar el estado de salud, la condición nutricional, el rendimiento productivo y la capacidad reproductiva de los animales; Ancco, E. en el 2024 realiza la evaluación de los parámetros hematológicos en llamas (*Lama glama*) de la raza k'ara en época húmeda, en Huancavelica, bajo un sistema de pastoreo extensivo en praderas naturales. El trabajo se llevó a cabo en la comunidad campesina Los Libertadores Huari, ubicada en el distrito de San Marcos de Rocchac, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, a una altitud de 4,120 metros sobre el nivel del mar. La investigación se desarrolló a lo largo de seis meses, desde enero hasta junio. Se trabajó con una población de 120 llamas, tanto machos como hembras, de diferentes grupos etarios. El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, utilizando como técnica principal la observación directa. Las muestras sanguíneas fueron recolectadas mediante venopunción, empleando tubos al vacío con y sin anticoagulante EDTA. En cuanto a los resultados, de los parámetros hematológicos también evidenciaron variaciones: leucocitos (17,197/ μ L en jóvenes y 15,480/ μ L en adultos), hemoglobina (16.05 g/dL vs. 15.62 g/dL), hematocrito (76.91% y 80.89%), y plaquetas (494,500/ μ L frente a 539,760/ μ L). Se concluye que, si bien se identifican diferencias cuantitativas entre llamas jóvenes y adultas en variables como leucocitos, hemoglobina y hematocrito, estas no son estadísticamente significativas, con excepción del recuento plaquetario ⁹.
- b) Tallacahua, R. y Mamani, R. en el 2017 realizan un estudio con la finalidad de evaluar los parámetros hematológicos en llamas (*Lama glama*) del altiplano central, este estudio se realizó un estudio entre los meses de agosto y diciembre del año 2016 en el municipio de Patacamaya. Las muestras de sangre fueron recolectadas entre las 5:30 y 6:00 de la mañana, en animales de aproximadamente un año de edad (tres hembras y tres machos), alimentados mediante pastoreo natural en praderas nativas. La obtención de las muestras se realizó a través de la vena safena, ubicada en las extremidades posteriores de los



animales. Los análisis se llevaron a cabo en el Instituto de Investigación SELADIS, específicamente en la Unidad de Ensayos Biológicos-Bioterios de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Andrés (FCFB-UMSA), utilizando los protocolos establecidos por Wiener LAB para los análisis del hemograma, con excepción del análisis de magnesio, que se efectuó conforme al protocolo de Labtests. En cuanto a los parámetros hematológicos, se reportaron: eritrocitos ($9,50 \pm 1,06$ millones/ mm^3), hemoglobina ($15,18 \pm 2,44$ g/dL), reticulocitos ($0,10 \pm 0,10\%$), hematocrito ($31,08 \pm 2,54\%$), volumen corpuscular medio ($33,71 \pm 1,62$ fL), hemoglobina corpuscular media ($15,85 \pm 0,73$ pg), concentración de hemoglobina corpuscular media ($48,68 \pm 3,92$ g/dL), leucocitos ($8,63 \pm 1,5$ mil/ mm^3), monocitos ($0,25\text{--}0,50\%$), linfocitos ($58,75\text{--}33\%$), neutrófilos ($43,45 \pm 4,32\%$), eosinófilos (0 a $5,5\%$), basófilos (0%), recuento plaquetario ($173,33 \pm 29,66$ millones/ mm^3) y velocidad de sedimentación globular (VSG: $4\text{--}7$ mm) ².

- c) Otro trabajo de investigación llevado a cabo por Troiano, J.C. en el 2013, en llamas (*Lama glama*), tuvo como propósito establecer valores de referencia para distintos parámetros hematológicos. Los resultados obtenidos mostraron que el recuento de glóbulos rojos (RGR) presentó un valor medio de $12.22 \pm 1.99 \times 10^6/\mu\text{L}$; el hematocrito (Hto) alcanzó un promedio de $32.58 \pm 2.26\%$; mientras que la concentración de hemoglobina (Hb) fue de 13.76 ± 2.26 g/dL. En cuanto a los índices eritrocitarios, el volumen corpuscular medio (VCM) fue de 27.23 ± 4.47 fL, la hemoglobina corpuscular media (CHM) se situó en 11.90 ± 1.97 pg, y la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) fue de $43.81 \pm 1.54\%$. Respecto al total de leucocitos (RGB), el valor promedio fue de $13,890 \pm 2,934$ células/ mm^3 . En la fórmula leucocitaria se observaron los siguientes porcentajes: linfocitos $22 \pm 2.9\%$, neutrófilos $52 \pm 20.9\%$, monocitos $7 \pm 2.9\%$, eosinófilos $10.3 \pm 2.9\%$, y basófilos $1 \pm 0.9\%$. Finalmente, el recuento plaquetario arrojó un promedio de $422,000 \pm 90,000$ plaquetas ¹⁰.
- d) Por otro lado, Marín, R.E. y Tapia, C. entre los años 2007 y 2008 recolectaron muestras de sangre de un total de 297 llamas adultas, todas mayores de tres años y sin distinción de sexo. Estos ejemplares provenían de 28 localidades distribuidas en seis departamentos provinciales, y estaban bajo el cuidado de 65 productores diferentes. La mayoría de los animales se encontraban en zonas ubicadas por encima de los 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), con excepción de una sola tropa localizada a 1800 msnm. Todos los rebaños incluidos en el estudio eran nativos y se manejaban bajo un



sistema tradicional de la región, caracterizado por una crianza extensiva y alimentación basada en pastoreo natural, sin suplementación o racionamiento. Por cada productor, se seleccionaron aleatoriamente entre 5 y 10 llamas por tropa, asegurando que ningún animal presentara signos clínicos evidentes de enfermedad. La toma de muestras se realizó mediante punción en la vena yugular, utilizando tubos con anticoagulante para preservar la integridad de la sangre. Posteriormente, las muestras fueron analizadas mediante un equipo hematológico automatizado para la evaluación de los parámetros sanguíneos. Los hematíes alcanzaron una media de 12.8 millones/mm³, el hematocrito tuvo una media de 33.9 %, hemoglobina 14.2 g/dL y el VCM 27.4 fL ¹¹.

- e) En el año 2006 Oliveira, D.S, reporta valores hematológicos de llamas criadas en cautiverio en zoológicos del municipio de Gravatia de Rio Grande del Sur de Brasil, en donde los valores de la serie roja muestran que los eritrocitos se encontraron en $11.69 \pm 1.75 \times 10^6/\mu\text{L}$ en machos y $10.39 \pm 1.67 \times 10^6/\mu\text{L}$ (hembras); Hto $32.74 \pm 3.87\%$ en machos y $30.47 \pm 2.76\%$ (hembras); Hb $14.96 \pm 1.88 \text{ g/dL}$ en machos y $13.75 \pm 1.49 \text{ g/dL}$ (hembras); VCM $28.51 \pm 3.01 \text{ fL}$ (machos) y $29.62 \pm 4.08 \text{ fL}$ (hembras); CHCM $45.49 \pm 2.48 \%$ (machos) y $45.6 \pm 2.2 \%$ (hembras). El recuento de glóbulos blancos (RGB) fue de $15.24 \pm 3.2 \times 10^3/\mu\text{L}$ (machos) y $16.7 \pm 3.5 \times 10^3/\mu\text{L}$ (hembras); neutrófilos $10.49 \pm 2.9 \times 10^3/\mu\text{L}$ (machos) y $10.88 \pm 3.3 \times 10^3/\mu\text{L}$ (hembras); linfocitos $22.72 \pm 0.94 \times 10^3/\mu\text{L}$ (machos) y $25.97 \pm 0.84 \times 10^3/\mu\text{L}$ (hembras); eosinófilos $16.57 \pm 1.08 \times 10^3/\mu\text{L}$ (machos) y $22.68 \pm 1.09 \times 10^3/\mu\text{L}$ (hembras); monocitos $7.89 \pm 0.36 \times 10^3/\mu\text{L}$ (machos) y $7.10 \pm 0.37 \times 10^3/\mu\text{L}$ ¹².
- f) De manera análoga, se llevó a cabo un estudio por Candia, M. en 1986, para establecer los valores hematológicos en llamas (*Lama glama*), tomando como muestra a 54 ejemplares adultos, con edades comprendidas entre los 3 y 4 años. Para la obtención y análisis de los datos se emplearon métodos clásicos de laboratorio, entre ellos la técnica de Wintrobe para el hematocrito, el método de cianmetahemoglobina para la hemoglobina, recuento celular en cámara para glóbulos rojos y blancos, y la fórmula leucocitaria se determinó utilizando el método de Schilling. Los resultados obtenidos reflejaron los siguientes valores promedio: recuento de glóbulos rojos (RGR) de $16.67 \times 10^6/\text{mm}^3$, concentración de hemoglobina (Hb) del 15.3%, hematocrito (Hto) de 38.04%, hemoglobina corpuscular media (HCM) de 9.3 picogramos, concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) del 40.38%, y recuento total de glóbulos blancos (RGB) de 10,610 células/mm³. En cuanto a la fórmula leucocitaria, se



registraron los siguientes porcentajes: neutrófilos 77%, linfocitos 18.4%, monocitos 3.2%, eosinófilos 5.1% y basófilos 1.2%³.

- g) Estrada, W. en el 2024 realiza un estudio con el propósito de establecer los valores hematológicos en crías de llamas (*Lama glama*). Para ello, se seleccionaron 40 ejemplares de ambos sexos (50% hembras y 50% machos), procedentes de la comunidad campesina de San Miguel de Mestizas, ubicada en los Andes del sur del Perú, a una altitud de 4,087 metros sobre el nivel del mar. Los animales, alimentados con leche materna y pastos naturales, fueron considerados clínicamente sanos al momento del muestreo. La recolección de sangre se realizó a través de la vena cefálica, utilizando tubos con anticoagulante EDTA. Posteriormente, las muestras fueron conservadas a 4°C y transportadas al laboratorio, donde fueron analizadas a las tres horas mediante un analizador hematológico automatizado. Los valores obtenidos fueron los siguientes: glóbulos rojos (RGR): $11.64 \pm 0.98 \times 10^6/\mu\text{L}$; hemoglobina (Hb): $14.01 \pm 0.99 \text{ g/dL}$; hematocrito (Hto): $28.95 \pm 2.5\%$; volumen corpuscular medio (VCM): $25.24 \pm 1.53 \text{ fL}$; hemoglobina corpuscular media (CHM): $11.64 \pm 0.74 \text{ pg}$; concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM): $45.12 \pm 3.5 \text{ g/dL}$; distribución eritrocitaria (RDW-CV): $17.81 \pm 1.49\%$; eritrocitos nucleados (NRBC): $1.09 \pm 0.35\%$ ($0.18 \pm 0.13 \times 10^3/\mu\text{L}$). En cuanto a la serie blanca, el recuento de glóbulos blancos (RGB) fue de $10.58 \pm 1.61 \times 10^3/\mu\text{L}$, con porcentajes y valores absolutos de linfocitos ($27.47 \pm 4.51\%$; $2.56 \pm 0.29 \times 10^3/\mu\text{L}$), monocitos ($4.14 \pm 0.61\%$; $0.41 \pm 0.1 \times 10^3/\mu\text{L}$), neutrófilos ($66.05 \pm 7.26\%$; $6.31 \pm 0.93 \times 10^3/\mu\text{L}$), eosinófilos ($0.65 \pm 0.25\%$; $0.06 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$), basófilos ($0.31 \pm 0.13\%$; $0.05 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$), linfocitos atípicos (ALY: $0.69 \pm 0.16\%$; $0.07 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$), y células grandes inmaduras (LIC: $0.9 \pm 0.25\%$; $0.09 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$). Para la serie plaquetaria, se registraron los siguientes valores: recuento plaquetario: $2766.03 \pm 839.2 \times 10^9/\text{L}$, volumen plaquetario medio (VPM): $7.97 \pm 0.48 \text{ fL}$, distribución plaquetaria (PDW): $2.98 \pm 0.55 \text{ fL}$, plaquetocrito (PCT): $2.17 \pm 1.27\%$, cociente de plaquetas grandes (P-LCR): $69.28 \pm 5.31\%$ y recuento de plaquetas grandes (P-LCC): $2499.55 \pm 697.9 \times 10^9/\text{L}$. En conclusión, se identificaron diferencias entre hembras y machos en ciertos parámetros de la serie roja, como CHCM y NRBC; en la serie blanca, las variaciones incluyeron los valores de RGB, monocitos, eosinófilos, basófilos, ALY y LIC, tanto en porcentaje como en valores absolutos; mientras que, en la serie plaquetaria, las discrepancias se observaron en el recuento plaquetario total, PCT, P-LCC y PDW⁸.



3.2 Marco teórico

3.2.1 Hematología veterinaria

La hematología veterinaria es la rama de la medicina veterinaria que estudia los elementos celulares de la sangre y sus componentes, como glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, y el plasma. Su objetivo principal es evaluar el estado de salud general de los animales, así como diagnosticar enfermedades hematológicas, infecciones, procesos inflamatorios, anemias, trastornos de coagulación, entre otros ¹³. Los exámenes hematológicos más comunes incluyen el hemograma completo, que permite contar y evaluar las características morfológicas de las células sanguíneas. A través del análisis de parámetros como el hematocrito, la hemoglobina, el recuento de eritrocitos y leucocitos, y el índice de plaquetas, el veterinario puede obtener información valiosa sobre la función hematopoyética del animal y su respuesta inmunológica ¹⁴. La hematología también se emplea para el monitoreo de tratamientos, la detección de efectos secundarios farmacológicos, o como parte de exámenes prequirúrgicos. Además, en animales domésticos y de producción, esta especialidad resulta clave para el control sanitario, prevención de enfermedades y mejora del bienestar animal ¹⁵. El análisis se realiza a partir de muestras de sangre obtenidas mediante venopunción. Es fundamental una correcta recolección, almacenamiento y manipulación de la muestra para evitar errores diagnósticos. La interpretación de los resultados debe considerar factores como la especie, raza, edad, estado fisiológico y condiciones ambientales. Con el avance de la tecnología, el uso de analizadores hematológicos automáticos y técnicas complementarias como la citometría de flujo ha mejorado la precisión diagnóstica. Sin embargo, el frotis sanguíneo sigue siendo una herramienta esencial, especialmente en el reconocimiento de alteraciones celulares que podrían pasar desapercibidas con métodos automatizados ^{13, 14}.

3.2.2 Serie roja de la sangre de llamas

La serie roja de la sangre de las llamas (*Lama glama*) presenta características únicas adaptadas a su entorno de alta altitud, donde los niveles de oxígeno son bajos. Los eritrocitos de las llamas son notoriamente elípticos y de menor tamaño en comparación con los de otras especies domésticas, lo que les permite una mayor eficiencia en el intercambio gaseoso y facilita su paso por capilares estrechos. Además, tienen una alta concentración de hemoglobina y un mayor número de



eritrocitos por unidad de volumen sanguíneo, lo que mejora la capacidad de transporte de oxígeno^{3, 7, 10}. Estas adaptaciones hematológicas permiten a las llamas mantener una oxigenación adecuada de los tejidos incluso en condiciones de hipoxia ambiental. A diferencia de otros mamíferos, sus glóbulos rojos no se aglutinan fácilmente y son más resistentes a la hemólisis osmótica, lo que les confiere estabilidad en diferentes condiciones fisiológicas¹⁶. El hematocrito en llamas suele ser más elevado que en otras especies, aunque puede variar según el estado fisiológico, el nivel de hidratación y la altitud en la que habite el animal. La forma y estructura elíptica de los eritrocitos también les proporciona mayor plasticidad, permitiendo una circulación más eficiente. En general, estas particularidades de la serie roja reflejan una especialización evolutiva para sobrevivir en ambientes extremos y son importantes de considerar al interpretar hemogramas en esta especie. Por ello, los valores de referencia hematológicos en llamas difieren notablemente de los establecidos para otras especies domésticas, lo que subraya la necesidad de utilizar rangos específicos al realizar evaluaciones clínicas^{16, 17}.

3.2.2.1 **Conteo de eritrocitos o Recuento de glóbulos rojos (RGR x 10⁶/μL)**

El conteo de eritrocitos o recuento de glóbulos rojos en llamas (*Lama glama*) es una medición hematológica que determina la cantidad de eritrocitos presentes por unidad de volumen sanguíneo, generalmente expresada en millones por microlitro ($\times 10^6/\mu\text{L}$). En esta especie, el valor normal es considerablemente más alto que en otros animales domésticos, con rangos que pueden oscilar entre 10 y 18 $\times 10^6/\mu\text{L}$, dependiendo de factores como la altitud, edad, estado fisiológico y condiciones ambientales. Esta elevada concentración eritrocitaria es una adaptación fisiológica que permite a las llamas optimizar el transporte de oxígeno en ambientes de baja presión parcial de oxígeno, como los que se encuentran en las regiones altoandinas¹⁶. Además, sus eritrocitos son pequeños, elípticos y altamente eficientes, lo que permite una mayor cantidad de células en el torrente sanguíneo sin aumentar excesivamente la viscosidad de la sangre. El conteo de eritrocitos puede realizarse mediante métodos manuales con cámaras de Neubauer o de forma automatizada, aunque es importante considerar que algunos equipos no reconocen adecuadamente la morfología específica de los eritrocitos de camélidos¹⁵. Una alteración en el recuento puede indicar diferentes condiciones clínicas: una eritrocitosis puede estar asociada a



deshidratación o hipoxia crónica, mientras que una disminución (eritropenia) puede reflejar anemia, pérdida sanguínea o trastornos en la médula ósea. Por ello, el recuento de glóbulos rojos es un parámetro fundamental en la evaluación hematológica de las llamas y debe interpretarse junto a otros valores como hematocrito, hemoglobina y morfología celular para lograr un diagnóstico más preciso y completo ^{7, 13}.

3.2.2.2 Nivel de hemoglobina (Hb g/dL)

El nivel de hemoglobina en llamas (*Lama glama*) se refiere a la concentración de esta proteína transportadora de oxígeno presente en los glóbulos rojos, expresada comúnmente en gramos por decilitro (g/dL). En esta especie, los valores normales suelen ser más elevados que en otros animales domésticos, variando entre 12 y 18 g/dL, como parte de sus adaptaciones fisiológicas a la vida en altitudes elevadas donde el oxígeno ambiental es escaso ¹⁶. La hemoglobina en las llamas posee una alta afinidad por el oxígeno, lo que facilita su captación eficiente en los pulmones y su posterior liberación en los tejidos. Esta característica, junto con el elevado número de eritrocitos y su forma elíptica, permite una oxigenación adecuada en condiciones de hipoxia. El nivel de hemoglobina es un indicador importante del estado general de salud, ya que alteraciones en su concentración pueden señalar patologías como anemias, enfermedades crónicas, deficiencias nutricionales o estados de deshidratación. La determinación del nivel de hemoglobina puede realizarse mediante métodos colorimétricos o con analizadores automáticos, siempre considerando que los equipos estén calibrados para camélidos. Niveles por debajo del rango normal pueden reflejar una capacidad reducida de transporte de oxígeno, mientras que valores elevados pueden estar relacionados con concentraciones aumentadas de eritrocitos por deshidratación o adaptación fisiológica extrema. Por lo tanto, el nivel de hemoglobina en llamas es un parámetro clave en la evaluación hematológica, especialmente útil para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades sistémicas o del estado nutricional y fisiológico del animal ^{3, 10, 16}.

3.2.2.3 Porcentaje de hematocrito (Hto %)

El porcentaje de hematocrito en llamas (*Lama glama*) representa la proporción del volumen sanguíneo total que está ocupada por los glóbulos rojos, expresada como un porcentaje (%). Este valor es un indicador clave



de la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre y varía normalmente entre 30 % y 43 % en llamas sanas, aunque puede fluctuar dependiendo de factores como edad, altitud, estado fisiológico, hidratación y condiciones ambientales. Dado que las llamas están adaptadas a vivir en altitudes elevadas, su hematocrito tiende a ser más alto que el de muchas otras especies domésticas, lo cual contribuye a una mayor eficiencia en la oxigenación de los tejidos bajo condiciones de hipoxia ambiental ^{18, 19}. Un valor elevado de hematocrito puede indicar deshidratación, policitemia o una respuesta adaptativa a bajas concentraciones de oxígeno, mientras que niveles bajos suelen asociarse a anemia, pérdida sanguínea, deficiencias nutricionales o enfermedades sistémicas. El hematocrito se determina generalmente por centrifugación de sangre en tubos capilares, lo que separa los componentes celulares del plasma, o mediante métodos automatizados. Es importante interpretar este valor junto con otros parámetros hematológicos, como el recuento de eritrocitos y la concentración de hemoglobina, para obtener un diagnóstico más preciso. En llamas, debido a sus características hematológicas particulares —como eritrocitos pequeños, elípticos y numerosos—, el hematocrito es un parámetro especialmente relevante en la valoración clínica, ya que refleja de manera directa la capacidad del animal para mantener una oxigenación adecuada bajo diferentes condiciones fisiológicas o patológicas ^{3, 18, 20}.

3.2.2.4 Volumen medio de glóbulo rojo o volumen corpuscular medio (VCM fL)

El volumen medio de glóbulo rojo, también conocido como volumen corpuscular medio (VCM), es un parámetro hematológico que indica el tamaño promedio de los eritrocitos en una muestra de sangre, expresado en femtolitros (fL). En las llamas (*Lama glama*), el VCM es notoriamente más bajo que en otras especies domésticas, con valores que generalmente oscilan entre 17 y 23 fL. Esta característica refleja la presencia de eritrocitos pequeños y elípticos, una adaptación evolutiva que permite una mayor cantidad de glóbulos rojos por unidad de volumen sin aumentar la viscosidad de la sangre, lo cual es crucial para una eficiente oxigenación en ambientes de alta altitud y baja presión de oxígeno ²¹. La medición del VCM se utiliza para clasificar los tipos de anemia: un VCM bajo indica una anemia microcítica, mientras que un valor elevado sugiere una anemia



macrocítica, generalmente relacionada con regeneración eritrocitaria o deficiencias nutricionales. El VCM se calcula automáticamente mediante analizadores hematológicos o puede obtenerse manualmente a partir del hematocrito y el recuento de eritrocitos. En llamas, la interpretación de este parámetro requiere atención especial debido a sus valores únicos y a la morfología distintiva de sus eritrocitos, que no siempre son reconocidos adecuadamente por equipos diseñados para otras especies. Por lo tanto, el VCM en llamas es un indicador útil y específico del estado eritrocitario y debe considerarse junto a otros parámetros como la concentración de hemoglobina y el recuento de glóbulos rojos para un diagnóstico hematológico completo y preciso ^{7, 16, 21}.

3.2.2.5 Hemoglobina media por eritrocito o Hemoglobina corpuscular media (HCM pg)

La hemoglobina media por eritrocito, también conocida como hemoglobina corpuscular media (HCM), es un parámetro hematológico que indica la cantidad promedio de hemoglobina contenida en cada glóbulo rojo, expresada en picogramos (pg). En llamas (*Lama glama*), los valores normales de HCM suelen oscilar entre 5 y 8 pg, siendo notablemente más bajos que en otras especies domésticas, debido a la menor talla eritrocitaria característica de los camélidos sudamericanos. A pesar del bajo valor individual, la alta concentración de eritrocitos en sangre compensa esta diferencia, garantizando un transporte de oxígeno eficiente, incluso en ambientes de baja presión parcial de oxígeno como los de gran altitud (14). La HCM se calcula dividiendo la concentración total de hemoglobina entre el número total de eritrocitos, y puede obtenerse mediante analizadores hematológicos automatizados o por fórmulas manuales. Este parámetro es útil para clasificar anemias: una HCM baja sugiere anemia hipocrómica, asociada comúnmente con deficiencia de hierro, mientras que una HCM normal o alta puede encontrarse en anemias normocrómicas o macrocíticas. En llamas, la interpretación de la HCM debe hacerse con base en valores de referencia específicos de la especie, ya que el uso de rangos propios de otras especies puede llevar a errores diagnósticos. Asimismo, es fundamental considerar este valor junto con el volumen corpuscular medio (VCM) y la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) para obtener una evaluación completa del estado eritrocitario. En conjunto, la HCM



contribuye significativamente al diagnóstico diferencial de trastornos hematológicos en llamas y al seguimiento clínico de su salud general ^{7, 18, 22}.

3.2.2.6 Concentración media de hemoglobina eritrocitaria o Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM g/dL)

La concentración media de hemoglobina eritrocitaria, también conocida como concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), es un parámetro hematológico que refleja la proporción de hemoglobina contenida dentro de un volumen determinado de glóbulos rojos, expresada en gramos por decilitro (g/dL). En llamas (*Lama glama*), los valores normales de CHCM suelen ubicarse entre 33 y 37 g/dL, similares a los observados en otras especies, a pesar de sus diferencias morfológicas eritrocitarias. Este parámetro es independiente del tamaño del eritrocito y se considera útil para evaluar la intensidad del color (cromía) de los glóbulos rojos, siendo clave en la clasificación de anemias ²¹. Una CHCM baja indica anemia hipocrómica, comúnmente asociada a deficiencia de hierro o trastornos crónicos, mientras que valores normales o elevados pueden observarse en anemias normocrómicas o en casos de esferocitosis. En llamas, la CHCM adquiere particular relevancia debido a la estructura elíptica y pequeña de sus eritrocitos, lo que puede alterar la precisión de algunos equipos automatizados si no están calibrados para camélidos. A diferencia de la hemoglobina corpuscular media (HCM), que indica la cantidad absoluta de hemoglobina por célula, la CHCM expresa la concentración relativa dentro del eritrocito, y su análisis conjunto permite una mejor comprensión del estado funcional de la serie roja. La interpretación adecuada de la CHCM, en combinación con otros índices eritrocitarios como VCM y HCM, es esencial para un diagnóstico hematológico preciso en llamas, ya que permite identificar alteraciones en la producción, maduración o integridad de los glóbulos rojos, contribuyendo a una evaluación integral del estado clínico del animal ^{7, 21, 23}.

3.2.2.7 Variabilidad del tamaño de glóbulos rojos o amplitud de distribución eritrocitaria (Red Cell Blood Distribution Width) - (RDW-CV %).

La variabilidad del tamaño de los glóbulos rojos, también conocida como amplitud de distribución eritrocitaria (ADE o RDW por sus siglas en inglés), es un parámetro hematológico que mide el grado de heterogeneidad en el



tamaño de los eritrocitos presentes en una muestra de sangre. En llamas (*Lama glama*), este valor puede tener particular importancia diagnóstica debido a la morfología única de sus glóbulos rojos, que son pequeños, elípticos y altamente uniformes en animales sanos. La ADE se expresa como un porcentaje y, en condiciones normales, presenta valores bajos, reflejando una población eritrocitaria homogénea ²¹. Un aumento en la ADE indica anisocitosis, es decir, una mayor variación en el tamaño de los eritrocitos, lo cual puede ser un signo temprano de alteraciones en la eritropoyesis, regeneración medular, deficiencias nutricionales (como hierro o vitamina B12) o presencia de anemias regenerativas o mixtas. La ADE se determina mediante analizadores hematológicos automáticos y debe interpretarse con cautela en llamas, ya que los equipos convencionales pueden no estar ajustados a las características morfológicas particulares de los eritrocitos de camélidos, lo que podría generar resultados erróneos si no se validan con un frotis sanguíneo. Este parámetro es especialmente útil cuando se analiza en conjunto con el volumen corpuscular medio (VCM), ya que permite diferenciar entre distintos tipos de anemia y evaluar la respuesta medular del animal. En llamas, una interpretación adecuada de la ADE contribuye significativamente al diagnóstico precoz y seguimiento de trastornos hematológicos, siendo una herramienta complementaria en el análisis integral de la serie roja ^{7, 21, 23}.

3.2.3 Serie blanca de la sangre de llamas

La serie blanca de la sangre en llamas (*Lama glama*) está compuesta por los leucocitos o glóbulos blancos, células fundamentales del sistema inmunológico encargadas de la defensa frente a agentes infecciosos, procesos inflamatorios y otras alteraciones fisiopatológicas ¹⁴. En condiciones normales, el recuento total de leucocitos en llamas varía entre 9.000 y 16.000 células por microlitro, aunque este rango puede verse afectado por factores como edad, estrés, estado fisiológico, enfermedades o altitud. Los principales tipos de leucocitos presentes son neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos, cada uno con funciones específicas en la respuesta inmune. A diferencia de otras especies, las llamas presentan un predominio fisiológico de neutrófilos sobre linfocitos en el recuento diferencial, lo cual es importante considerar al interpretar hemogramas. Los neutrófilos actúan



como primera línea de defensa contra infecciones bacterianas, mientras que los linfocitos participan en la respuesta inmune adaptativa. Monocitos, eosinófilos y basófilos tienen funciones clave en procesos inflamatorios, alergias o infecciones parasitarias ²⁴. La morfología de los leucocitos en llamas es similar a la de otras especies, aunque pueden existir diferencias sutiles que requieren experiencia en citología para su correcta interpretación. El análisis de la serie blanca se realiza mediante recuentos manuales o automatizados, complementados con el examen microscópico de frotis sanguíneos para detectar alteraciones morfológicas o tóxicas ⁷. Cambios en la cantidad o proporción de leucocitos pueden indicar infecciones, inflamaciones agudas o crónicas, inmunosupresión, estrés o enfermedades hematológicas. Por ello, la evaluación de la serie blanca es esencial para el diagnóstico y seguimiento clínico en llamas, siendo una herramienta clave en medicina preventiva y en la toma de decisiones terapéuticas ante diversos cuadros clínicos que afecten el estado inmunológico del animal ¹⁵.

3.2.3.1 Recuento de glóbulos blancos o conteo total de leucocitos (RGB x $10^3/\mu\text{L}$)

El recuento de glóbulos blancos o conteo total de leucocitos (RGB x $10^3/\mu\text{L}$) en llamas (*Lama glama*) es una medición hematológica que determina la cantidad total de leucocitos presentes por microlitro de sangre, siendo un indicador clave del estado inmunológico del animal. En llamas sanas, los valores normales de leucocitos suelen oscilar entre 9.000 y 16.000 células/ μL , aunque pueden variar en función de la edad, el estrés, la altitud y la condición fisiológica o patológica. Este recuento incluye los principales tipos de leucocitos: neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos ²⁵. Un aumento en el conteo (leucocitosis) puede indicar infecciones bacterianas, inflamación, estrés o neoplasias, mientras que una disminución (leucopenia) puede estar asociada a infecciones virales, inmunosupresión o enfermedades que afectan la médula ósea. El recuento puede realizarse mediante métodos manuales utilizando una cámara de Neubauer o mediante analizadores hematológicos automatizados, siempre complementando con una evaluación morfológica en frotis para una interpretación precisa ¹⁸. En llamas, es importante considerar que los valores normales y la proporción de los diferentes tipos de leucocitos pueden diferir ligeramente de otras especies, especialmente en condiciones de altitud.



Además, la corrección del recuento total es fundamental en presencia de eritrocitos nucleados (NRBC), ya que pueden interferir con el conteo automatizado. Por tanto, el recuento total de leucocitos es una herramienta diagnóstica esencial para evaluar la respuesta inmune, detectar infecciones y monitorear el estado general de salud en llamas ²⁶.

3.2.3.2 Proporción o Porcentaje de linfocitos (LYM %)

El porcentaje de linfocitos en llamas (*Lama glama*) representa la proporción de estos leucocitos dentro del recuento diferencial total de glóbulos blancos, y es un parámetro clave para evaluar la respuesta inmunitaria adaptativa del animal. En llamas sanas, los linfocitos suelen constituir entre el 20 % y 45 % de los leucocitos circulantes, aunque este valor puede variar según factores como edad, estrés, estado fisiológico y condiciones ambientales. Los linfocitos participan en la producción de anticuerpos, la activación de otras células inmunes y la memoria inmunológica frente a agentes infecciosos ⁷. Un aumento en su porcentaje (linfocitosis) puede indicar infecciones virales, estimulación antigénica o recuperación post-infecciosa, mientras que una disminución (linfopenia) suele relacionarse con estrés, enfermedades inmunosupresoras o infecciones severas. El análisis del porcentaje de linfocitos se realiza mediante recuento diferencial en frotis sanguíneo o mediante analizadores automáticos. En llamas, es importante considerar que, a diferencia de muchas otras especies domésticas, los neutrófilos suelen predominar fisiológicamente sobre los linfocitos, lo cual debe tenerse en cuenta al interpretar resultados. Por ello, el porcentaje de linfocitos es un parámetro esencial para valorar el equilibrio inmunológico y detectar alteraciones en el sistema de defensa del animal ^{27, 28}.

3.2.3.3 Proporción o Porcentaje de monocitos (MONO %)

El porcentaje de monocitos en llamas (*Lama glama*) indica la proporción de estos leucocitos dentro del recuento diferencial total de glóbulos blancos, y normalmente representa entre el 0 % y 6 % del total en animales sanos. Los monocitos son células fagocíticas de gran tamaño que forman parte del sistema inmunitario innato y se encargan de eliminar patógenos, restos celulares y participar en la respuesta inflamatoria crónica ^{26, 29}. Una vez que migran a los tejidos, se transforman en macrófagos o células dendríticas,



desempeñando un papel crucial en la presentación de antígenos y la activación de la inmunidad adaptativa ²⁷. Un aumento en el porcentaje de monocitos (monocitosis) puede observarse en infecciones crónicas, procesos inflamatorios persistentes, recuperación postinfecciosa o enfermedades granulomatosas. Por otro lado, una disminución marcada (monocitopenia) es poco frecuente, pero puede asociarse a estados de inmunosupresión o daño medular. El porcentaje de monocitos se determina a través de recuento diferencial manual o por analizadores hematológicos automáticos, aunque en llamas es recomendable confirmar los resultados mediante la evaluación de un frotis sanguíneo, debido a posibles variaciones morfológicas. Este parámetro es útil para valorar procesos infecciosos o inflamatorios de evolución prolongada en el animal ^{25, 24}.

3.2.3.4 Proporción o Porcentaje de neutrófilos (NEU %)

El porcentaje de neutrófilos en llamas (*Lama glama*) representa la proporción de estos leucocitos dentro del recuento diferencial total de glóbulos blancos, siendo los neutrófilos la población predominante en condiciones fisiológicas, con valores normales que oscilan entre el 50 % y 75 %. Estas células son esenciales en la primera línea de defensa del sistema inmunitario, ya que participan activamente en la fagocitosis y destrucción de bacterias, hongos y otros agentes patógenos, especialmente durante infecciones agudas ¹⁵. Un aumento en su proporción (neutrofilia) puede indicar procesos inflamatorios, infecciones bacterianas, estrés o administración de corticosteroides, mientras que una disminución (neutropenia) puede estar relacionada con infecciones virales, daño medular o enfermedades inmunosupresoras. En llamas, la interpretación del porcentaje de neutrófilos debe realizarse junto con el número absoluto y con la morfología celular observada en el frotis sanguíneo, ya que la presencia de formas inmaduras (como cayados) puede indicar una respuesta inflamatoria activa ¹⁶. Dado su papel central en la inmunidad innata, el porcentaje de neutrófilos es un parámetro clave para evaluar la respuesta inmunológica del animal frente a diversos agentes infecciosos y condiciones clínicas ²⁴.



3.2.3.5 Proporción o porcentaje de eosinófilos (EOS %)

La proporción de eosinófilos en llamas (*Lama glama*) representa el porcentaje de estos leucocitos dentro del recuento diferencial total de glóbulos blancos, con valores normales que suelen variar entre el 0 % y 10 %. Los eosinófilos son células especializadas en la respuesta inmunitaria frente a parásitos, así como en procesos alérgicos y reacciones de hipersensibilidad^{27, 24}. Contienen gránulos citoplasmáticos ricos en enzimas que participan en la destrucción de agentes patógenos y en la modulación de la inflamación. Un aumento en su proporción (eosinofilia) puede estar asociado a infestaciones parasitarias, enfermedades alérgicas, dermatitis, reacciones inmunológicas o ciertas neoplasias, mientras que una disminución (eosinopenia) puede presentarse durante episodios de estrés agudo o como parte de la acción de corticosteroides^{30, 31}. En llamas, la proporción de eosinófilos debe interpretarse considerando el contexto clínico, ya que puede fluctuar por factores fisiológicos o ambientales. Su identificación se realiza mediante el recuento diferencial en sangre periférica, preferiblemente confirmado mediante evaluación microscópica de un frotis sanguíneo. Este parámetro es útil como indicador complementario en el diagnóstico de enfermedades parasitarias o inmunológicas que afecten el sistema hematológico del animal²⁵.

3.2.3.6 Proporción o porcentaje de basófilos (BASO %)

La proporción de basófilos en llamas (*Lama glama*) representa el porcentaje de estos leucocitos dentro del recuento diferencial de glóbulos blancos, y en condiciones normales su presencia es muy baja, generalmente menor al 1 %. Los basófilos son células del sistema inmunitario involucradas en respuestas alérgicas e inflamatorias, y contienen gránulos ricos en histamina, heparina y otros mediadores químicos que se liberan durante reacciones de hipersensibilidad o inflamación^{27, 24}. Aunque su función específica no está completamente comprendida, se sabe que desempeñan un papel importante en la regulación de procesos alérgicos, en la defensa contra ciertos parásitos y en la modulación de otras células inmunitarias. Un aumento en su proporción (basofilia) es poco frecuente pero puede estar asociado a alergias, infestaciones parasitarias crónicas o enfermedades mieloproliferativas, mientras que una disminución (basopenia) carece de



relevancia diagnóstica específica, ya que los basófilos normalmente se encuentran en cantidades muy reducidas ^{26, 32}. En llamas, su detección precisa requiere un examen cuidadoso del frotis sanguíneo, ya que su bajo número puede dificultar su identificación mediante métodos automatizados. Aunque su proporción es pequeña, el análisis de basófilos puede aportar información útil en cuadros clínicos complejos relacionados con el sistema inmunológico ^{27, 25}.

3.2.3.7 Recuento absoluto de linfocitos (LYM x 10³/μL)

El recuento absoluto de linfocitos (LYM x 10³/μL), indica la cantidad total de linfocitos circulantes por microlitro de sangre y es un valor clave para evaluar la función inmunitaria adaptativa. En llamas sanas, los valores normales suelen oscilar entre 2.000 y 7.000 linfocitos/μL. Un aumento (linfocitosis) puede indicar infecciones virales o estimulación inmunológica, mientras que una disminución (linfopenia) se asocia con estrés, inmunosupresión o infecciones severas. Este parámetro debe interpretarse junto con el recuento total de leucocitos y otros diferenciales para un diagnóstico hematológico preciso (27) (28).

3.2.3.8 Recuento absoluto de monocitos (MONO x 10³/μL)

El recuento absoluto de monocitos (MONO x 10³/μL), representa la cantidad total de monocitos circulantes por microlitro de sangre. En artiodáctilos en condiciones normales, este valor varía entre 0 y 1.000 monocitos/μL. Los monocitos son células fagocíticas que participan en la defensa contra infecciones crónicas, inflamación prolongada y reparación tisular. Un aumento (monocitosis) puede estar asociado a infecciones crónicas, procesos inflamatorios o recuperación postinfecciosa ^{26, 29}. Su disminución (monocitopenia) es rara, pero puede reflejar inmunosupresión o alteraciones medulares. Este parámetro es útil en la evaluación integral del sistema inmune y debe considerarse junto a otros recuentos leucocitarios ²⁴.

3.2.3.9 Recuento absoluto de neutrófilos (NEU x 10³/μL)

El recuento absoluto de neutrófilos (NEU x 10³/μL), indica la cantidad total de neutrófilos presentes por microlitro de sangre, siendo una medida esencial de la respuesta inmunitaria innata. En llamas sanas, los valores normales oscilan entre 5.000 y 11.000 neutrófilos/μL ^{27, 33}. Un aumento



(neutrofilia) puede señalar infecciones bacterianas, inflamación aguda o estrés, mientras que una disminución (neutropenia) puede asociarse con infecciones virales, daño medular o inmunosupresión. Este parámetro es fundamental para evaluar procesos infecciosos o inflamatorios y debe interpretarse junto al recuento total de leucocitos y la morfología observada en el frotis sanguíneo ²⁶.

3.2.3.10 Recuento absoluto de eosinófilos (EOS x 10³/μL)

El recuento absoluto de eosinófilos (EOS x 10³/μL), refleja la cantidad total de eosinófilos circulantes por microlitro de sangre. En animales sanos, los valores normales suelen estar entre 0 y 1.000 eosinófilos/μL. Los eosinófilos participan en la defensa contra parásitos y en reacciones alérgicas ^{30, 31}. Un aumento (eosinofilia) puede indicar infestaciones parasitarias, procesos alérgicos o enfermedades inmunomediadas, mientras que una disminución (eosinopenia) es común en situaciones de estrés o por efecto de corticosteroides. Este parámetro es útil en la detección de trastornos parasitarios o inmunológicos y se interpreta junto a otros datos hematológicos ²⁵.

3.2.3.11 Recuento absoluto de basófilos (BASO x 10³/μL)

El recuento absoluto de basófilos (BASO x 10³/μL), indica la cantidad total de basófilos por microlitro de sangre, siendo normalmente muy bajo, con valores que rara vez superan los 100/μL. Los basófilos intervienen en respuestas alérgicas e inflamatorias mediante la liberación de histamina y otros mediadores químicos. Un aumento (basofilia) es poco frecuente, pero puede asociarse a alergias, enfermedades parasitarias crónicas o trastornos mieloproliferativos ^{27, 32}. Su disminución (basopenia) no suele tener valor clínico significativo. Este recuento debe interpretarse con precaución y, preferentemente, confirmarse mediante evaluación microscópica de un frotis sanguíneo ²⁵.

3.2.3.12 Porcentaje de linfocitos atípicos o inmaduros (ALY %)

El porcentaje de linfocitos atípicos o inmaduros (Atypical Lymphocyte Count - ALY %) en llamas (*Lama glama*) representa la proporción de linfocitos con características morfológicas alteradas respecto a los linfocitos normales, y suele observarse en situaciones de estimulación inmunitaria



intensa o procesos infecciosos virales. Estos linfocitos, también conocidos como linfocitos reactivos, presentan un citoplasma más amplio, bordes irregulares, mayor basofilia y, a veces, núcleos excéntricos o nucleolos visibles (34). En condiciones normales, su porcentaje es muy bajo o nulo, pero puede elevarse ante infecciones virales, enfermedades inmunológicas, vacunaciones recientes o en procesos linfoproliferativos. Aunque los analizadores hematológicos modernos pueden detectar y reportar el ALY %, su confirmación mediante la evaluación morfológica en un frotis sanguíneo es fundamental, ya que estos equipos pueden confundir linfocitos atípicos con otras células (24) (35). En llamas, la presencia de linfocitos atípicos debe interpretarse con precaución y siempre en el contexto clínico del animal y junto con otros parámetros hematológicos. Un aumento significativo en este porcentaje puede orientar hacia un proceso inmunológico activo o una alteración linfocitaria que requiere seguimiento o estudios complementarios para un diagnóstico más preciso ^{27, 24}.

3.2.3.13 Número absoluto de linfocitos atípicos o inmaduros (ALY x 10³/μL)

El número absoluto de linfocitos atípicos o inmaduros (ALY x 10³/μL), indica la cantidad total de estos linfocitos reactivos por microlitro de sangre. En condiciones normales, su presencia es mínima o inexistente. Un aumento puede reflejar una respuesta inmunitaria activa frente a infecciones virales, procesos inflamatorios crónicos, vacunación reciente o trastornos linfoproliferativos ³⁴. Este valor se obtiene a partir del porcentaje de linfocitos atípicos y el recuento total de leucocitos, y debe ser confirmado mediante análisis morfológico en frotis sanguíneo para evitar errores en la interpretación diagnóstica ^{24, 35}.

3.2.3.14 Porcentaje de blastos o células grandes inmaduras (LIC%)

El porcentaje de blastos o células grandes inmaduras (LIC%), representa la proporción de células precursoras hematopoyéticas inmaduras, principalmente de origen mieloide o linfoide, que aparecen en sangre periférica. En animales sanos, estas células están confinadas a la médula ósea y su presencia en la circulación es anormal, por lo que el LIC% debe ser prácticamente cero en condiciones fisiológicas ²⁴. Un aumento en este porcentaje puede indicar procesos graves como leucemias agudas,



síndromes mielodisplásicos, infiltración medular o regeneración medular intensa tras una agresión severa como anemia aplásica o hemopatías. Los blastos se caracterizan por ser células grandes, con núcleo de cromatina fina, nucléolos prominentes y escaso citoplasma, lo que requiere experiencia citológica para diferenciarlos adecuadamente de otras células inmaduras o reactivas ¹⁵. Aunque algunos analizadores hematológicos modernos pueden reportar el LIC%, este resultado debe ser siempre confirmado mediante un frotis sanguíneo evaluado por un profesional capacitado, debido al riesgo de errores por artefactos o confusión con otras poblaciones celulares. En llamas, la detección de blastos en sangre periférica es una señal de alarma clínica que debe motivar estudios hematológicos y medulares complementarios para determinar su origen y gravedad ²⁵.

3.2.3.15 Recuento absoluto células grandes inmaduras (LIC x 10³/μL)

El recuento absoluto de células grandes inmaduras (LIC x 10³/μL), indica la cantidad total de blastos o células precursoras hematopoyéticas inmaduras presentes por microlitro de sangre periférica. En condiciones normales, este valor es cercano a cero, ya que estas células se encuentran principalmente en la médula ósea ¹⁵. Un aumento en el recuento absoluto de LIC sugiere procesos patológicos graves como leucemias agudas o síndromes mielodisplásicos. Su detección requiere confirmación mediante examen morfológico detallado para un diagnóstico preciso ²⁵.

3.2.4 Serie plaquetaria de la sangre de llamas

La serie plaquetaria en la sangre de llamas (*Lama glama*) está compuesta por las plaquetas o trombocitos, que son fragmentos celulares esenciales para la hemostasia y la coagulación sanguínea. Las plaquetas participan activamente en la formación del tapón plaquetario en sitios de lesión vascular, liberan factores que promueven la vasoconstricción y la activación de la cascada de coagulación, y contribuyen a la reparación tisular ^{18, 36}. En llamas, la concentración plaquetaria normal suele oscilar entre 150.000 y 400.000 plaquetas por microlitro, aunque estos valores pueden variar según edad, estado fisiológico y condiciones ambientales ⁷. La morfología plaquetaria en llamas es similar a la de otras especies, pero es importante evaluar tanto el número como la forma y la distribución en el frotis sanguíneo para detectar posibles alteraciones como plaquetas gigantes, agregados o disminución significativa



(trombocitopenia), que pueden predisponer a hemorragias. La serie plaquetaria se evalúa mediante recuentos automatizados o manuales y es un parámetro clave en la evaluación clínica, especialmente en trastornos hemorrágicos, procesos inflamatorios y enfermedades infecciosas. Por tanto, su análisis es fundamental para el diagnóstico, seguimiento y manejo de alteraciones hematológicas y coagulopatías en llamas ^{7, 19}.

3.2.4.1 Recuento o número total de plaquetas (Plaquetas x 10⁹/L)

El recuento o número total de plaquetas (Plaquetas x 10⁹/L), indica la cantidad de plaquetas circulantes por litro de sangre y es un parámetro esencial para evaluar la capacidad hemostática del animal. Las plaquetas, también llamadas trombocitos, son fragmentos celulares derivados de los megacariocitos de la médula ósea y cumplen funciones clave en la coagulación y en la respuesta inflamatoria. En llamas sanas, los valores normales de plaquetas suelen oscilar entre 150 y 400 x 10⁹/L (36). Un aumento del recuento (trombocitosis) puede deberse a inflamación crónica, procesos reactivos o, raramente, a trastornos mieloproliferativos. Por el contrario, una disminución (trombocitopenia) puede estar relacionada con destrucción inmunomediada, consumo excesivo por coagulación intravascular diseminada, infecciones virales o enfermedades medulares ⁷. La interpretación del recuento plaquetario debe complementarse con la evaluación del frotis sanguíneo para confirmar la presencia de agregados o alteraciones morfológicas que puedan interferir con la precisión del conteo automático. En llamas, como en otras especies, el recuento total de plaquetas es una herramienta diagnóstica fundamental en la valoración de trastornos hemorrágicos, inflamatorios o infecciosos ¹⁰.

3.2.4.2 Volumen plaquetario medio (VPM fL)

El volumen plaquetario medio (VPM, en femtolitros), representa el tamaño promedio de las plaquetas circulantes y es un indicador indirecto de la actividad y madurez plaquetaria. Un VPM dentro de rangos normales, generalmente entre 6 y 10 fL, sugiere una producción plaquetaria equilibrada ³⁷. Valores elevados pueden indicar una mayor proporción de plaquetas jóvenes o reactivas, común en procesos de regeneración tras trombocitopenia o inflamación, mientras que valores bajos pueden reflejar una producción reducida o alteraciones medulares ³⁸. Este parámetro se



obtiene mediante analizadores hematológicos automáticos y debe interpretarse junto con el recuento total de plaquetas y la evaluación morfológica. En llamas, el VPM es útil para valorar la función plaquetaria y el estado de la médula ósea ^{19, 27}.

3.2.4.3 Amplitud de distribución plaquetaria (PDW fL)

La amplitud de distribución plaquetaria (PDW, por sus siglas en inglés, expresada en femtolitros), refleja la variabilidad en el tamaño de las plaquetas presentes en la sangre, lo que puede indicar cambios en la producción o destrucción de estas células. Un PDW dentro de rangos normales sugiere una población plaquetaria homogénea, mientras que valores elevados indican anisocitosis plaquetaria, es decir, una mezcla de plaquetas grandes y pequeñas, común en procesos de regeneración, inflamación o destrucción plaquetaria ³⁹. Este parámetro se obtiene mediante analizadores hematológicos y debe interpretarse junto al volumen plaquetario medio (VPM) y al recuento total de plaquetas. En llamas, el PDW es útil como indicador complementario para evaluar alteraciones plaquetarias y el estado funcional de la médula ósea ^{27, 25}.

3.2.4.4 Plaquetocrito (PCT %)

El plaquetocrito (PCT), es un parámetro hematológico que representa el porcentaje del volumen total de sangre ocupado por las plaquetas, similar al hematocrito en los glóbulos rojos. Se calcula multiplicando el recuento total de plaquetas por el volumen plaquetario medio (VPM) y dividiéndolo por 10.000 (40). En llamas sanas, los valores normales suelen oscilar entre 0,15 % y 0,30 %, aunque pueden variar según el laboratorio y las condiciones fisiológicas del animal. Un plaquetocrito bajo puede indicar trombocitopenia, disminución en el tamaño de las plaquetas o alteraciones en la producción medular, mientras que un valor elevado puede reflejar trombocitosis o la presencia de plaquetas más grandes, como ocurre en procesos regenerativos ²¹. El PCT es útil para evaluar de forma más precisa la masa plaquetaria total circulante y puede ser un indicador más confiable que el recuento plaquetario aislado, especialmente cuando existen agregados plaquetarios o anisocitosis. Es una herramienta importante en el



diagnóstico y seguimiento de trastornos hematológicos y hemostáticos en llamas ²⁵.

3.2.4.5 Cociente plaquetas – células grandes (P – LCR %)

El cociente plaquetas–células grandes (P–LCR %), es un parámetro hematológico que expresa la proporción entre el número total de plaquetas y la cantidad de células grandes inmaduras (como blastos) presentes en la sangre. Este índice es útil para evaluar el equilibrio entre la producción plaquetaria y la presencia de células anormales o inmaduras en la circulación (40) (41). Un cociente bajo puede indicar una disminución de plaquetas (trombocitopenia) asociada a proliferaciones celulares anormales, como leucemias o síndromes mielodisplásicos, mientras que un cociente alto refleja una adecuada o aumentada producción plaquetaria con baja presencia de células inmaduras (24). Aunque no es un parámetro de uso rutinario en medicina veterinaria, su análisis puede aportar información adicional en casos de sospecha de enfermedades hematológicas graves en llamas ¹³.

3.2.4.6 Conteo de plaquetas – células grandes (P – LCC x 10⁹/L)

El conteo de plaquetas–células grandes (P–LCC x 10⁹/L), representa la cantidad absoluta de plaquetas en relación con células grandes inmaduras, como blastos, presentes en la sangre por litro. Este parámetro ayuda a evaluar el equilibrio entre la masa plaquetaria y la proliferación de células hematopoyéticas anormales ⁴¹. Un valor disminuido puede reflejar trombocitopenia asociada a enfermedades hematológicas graves, como leucemias o síndromes mielodisplásicos, mientras que un valor dentro de rangos normales sugiere estabilidad hematológica. Aunque su uso no es frecuente en medicina veterinaria, puede aportar valor diagnóstico complementario en llamas con sospecha de alteraciones medulares o proliferativas ^{25, 40}.

3.2.5 Llama (*Lama glama*)

La llama (*Lama glama*) es un mamífero doméstico de la familia Camelidae, originario de las regiones altoandinas de América del Sur, especialmente de Perú, Bolivia, Argentina, Chile y Ecuador. Anatómicamente, presenta un cuerpo robusto y alargado, cuello largo, cabeza pequeña, orejas erguidas en forma de "plátano" y extremidades delgadas adaptadas al desplazamiento en terrenos irregulares y de gran



altitud ⁴². Su peso adulto varía entre 120 y 160 kg, con una altura a la cruz aproximada de 110 cm. Tiene un sistema digestivo poligástrico de tres compartimientos, lo que le permite aprovechar eficientemente forrajes fibrosos y escasos. Zootécnicamente, es una especie rústica y resistente al clima extremo de los Andes, capaz de sobrevivir en ecosistemas áridos y a más de 3.500 m s.n.m., donde otros animales domésticos no prosperan ¹. Se clasifica en dos tipos morfológicos principales: "chaku", de vellón denso y largo, y "ccara", de vellón corto y grueso. Productivamente, la llama se utiliza principalmente para la producción de fibra, carne y como animal de carga. Su fibra, aunque más gruesa que la de la alpaca, es valiosa para la elaboración de textiles artesanales. La carne de llama es magra, rica en proteínas y con bajo contenido graso, apreciada localmente y con potencial en mercados especializados. Socialmente, la llama tiene un rol importante en las culturas andinas, donde ha sido domesticada desde hace más de 4.000 años. Es considerada un símbolo de identidad cultural, utilizada en rituales tradicionales y como recurso económico fundamental en comunidades rurales altoandinas ^{42, 43}. Además, su comportamiento dócil y gregario facilita su manejo en hatos, y es capaz de integrarse como guardián de otros animales. A nivel ecológico, su andar almohadillado minimiza la erosión del suelo, siendo una alternativa ambientalmente sostenible para la ganadería en zonas de pastoreo frágil. En cuanto a su clasificación taxonómica, pertenece al Reino: Animalia, Filo: Chordata, Clase: Mammalia, Orden: Artiodactyla, Familia: Camelidae, Género: Lama, Especie: *Lama glama*. Se diferencia de otras especies del mismo género, como la alpaca (*Vicugna pacos*), el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), por su mayor tamaño, función multipropósito y características fenotípicas particulares. Por su importancia económica, social y ambiental, la llama continúa siendo un recurso estratégico en el desarrollo sostenible de las zonas altoandinas ⁴⁴.

3.3 Marco conceptual

- a) **Altitud fisiológica:** Condición ambiental a gran altura que influye en los parámetros hematológicos por la hipoxia crónica, estimulando mayor producción de eritrocitos y hemoglobina.
- b) **Microhematocrito:** Técnica rápida para medir el porcentaje de hematocrito mediante centrifugación capilar.
- c) **Frotis sanguíneo:** Lámina delgada de sangre extendida sobre un portaobjetos que permite observar células sanguíneas al microscopio.



- d) **Eritrograma:** Conjunto de parámetros que evalúan la serie roja de la sangre, incluyendo eritrocitos, hematocrito y hemoglobina.
- e) **Leucograma:** Evaluación del total y diferencial de leucocitos, útil para detectar infecciones o inflamación en llamas.
- f) **Tinción de Wright:** Técnica de coloración para visualizar morfología celular en frotis sanguíneos de forma clara y detallada.
- g) **Colector vacutainer:** Dispositivo estéril utilizado para extraer sangre con menor riesgo de contaminación o hemólisis.
- h) **EDTA:** Anticoagulante común usado en tubos de recolección sanguínea para conservar células intactas en análisis hematológicos.
- i) **Hemólisis:** Ruptura de glóbulos rojos que puede alterar los resultados hematológicos si no se maneja correctamente la muestra.
- j) **Contador hematológico automático:** Equipo que cuantifica células sanguíneas rápida y objetivamente, aunque puede requerir validación manual.
- k) **Valor de referencia:** Rango normal de un parámetro hematológico establecido para una población sana, importante para interpretar resultados.
- l) **Eritrocitos elípticos:** Forma característica de glóbulos rojos en camélidos, diferente a otras especies domésticas.
- m) **Volumen corpuscular:** Medida del tamaño promedio de los glóbulos rojos, útil para clasificar tipos de anemia.
- n) **Estabilidad térmica:** Cuidado en el transporte de muestras para evitar alteraciones por temperaturas extremas en zonas altoandinas.
- o) **Recuento diferencial:** Conteo porcentual de cada tipo de leucocito en un frotis, determinando linfocitos, neutrófilos, monocitos, etc.
- p) **Parasitismo subclínico:** Infección sin síntomas evidentes, que puede afectar discretamente parámetros hematológicos en llamas.
- q) **Muestreo estandarizado:** Procedimiento uniforme para recolección sanguínea, que garantiza resultados comparables entre animales.
- r) **Tiempo postprandial:** Tiempo transcurrido desde la última alimentación, importante porque puede influir en algunos valores hematológicos.
- s) **Condición corporal:** Evaluación física del animal que puede correlacionarse con alteraciones hematológicas como anemia o leucocitosis.
- t) **Bioseguridad rural:** Conjunto de prácticas para evitar contaminación durante la toma y manipulación de muestras en campo.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

Esta investigación corresponde a un estudio descriptivo de nivel básico, porque se orienta a observar, registrar y caracterizar los valores hematológicos de una población de llamas en su ambiente natural, sin manipular variables ni aplicar tratamientos experimentales. Su finalidad principal es describir parámetros como glóbulos rojos, hemoglobina, hematocrito y leucocitos, entre otros indicadores, para conocer el comportamiento fisiológico de esta especie en una zona altoandina específica. No pretende establecer relaciones causales ni comprobar hipótesis complejas, sino generar información referencial útil para futuras comparaciones, diagnósticos veterinarios e investigaciones posteriores. Asimismo, se considera básica porque aporta conocimiento fundamental sobre el estado fisiológico de las llamas en su contexto ecológico, productivo y altitudinal. En regiones como Aymaraes, donde las condiciones ambientales, nutricionales y geográficas pueden influir en los parámetros sanguíneos, este tipo de estudios resulta necesario debido a la limitada información técnica disponible sobre camélidos sudamericanos. Al establecer valores locales de referencia, la investigación contribuye al diagnóstico clínico, la toma de decisiones zootécnicas y el desarrollo de estudios correlacionales, explicativos o experimentales. Por ello, cumple una función exploratoria y documental relevante para la medicina veterinaria rural en Apurímac, fortaleciendo la atención sanitaria y productiva de las comunidades altoandinas locales actuales ⁴⁵.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño metodológico de la investigación se define como no experimental, descriptivo y transversal, debido a que se limita a observar, medir y describir los parámetros hematológicos de llamas (*Lama glama*) de ambos sexos en Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac, sin intervención del investigador sobre las condiciones naturales de los animales.



De manera esquemática, el diseño se representa de la siguiente forma:

$$M \rightarrow O$$

Donde:

M = Muestra de llamas (*Lama glama*) adultas, aparentemente sanas, de ambos sexos, criadas en Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac.

O = Observación y medición de los parámetros hematológicos de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población de llamas en el Perú es de aproximadamente 746 269 cabezas, lo que evidencia la importancia de esta especie dentro de la ganadería altoandina nacional. En la región Apurímac se registra una población aproximada de 36 042 llamas, mientras que en la provincia de Aymaraes se estima la existencia de alrededor de 7 526 animales. Asimismo, en el distrito de Cotaruse, específicamente en la zona de Quillcaccasa, la población aproximada sería de 5 397 llamas, lo que representa una proporción importante dentro del total provincial ⁴⁶.

4.3.2 Muestra

Para el presente estudio se seleccionaron 40 llamas adultas (*Lama glama*), conformadas por 20 machos y 20 hembras, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. La elección de este tipo de muestreo respondió a las condiciones reales de acceso a la población en el centro poblado de Quillcaccasa, donde los animales se encontraban distribuidos en rebaños de manejo extensivo, en zonas geográficamente dispersas y de difícil acceso, sin disponer de un padrón individual completo y actualizado que permitiera aplicar un procedimiento de selección aleatoria. Asimismo, la inclusión de los animales dependió de la disponibilidad de los criadores, de su autorización para realizar la toma de muestras y de la posibilidad de reunir y sujetar a las llamas en condiciones seguras, procurando reducir al mínimo el estrés y el riesgo de lesiones tanto para los animales como para el equipo de investigación. Por estas razones, se trabajó con aquellos ejemplares que estuvieron accesibles durante las jornadas de campo y que cumplían previamente los criterios

establecidos para el estudio: ser animales adultos de aproximadamente cuatro años, estar aparentemente sanos al examen clínico, pertenecer a ambos sexos y mantenerse bajo condiciones similares de crianza extensiva y alimentación con pastizales naturales. La selección por conveniencia no se realizó de manera arbitraria, sino bajo criterios técnicos de inclusión orientados a obtener una muestra homogénea y comparable para la determinación de los parámetros hematológicos. Además, se estableció una distribución equilibrada por sexo, con 20 hembras y 20 machos, a fin de facilitar la comparación descriptiva y estadística entre ambos grupos. No obstante, al tratarse de un muestreo no probabilístico, los resultados deben interpretarse como valores referenciales de las llamas evaluadas en Quillcaccasa y no como estimaciones generalizables a toda la población de llamas de la provincia de Aymaraes o de la región Apurímac ⁴⁷.

4.4 Procedimiento

Durante esta fase se siguieron diversos procedimientos clave:

a) Selección de llamas adultas:

La elección de los ejemplares se realizó de forma responsable, priorizando el bienestar animal. Se obtuvo el consentimiento de los criadores, explicando que el propósito era exclusivamente científico y que no existían métodos alternativos como modelos in vitro o simulaciones computacionales para obtener parámetros hematológicos precisos en llamas. A cada animal se le garantizó un trato respetuoso y condiciones de vida adecuadas. Además, se evaluaron sus signos fisiológicos básicos para asegurar que estuvieran clínicamente sanos.

b) Toma de muestras sanguíneas:

La extracción de sangre se efectuó mediante venopunción en la vena cefálica, localizada en la parte anterior del miembro anterior (antebrazo), procurando siempre minimizar el estrés y el malestar del animal.

Materiales utilizados:

- i. Aguja vacutainer (20G/1,5") para sistema de vacío.
- ii. Conector Luer para múltiples extracciones.
- iii. Tubos con anticoagulante (EDTA).
- iv. Algodón estéril.
- v. Alcohol etílico al 96 %.
- vi. Guantes estériles.



Preparación:

- i. Con ayuda de un asistente, se colocó a la llama en posición adecuada, restringiendo sus movimientos con delicadeza.
- ii. Se utilizó guantes y se tomó medidas de higiene para evitar contaminación cruzada.
- iii. Se identificó la vena cefálica como punto de punción.

Preparación del animal:

- i. Se limpió el área de punción en la cara craneomedial del antebrazo con algodón embebido en alcohol y se permitió su secado natural.
- ii. Se aplicó ligera presión (hemostasia), para resaltar la vena.

Extracción sanguínea:

- i. Se mantuvo la extremidad extendida y estable.
- ii. Se insertó la aguja conectada al sistema de vacío en un ángulo de 30–45°, orientándola hacia el cuerpo.
- iii. La aguja se retiró cuidadosamente una vez recolectada la cantidad necesaria.
- iv. Se aplicó presión con algodón estéril para detener cualquier sangrado.

Manejo de muestras:

- i. Se etiquetaron los tubos con información del sexo del animal.
- ii. Se almacenaron en cajas refrigerantes a 4 °C.

Cuidados posteriores:

- i. Se inspeccionó el sitio de punción para descartar sangrado o hematomas.
- ii. Las llamas fueron reincorporadas a sus corrales y observadas por dos horas, sin evidencias de complicaciones postextracción.

c) Análisis en laboratorio:

Las muestras fueron procesadas tres horas después de la toma, utilizando el analizador automático Mindray BC-5150, siguiendo estos pasos:

Selección y preparación de muestras:

- i. Se organizaron los tubos por sexo y se colocaron en gradillas.
- ii. Las muestras se homogeneizaron antes del análisis.

Puesta en marcha del equipo:

- i. Se encendió el analizador y se esperó la estabilización del software durante 12 minutos.
- ii. Se limpió el sistema aspirando solución limpiadora tres veces consecutivas.
- iii. Se realizaron lecturas en blanco con agua destilada para verificar el funcionamiento.



Procedimiento analítico:

- i. El equipo realizó la lectura automática y mostró los resultados del conteo de células sanguíneas (serie roja, blanca y plaquetaria).
- ii. Los datos fueron revisados y no se detectaron valores atípicos.

Informe y cierre:

- i. Los resultados se consolidaron en hojas Excel para el análisis estadístico.
- ii. Finalmente, se limpió nuevamente el equipo asegurando su correcto mantenimiento para futuros usos.

4.5 Técnica e instrumentos

4.5.1 Técnica de investigación:

En esta investigación se aplicó la técnica de observación directa y sistemática lo cual significa que se realizó siguiendo un orden, criterios y procedimientos previamente establecidos, registrando los datos hematológicos de las llamas de manera organizada, constante y objetiva; mediante la recolección de datos biológicos a través de análisis hematológicos. Esta técnica consistió en extraer muestras de sangre de llamas adultas clínicamente sanas, las cuales fueron seleccionadas de manera cuidadosa y ética, garantizando el bienestar animal en todo momento. La extracción sanguínea se realizó por venopunción en la vena cefálica del miembro anterior, utilizando materiales estériles y bajo condiciones controladas para evitar contaminación o maltrato. Las muestras fueron rotuladas adecuadamente y conservadas en refrigeración hasta su análisis en laboratorio. Posteriormente, se utilizó un analizador hematológico automatizado para obtener valores cuantitativos de parámetros como eritrocitos, leucocitos, hemoglobina, hematocrito y plaquetas. Esta técnica permitió observar y registrar, de manera objetiva, los valores hematológicos presentes en llamas de una zona geográfica específica, sin manipular variables ni inducir cambios experimentales. La información recolectada fue sistematizada en hojas de cálculo para su posterior tratamiento estadístico y elaboración de tablas referenciales. Esta técnica fue apropiada por su capacidad para obtener datos precisos y confiables directamente del sujeto de estudio, permitiendo describir el estado fisiológico de los animales en condiciones reales de altura y clima propios de la región de Quillcaccasa, en el distrito de Cotaruse.



4.5.2 Instrumentos de investigación.

En esta investigación se emplearon instrumentos de investigación que permitieron registrar y organizar adecuadamente los datos obtenidos durante el estudio. Entre los principales instrumentos se utilizó una ficha de recolección de datos, diseñada específicamente para anotar información individual de cada llama adulta, incluyendo código de identificación, sexo, edad aproximada, condición corporal, hora y fecha de muestreo, así como observaciones clínicas relevantes. También se registraron en estas fichas los resultados obtenidos de cada parámetro hematológico (como hematocrito, hemoglobina, recuento de eritrocitos, leucocitos y plaquetas). Además, se utilizó una bitácora de campo, donde se anotaron incidencias, observaciones ambientales (temperatura, clima, altitud) y detalles del procedimiento de muestreo. En el laboratorio, se trabajó con hojas de cálculo digitales (Excel) para sistematizar, clasificar y tabular los datos recogidos, facilitando su análisis estadístico posterior. Estos instrumentos fueron clave para garantizar el orden, trazabilidad y consistencia de la información, así como para evitar errores de transcripción y asegurar una adecuada interpretación de los resultados obtenidos.

4.6 Análisis estadístico

En esta investigación se utilizó estadígrafos descriptivos como la media, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación, debido a que permitieron resumir, organizar y comprender la distribución de los valores hematológicos obtenidos en la muestra. La media proporcionó un valor representativo central, mientras que la desviación estándar y la varianza ofrecieron una medida de dispersión que indicó cuán alejados estaban los datos respecto al promedio. Por su parte, el coeficiente de variación permitió expresar esa variabilidad en términos porcentuales, facilitando la comparación entre diferentes parámetros. Además, se aplicó la prueba de comparación de medias de t de Student con el fin de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los valores hematológicos de llamas adultas machos y hembras. Esta prueba fue apropiada porque se trató de dos grupos independientes con muestras relativamente pequeñas y con supuesta distribución normal. El uso de estos métodos estadísticos permitió dar solidez analítica a los resultados, apoyando conclusiones confiables sobre el comportamiento fisiológico de los parámetros sanguíneos según el sexo de los animales estudiados.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac

Tabla 2. Valores hematológicos en llamas (*Lama glama*)

Componente	n	$\bar{x}$	σ	MIN	MAX
RGR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	40	12.97	2.63	8.66	18.57
Hb (g/dL)	40	15.20	2.23	11.20	21.00
Hto (%)	40	34.64	6.72	22.20	51.70
VCM (fL)	40	26.16	1.94	21.40	29.80
HCM (pg)	40	11.67	1.11	9.30	13.50
CHCM (g/dL)	40	44.39	4.08	34.10	50.40
RDW - CV (%)	40	16.70	0.86	15.50	18.60
RGB ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	7.46	1.86	4.30	11.86
LYM (%)	40	23.93	5.84	11.91	34.56
MONO (%)	40	3.31	1.01	1.69	5.79
NEU (%)	40	71.82	6.67	59.53	84.83
EOS (%)	40	0.51	0.24	0.20	1.18
BAS (%)	40	0.43	0.29	0.00	1.14
LYM ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	1.75	0.55	0.75	2.88
MONO ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	0.24	0.07	0.13	0.37
NEU ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	5.39	1.53	3.28	8.91
EOS ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	0.05	0.04	0.01	0.25
BAS ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	0.04	0.03	0.01	0.13
ALY (%)	40	0.70	0.37	0.16	1.76
ALY ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	0.05	0.02	0.01	0.10
LIC (%)	40	0.80	0.27	0.34	1.56
LIC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	40	0.07	0.03	0.03	0.15
Plaquetas ($\times 10^9/\text{L}$)	40	2250.15	1543.53	482.00	6271.00
VPM (fL)	40	7.96	0.41	7.10	8.80
PDW (fL)	40	2.52	0.34	2.10	3.20
PCT (%)	40	1.95	1.33	0.39	4.64
P - LCR (%)	40	69.47	4.62	57.24	75.83
P - LCC ($\times 10^9/\text{L}$)	40	1781.68	1249.70	329.00	4307.00



5.1.2 Parámetros hematológicos de referencia de la serie roja en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac

La Tabla 3 muestra que los machos presentaron valores significativamente mayores en el recuento de glóbulos rojos (RGR), hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hto) en comparación con las hembras, lo que sugiere una mayor capacidad de transporte de oxígeno en los machos, posiblemente relacionada con adaptaciones fisiológicas o hormonales ¹⁶. Por otro lado, las hembras mostraron valores más altos en el volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y en menor medida en la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), aunque este último parámetro no mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.076$). Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en el índice de distribución eritrocitaria (RDW-CV%), con ambos sexos presentando un valor promedio de 16.70%, lo que indica una homogeneidad similar en el tamaño de los eritrocitos.

Tabla 3. Valores de la serie roja en llamas (*Lama glama*), según sexo

Componente	Sexo	n	$\bar{x}$	σ	MIN	MAX	p-valor
RGR ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	Hembras	20	11.04	1.65	8.66	14.02	< 0.0001
	Machos	20	14.90	1.91	12.34	18.57	
Hb (g/dL)	Hembras	20	13.84	1.52	11.2	17.0	< 0.0001
	Machos	20	16.56	2.00	13.80	21.00	
Hto (%)	Hembras	20	30.42	5.13	22.2	40.2	< 0.0001
	Machos	20	38.86	5.39	32.40	51.70	
VCM (fL)	Hembras	20	25.15	1.85	21.40	28.20	< 0.0001
	Machos	20	27.18	1.46	24.5	29.8	
HCM (pg)	Hembras	20	10.89	0.95	9.30	12.60	< 0.0001
	Machos	20	12.45	0.59	11.1	13.5	
CHCM (g/dL)	Hembras	20	45.53	3.38	38.3	50.4	0.076
	Machos	20	43.25	4.48	34.10	50.00	
RDW - CV (%)	Hembras	20	16.70	0.95	15.5	18.6	0.986
	Machos	20	16.70	0.77	15.60	18.00	

5.1.3 Parámetros hematológicos de referencia de la serie blanca en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac

Tabla 4. Valores de la serie blanca en llamas (*Lama glama*), según sexo

Componente	Sexo	n	$\bar{x}$	σ	MIN	MAX	p-valor
RGB (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	7.12	1.81	4.30	10.11	0.244
	Machos	20	7.81	1.89	5.50	11.86	
LYM (%)	Hembras	20	20.62	5.25	11.91	28.96	< 0.0001
	Machos	20	27.24	4.40	18.99	34.56	
MONO (%)	Hembras	20	2.64	0.61	1.69	4.12	< 0.0001
	Machos	20	3.98	0.89	2.60	5.79	
NEU (%)	Hembras	20	75.85	5.64	67.15	84.83	< 0.0001
	Machos	20	67.80	5.03	59.53	77.53	
EOS (%)	Hembras	20	0.57	0.29	0.22	1.18	0.121
	Machos	20	0.45	0.16	0.20	0.77	
BAS (%)	Hembras	20	0.32	0.23	0.00	0.92	0.021
	Machos	20	0.53	0.31	0.02	1.14	
LYM (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	1.47	0.56	0.75	2.52	0.001
	Machos	20	2.02	0.38	1.45	2.88	
MONO (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	0.19	0.05	0.13	0.31	< 0.0001
	Machos	20	0.28	0.05	0.20	0.37	
NEU (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	5.37	1.50	3.28	8.21	0.929
	Machos	20	5.42	1.60	3.34	8.91	
EOS (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	0.06	0.05	0.01	0.25	0.311
	Machos	20	0.04	0.03	0.01	0.12	
BAS (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	0.03	0.02	0.01	0.08	0.022
	Machos	20	0.05	0.03	0.01	0.13	
ALY (%)	Hembras	20	0.57	0.29	0.22	1.08	0.031
	Machos	20	0.82	0.42	0.16	1.76	
ALY (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	0.05	0.03	0.01	0.09	0.189
	Machos	20	0.06	0.02	0.01	0.10	
LIC (%)	Hembras	20	0.94	0.25	0.58	1.56	0.001
	Machos	20	0.67	0.23	0.34	1.20	
LIC (x 10 ³ /μL)	Hembras	20	0.07	0.03	0.03	0.15	0.143
	Machos	20	0.06	0.03	0.03	0.13	

La Tabla 4 muestra que el recuento global de glóbulos blancos (RGB) no mostró una diferencia significativa entre hembras y machos ($p = 0.244$), lo que indica que el número total de leucocitos es similar en ambos sexos. Sin embargo, en el análisis diferencial sí se evidencian diferencias marcadas: los machos presentan mayores proporciones y recuentos absolutos de linfocitos (LYM % y LYM x10³/μL) y monocitos (MONO % y MONO x10³/μL) con $p < 0.001$, mientras que las hembras muestran porcentajes significativamente más altos de neutrófilos (NEU %) ($p < 0.0001$). No obstante, el recuento absoluto de neutrófilos (NEU x10³/μL) no difiere



significativamente ($p = 0.929$), sugiriendo una distribución relativa más que una diferencia total. En cuanto a los eosinófilos (EOS) y basófilos (BAS), los porcentajes de eosinófilos no difieren significativamente ($p = 0.121$), pero sí se encontró una diferencia en el porcentaje y recuento absoluto de basófilos ($p = 0.021$ y $p = 0.022$, respectivamente), siendo mayores en machos. Asimismo, los linfocitos atípicos (ALY %) fueron significativamente más altos en machos ($p = 0.031$), aunque no así su número absoluto ($p = 0.189$). Por otro lado, las hembras presentaron un porcentaje significativamente mayor de blastos o células grandes inmaduras (LIC %) ($p = 0.001$), sin diferencias en su número absoluto ($p = 0.143$). Existen diferencias significativas entre sexos en varios parámetros de la serie blanca, especialmente en porcentajes de linfocitos, monocitos, neutrófilos, basófilos y células inmaduras, lo que sugiere que el sexo influye en la distribución y función inmunológica de los leucocitos en llamas.

5.1.4 Parámetros hematológicos de referencia de la serie plaquetaria en llamas (*Lama glama*) de ambos sexos de Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac

Tabla 5. Valores de la serie plaquetaria en llamas (*Lama glama*), según sexo

Componente	Sexo	n	$\bar{x}$	σ	MIN	MAX	p-valor
Plaquetas ($\times 10^9/L$)	Hembras	20	1107.40	345.96	482.00	1881.00	< 0.0001
	Machos	20	3392.90	1421.79	1756.00	6271.00	
VPM (fL)	Hembras	20	8.08	0.44	7.10	8.80	0.067
	Machos	20	7.85	0.34	7.20	8.30	
PDW (fL)	Hembras	20	2.26	0.16	2.10	2.50	< 0.0001
	Machos	20	2.78	0.26	2.40	3.20	
PCT (%)	Hembras	20	0.90	0.42	0.39	2.10	< 0.0001
	Machos	20	2.99	1.09	1.39	4.64	
P - LCR (%)	Hembras	20	67.37	5.51	57.24	75.83	0.003
	Machos	20	71.57	2.04	68.59	75.18	
P - LCC ($\times 10^9/L$)	Hembras	20	827.10	459.80	329.00	1907.00	< 0.0001
	Machos	20	2736.25	1037.29	1248.00	4307.00	

La Tabla 5 presenta los valores de la serie plaquetaria en llamas (*Lama glama*), diferenciando por sexo, y muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre hembras y machos en casi todos los parámetros evaluados, salvo en uno. El recuento total de plaquetas fue significativamente mayor en machos ($3392.90 \times 10^9/L$) en comparación con hembras ($1107.40 \times 10^9/L$), con una $p < 0.0001$, indicando una diferencia marcada. Esta tendencia también se observó en el plaquetocrito (PCT) y en el conteo de plaquetas grandes (P-LCC), con diferencias



altamente significativas ($p < 0.0001$), lo que sugiere una mayor masa y número total de plaquetas en los machos. El índice de distribución plaquetaria (PDW) también fue significativamente mayor en machos ($p < 0.0001$), reflejando una mayor heterogeneidad en el tamaño de las plaquetas. En cuanto al cociente plaquetas-células grandes (P-LCR%), los machos también presentaron valores superiores con una diferencia significativa ($p = 0.003$), lo cual indica un mayor porcentaje de plaquetas de gran tamaño en su sangre. El volumen plaquetario medio (VPM), sin embargo, no mostró una diferencia estadísticamente significativa entre sexos ($p = 0.067$), aunque las hembras presentaron un valor ligeramente más alto en promedio, lo que sugiere que, aunque el número de plaquetas sea mayor en machos, su tamaño medio no difiere mucho entre sexos. La tabla evidencia que la serie plaquetaria varía significativamente según el sexo, con los machos mostrando recuentos y porcentajes plaquetarios considerablemente más altos, lo que podría estar relacionado con diferencias fisiológicas o hormonales entre ambos sexos.

5.2 Discusión

La Tabla 2 resume los valores hematológicos generales obtenidos en 40 llamas (*Lama glama*), incluyendo parámetros de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria. Estos valores representan promedios ($\bar{x}$), desviaciones estándar (σ), y los rangos mínimo y máximo observados para cada componente. En la serie roja eritrocitaria, los valores promedio muestran que las llamas poseen una elevada concentración de eritrocitos (RGR: $12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (Hb: 15.20 g/dL) y hematocrito (Hto: 34.64%), lo cual es característico de especies adaptadas a zonas altoandinas, donde los niveles de oxígeno son bajos. El VCM (26.16 fL), HCM (11.67 pg) y CHCM (44.39 g/dL) confirman la presencia de eritrocitos pequeños pero altamente concentrados en hemoglobina. En cuanto a la serie blanca, los valores muestran una predominancia de neutrófilos (71.82%), seguidos de linfocitos (23.93%) y en menor proporción monocitos, eosinófilos y basófilos. El recuento total de leucocitos (RGB: $7.46 \times 10^3/\mu\text{L}$) refleja un sistema inmune activo. También se incluyen linfocitos atípicos (ALY) y células inmaduras grandes (LIC), lo cual sugiere vigilancia hematopoyética en animales jóvenes o en actividad inmune constante. En la serie plaquetaria, destaca un promedio elevado de plaquetas ($2250.15 \times 10^9/\text{L}$), con un amplio rango entre individuos, lo cual podría estar influido por el sexo u otras condiciones fisiológicas. El VPM (7.96 fL) y PDW (2.52 fL) sugieren que las plaquetas son pequeñas y homogéneas. El plaquetocrito (PCT: 1.95%), el porcentaje de plaquetas grandes (P-LCR: 69.47%) y el conteo de plaquetas grandes (P-LCC: $1781.68 \times 10^9/\text{L}$) completan el perfil



trombocitario. En conjunto, estos datos son representativos de llamas sanas y adaptadas al ecosistema altoandino, y pueden servir como referencia para evaluaciones clínicas y zootécnicas.

Al comparar nuestra investigación, con los hallazgos de Ancco E. (2024), revela coincidencias y diferencias relevantes en los parámetros hematológicos de llamas en zonas altoandinas. Al igual que en Huancavelica (4 120 m s. n. m.), nuestras llamas de Quillcaccasa (4 228 m s. n. m.) mostraron elevaciones marcadas en la serie roja: recuento eritrocitario promedio de $12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$, hemoglobina de 15.20 g/dL y hematocrito de 34.64 %, mientras que Ancco reportó valores mayores ($\text{Hb} \approx 16 \text{ g/dL}$, $\text{Hto} \approx 77\text{--}81\%$), quizás atribuibles a la raza k'ara, la época húmeda o diferencias en altitud y manejo nutricional. En nuestra muestra, el recuento leucocitario total de $7.46 \times 10^3/\mu\text{L}$ fue considerablemente inferior al observado por Ancco ($15\text{--}17 \times 10^3/\mu\text{L}$), lo que sugiere una menor activación inmunitaria o menor incidencia de inflamación durante el muestreo en Quillcaccasa. Este contraste podría estar relacionado con condiciones ambientales, carga parasitaria o estrés estacional. El recuento plaquetario promedio en nuestras llamas fue muy alto ($\approx 2\,250 \times 10^9/\text{L}$), superando ampliamente los valores de Ancco ($\approx 500 \times 10^9/\text{L}$), señalando una posible variabilidad según edad, sexo o manejo zootécnico. Si bien Ancco no encontró diferencias profundas entre jóvenes y adultos salvo en plaquetas, nuestros análisis diferenciados por sexo sí mostraron diferencias significativas en numerosos parámetros (rbc, plaquetas, leucocitarios), lo cual resalta la importancia de considerar variables como sexo y estación del año. En conjunto, estas comparaciones evidencian que, aunque la hematología en camélidos altoandinos presenta rasgos adaptativos comunes, también refleja la influencia de factores genéticos, etarios, ambientales y de manejo, lo que subraya la necesidad de valores de referencia locales y ajustados a condiciones específicas.

Al comparar los resultados de nuestra investigación con el estudio de Tallacahua y Mamani (2017) realizado en Patacamaya, se evidencian diferencias y similitudes importantes que reflejan variaciones fisiológicas posiblemente asociadas al manejo, edad, altitud y método de análisis. En nuestra población ($n=40$), el recuento eritrocitario fue de $12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$, superior al reportado por Tallacahua y Mamani ($9.50 \times 10^6/\mu\text{L}$), lo cual podría explicarse por factores como mayor altitud (4 228 m s.n.m. frente a $\sim 3\,800$ m) o diferencias en edad (llamas adultas vs. un año). La hemoglobina fue similar (15.20 g/dL vs. 15.18 g/dL), lo que sugiere una capacidad comparable de transporte de oxígeno. En cambio, el hematocrito fue ligeramente más alto en nuestro estudio (34.64% vs. 31.08%), concordando con el mayor número de eritrocitos. El volumen corpuscular medio fue menor en nuestra investigación



(26.16 fL frente a 33.71 fL), indicando que nuestras llamas tienen eritrocitos más pequeños, lo cual podría estar relacionado con una mayor eficiencia de intercambio gaseoso en altitudes más elevadas. El conteo leucocitario fue inferior en nuestra muestra ($7.46 \times 10^3/\mu\text{L}$ frente a $8.63 \times 10^3/\mu\text{L}$), lo que podría reflejar una menor estimulación inmunitaria o menor estrés ambiental. Finalmente, el recuento plaquetario en nuestras llamas fue notablemente más alto ($2\,250 \times 10^9/\text{L}$ vs. $173 \times 10^9/\text{L}$), diferencia que podría deberse tanto a variabilidad biológica como a métodos de conteo automatizado más sensibles. Estas diferencias subrayan la necesidad de establecer valores hematológicos de referencia específicos para cada población, considerando sus condiciones ecológicas, fisiológicas y de manejo, así como el equipo y técnicas empleadas en cada análisis.

Al comparar los resultados de nuestra investigación con los datos reportados por Troiano, (2013), se observan ciertas similitudes, pero también diferencias relevantes en varios parámetros hematológicos. Nuestro estudio mostró un recuento de glóbulos rojos (RGR) de $12.97 \pm 2.63 \times 10^6/\mu\text{L}$, ligeramente superior al valor de $12.22 \pm 1.99 \times 10^6/\mu\text{L}$ reportado por Troiano, lo cual podría deberse a diferencias en altitud, manejo o estado fisiológico. La hemoglobina (Hb) fue más elevada en nuestra muestra ($15.20 \pm 2.23 \text{ g/dL}$ vs. $13.76 \pm 2.26 \text{ g/dL}$), al igual que el hematocrito (34.64% frente a 32.58%), lo que indicaría una mejor oxigenación en ambientes de mayor altura. El VCM fue similar (26.16 fL vs. 27.23 fL), mientras que nuestra HCM (11.67 pg) fue comparable a la de Troiano (11.90 pg), y la CHCM (44.39 g/dL) fue apenas superior (vs. 43.81 g/dL). En cuanto al total de leucocitos, encontramos una cifra mucho menor ($7.46 \times 10^3/\mu\text{L}$ vs. $13.89 \times 10^3/\mu\text{L}$), lo cual puede reflejar diferencias en salud inmunitaria o metodologías analíticas. Finalmente, el recuento plaquetario en nuestra investigación fue considerablemente más alto ($2,250.15 \times 10^9/\text{L}$ vs. $422,000/\mu\text{L}$), posiblemente debido al uso de equipos automatizados más modernos. Estas diferencias resaltan la importancia de contextualizar los valores hematológicos según condiciones ecológicas y técnicas analíticas específicas.

Al comparar los resultados obtenidos en nuestra investigación con los reportados por Marín y Tapia (2007-2008), se observan valores similares en varios parámetros hematológicos de llamas adultas. En nuestra investigación, el recuento de glóbulos rojos (RGR) fue de $12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$, muy cercano al valor de 12.8 millones/ mm^3 hallado por dichos autores. Asimismo, el hematocrito (34.64%) y la hemoglobina (15.20 g/dL) resultaron ligeramente superiores a los valores de 33.9% y 14.2 g/dL reportados por Marín y Tapia, lo que podría deberse a diferencias de altitud o técnicas de manejo. El VCM fue muy similar (26.16 fL vs. 27.4 fL), lo que sugiere una consistencia fisiológica en las características eritrocitarias de las llamas criadas bajo sistemas extensivos en altura.



Al contrastar los resultados de nuestra investigación con los datos reportados por Oliveira (2006) sobre llamas en cautiverio en Brasil, se evidencian diferencias importantes atribuibles al entorno y condiciones de manejo. En nuestra investigación, el recuento de eritrocitos ($12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$) fue superior al de machos ($11.69 \times 10^6/\mu\text{L}$) y hembras ($10.39 \times 10^6/\mu\text{L}$) en cautiverio, lo que podría deberse a la adaptación fisiológica de los animales al ambiente de mayor altitud y vida libre en Cotaruse, Apurímac. Asimismo, los valores de hematocrito (34.64%) y hemoglobina (15.20 g/dL) fueron también levemente mayores a los hallados por Oliveira, tanto en machos como en hembras. Respecto al VCM, nuestros valores (26.16 fL) fueron ligeramente menores en comparación con los de animales en cautiverio, lo que podría reflejar diferencias en la hidratación o metabolismo eritrocitario. En cuanto a la serie blanca, el recuento total de leucocitos ($7.46 \times 10^3/\mu\text{L}$) fue considerablemente menor al reportado por Oliveira, lo que podría estar vinculado a menor exposición a factores estresantes o infecciosos en llamas en que viven en ambientes libres es decir de pastoreo extensivo en comparación a los animales confinados, Estos resultados destacan cómo el ambiente, altitud y sistema de manejo influyen significativamente en los parámetros hematológicos, siendo vital establecer rangos de referencia adaptados a cada contexto productivo.

Al comparar los resultados de nuestra investigación con los reportados por Candia (1986), se observan diferencias notables que podrían atribuirse a factores como la metodología analítica empleada, condiciones ambientales y sistemas de manejo. Por ejemplo, el recuento de glóbulos rojos ($12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$) en nuestro estudio fue inferior al valor reportado por Candia ($16.67 \times 10^6/\mu\text{L}$), mientras que la hemoglobina fue muy similar (15.20 g/dL en nuestro caso vs. 15.3% en Candia), lo que sugiere una eficiencia comparable en el transporte de oxígeno. El hematocrito también resultó levemente menor (34.64% frente a 38.04%). En cuanto a los índices eritrocitarios, la HCM de nuestro estudio (11.67 pg) fue mayor que la reportada por Candia (9.3 pg), y la CHCM también fue más alta (44.39 g/dL vs. 40.38%). Finalmente, el recuento leucocitario fue menor en nuestra investigación (7,460 células/ μL) en comparación con los 10,610 células/ mm^3 del estudio de Candia, lo que podría reflejar menor exposición a agentes patógenos o estrés ambiental.

Al comparar los valores hematológicos obtenidos en nuestro estudio con los reportados por Estrada (2024) en crías de llamas, se evidencian diferencias significativas atribuibles principalmente a la edad fisiológica de los animales. En nuestra investigación, que evaluó llamas adultas, el recuento de glóbulos rojos (RGR) fue mayor ($12.97 \times 10^6/\mu\text{L}$) en comparación con los $11.64 \times 10^6/\mu\text{L}$ observados en crías, lo que indica una mayor capacidad de transporte de oxígeno en adultos. Asimismo, la concentración de



hemoglobina (15.20 g/dL) y el hematocrito (34.64%) en adultos superaron los valores registrados en crías (14.01 g/dL y 28.95%, respectivamente), lo cual es consistente con el desarrollo progresivo del sistema hematopoyético. Por otro lado, el CHCM fue ligeramente menor en adultos (44.39 g/dL) frente a las crías (45.12 g/dL), mientras que el RDW-CV fue más bajo (16.70% vs. 17.81%), sugiriendo una mayor uniformidad eritrocitaria en adultos. En la serie blanca, los adultos presentaron un menor recuento total de leucocitos ($7.46 \times 10^3/\mu\text{L}$ vs. $10.58 \times 10^3/\mu\text{L}$), aunque los valores absolutos de neutrófilos fueron similares ($5.39 \times 10^3/\mu\text{L}$ en adultos y $6.31 \times 10^3/\mu\text{L}$ en crías), evidenciando una respuesta inmunitaria más activa en etapas tempranas. En cuanto a la serie plaquetaria, las crías mostraron un recuento plaquetario más elevado ($2766.03 \times 10^9/\text{L}$ frente a $2250.15 \times 10^9/\text{L}$), así como mayores valores en PCT y P-LCC, lo que podría reflejar una actividad hematopoyética más dinámica en animales jóvenes. Estas diferencias resaltan la importancia de establecer rangos fisiológicos específicos según la edad, para una adecuada interpretación clínica y diagnóstico veterinario.

En la serie roja, los machos de la presente investigación mostraron valores superiores de recuento de glóbulos rojos ($14.90 \pm 1.91 \times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (16.56 ± 2.00 g/dL) y hematocrito (38.86 ± 5.39 %) respecto de las hembras ($11.04 \pm 1.65 \times 10^6/\mu\text{L}$; 13.84 ± 1.52 g/dL; y 30.42 ± 5.13 %, respectivamente), con diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$). Esta misma dirección fue observada por Oliveira (2006), quien reportó en machos mayores valores de eritrocitos ($11.69 \pm 1.75 \times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (14.96 ± 1.88 g/dL) y hematocrito (32.74 ± 3.87 %) que en hembras ($10.39 \pm 1.67 \times 10^6/\mu\text{L}$; 13.75 ± 1.49 g/dL; y 30.47 ± 2.76 %). Por tanto, ambos estudios coinciden en que los machos presentan una mayor masa eritrocitaria y capacidad potencial de transporte de oxígeno. Sin embargo, los valores obtenidos en Quillcaccasa fueron más altos, especialmente en machos, diferencia que podría relacionarse con la mayor altitud del área de estudio, el sistema extensivo de crianza, la edad adulta de los animales y las diferencias metodológicas entre analizadores y condiciones de manejo.

En los índices eritrocitarios se observó un comportamiento inverso. Las hembras presentaron mayor volumen corpuscular medio (27.18 ± 1.46 fL) que los machos (25.15 ± 1.85 fL), resultado concordante con Oliveira (2006), quien también registró un VCM mayor en hembras (29.62 ± 4.08 fL) que en machos (28.51 ± 3.01 fL). Asimismo, la concentración de hemoglobina corpuscular media fue ligeramente superior en hembras en ambos estudios: 45.53 ± 3.38 g/dL frente a 43.25 ± 4.48 g/dL en esta investigación, y 45.60 ± 2.20 % frente a 45.49 ± 2.48 % en Oliveira. No obstante, en el presente trabajo la diferencia de CHCM no fue estadísticamente significativa ($p = 0.076$), por lo que esta



variación debe interpretarse con cautela. En conjunto, los resultados sugieren que las hembras poseen eritrocitos de mayor tamaño y con una concentración de hemoglobina semejante o ligeramente superior, mientras que los machos compensan con un número mayor de eritrocitos. En la serie blanca, el recuento total de leucocitos no difirió significativamente entre hembras ($7.12 \pm 1.81 \times 10^3/\mu\text{L}$) y machos ($7.81 \pm 1.89 \times 10^3/\mu\text{L}$; $p = 0.244$). Oliveira (2006) también encontró valores próximos entre sexos, aunque con una ligera superioridad en hembras ($16.70 \pm 3.50 \times 10^3/\mu\text{L}$) frente a machos ($15.24 \pm 3.20 \times 10^3/\mu\text{L}$). La diferencia principal entre ambos trabajos radica en la magnitud de los recuentos, considerablemente menor en Quillcaccasa, lo que podría explicarse por diferencias ambientales, sanitarias, etarias y analíticas. En esta investigación, los machos presentaron mayores porcentajes de linfocitos y monocitos, mientras que las hembras mostraron mayor porcentaje de neutrófilos. En Oliveira, las hembras también registraron valores superiores de neutrófilos, linfocitos y eosinófilos, mientras que los monocitos fueron mayores en machos. La coincidencia más consistente entre estudios se observa, por tanto, en el mayor valor de monocitos en machos y en la mayor expresión neutrofílica en hembras; sin embargo, las unidades consignadas para algunas fracciones leucocitarias por Oliveira limitan una comparación cuantitativa directa. Respecto de la serie plaquetaria, la presente investigación evidenció valores significativamente superiores en machos para plaquetas, PDW, PCT, P-LCR y P-LCC, mientras que el VPM no presentó diferencia significativa. No fue posible contrastar estos resultados por sexo con Oliveira (2006), debido a que dicho antecedente no consignó parámetros plaquetarios diferenciados para hembras y machos. En consecuencia, dentro de los antecedentes revisados, Oliveira constituye el único autor que permite una comparación numérica directa por sexo, y sus resultados respaldan principalmente el patrón de mayor masa eritrocitaria en machos y mayor tamaño eritrocitario en hembras observado en las llamas adultas de Quillcaccasa.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se determinaron los parámetros hematológicos de llamas adultas aparentemente sanas de ambos sexos criadas en Quillcaccasa, Aymaraes–Apurímac, evidenciándose un perfil hematológico propio de las condiciones fisiológicas y ambientales de la zona altoandina. Asimismo, se identificó que el sexo influye en determinados componentes sanguíneos, por lo que debe considerarse como un factor relevante durante la interpretación clínica y sanitaria de esta especie.

Los parámetros de la serie roja permitieron caracterizar la capacidad eritrocitaria y de transporte de oxígeno de las llamas evaluadas. Los machos presentaron una mayor respuesta eritrocitaria, mientras que las hembras mostraron eritrocitos de mayor tamaño y mayor contenido de hemoglobina por célula, evidenciándose diferencias fisiológicas asociadas al sexo.

Los parámetros de la serie blanca mostraron un comportamiento leucocitario compatible con animales aparentemente sanos, con predominio de neutrófilos en ambos sexos. Aunque el recuento total de leucocitos fue semejante, se observaron diferencias en la distribución de algunas poblaciones celulares, lo que indica que el sexo influye principalmente en la composición diferencial de los leucocitos.

Los parámetros de la serie plaquetaria permitieron describir la condición hemostática de las llamas estudiadas. Se evidenció una marcada variabilidad individual en el recuento y en la masa plaquetaria, por lo que estos resultados deben interpretarse conjuntamente con los demás parámetros hematológicos y, de ser posible, complementarse con la evaluación del frotis sanguíneo.

6.2 Recomendaciones

Establecer valores de referencia locales diferenciados por edad lo que permitirá mejorar la precisión diagnóstica y clínica en las poblaciones altoandinas de llamas.

Utilizar los valores hematológicos como herramienta de monitoreo sanitario, para incorporar la evaluación periódica de los parámetros hematológicos como parte del manejo sanitario rutinario en los sistemas de producción extensiva, ya que estos indicadores reflejan de forma objetiva el estado de salud, la condición nutricional y posibles desequilibrios fisiológicos o infecciosos en los animales.

Promover estudios comparativos en otras regiones altoandinas del Perú, para fortalecer la base de datos nacional y validar los resultados obtenidos, se sugiere replicar este tipo de investigaciones en otras comunidades productoras de llamas, considerando variables como altitud, clima, época del año, sistema de manejo y estado fisiológico. Esto contribuirá a la elaboración de protocolos clínico-veterinarios más ajustados a la realidad de cada zona.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Machaca Machaca , Dueñas Gayona , Bustinza Choque , Machaca Machaca R, Escobedo Enríquez , Jesús E. Quispe Coaquira. Caracterización morfológica de las llamas (Lama glama) de la raza Ch'acu de Cusco, Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2020; 31(2).
2. Tallacagua Terrazas , Mamani Tola. Determinación de los parámetros bioquímicos sanguíneos y hematología, en Llamas (Lama glama) en el Altiplano Central, La Paz. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica -UMSA. 2017; 3(3).
3. Candia M, Rodriguez ME, Orellana E. Estudio hematológico de Llamas(Lama glama L.)dela I Región,Chile. IDESIA(Chile). 1986; 10.
4. Llorente P, Leoni L, Martinez M. Leptospirosis en camélidos sudamericanos. Estudio de prevalencia serológica en distintas regiones de la Argentina. Archivos de Medicina Veterinaria. 2002; 34(1).
5. Ramírez A, Huamán D D, Ellis RP. Enterotoxemia de la alpaca. Programa colaborativo de apoyo a la investigación en rumiantes menores. INIPA y SR-CRSP. 1985; 63(17 p).
6. Amaru R, Miguez H, Peñaloza R, Torres G, Vera O, Velarde , et al. Eritrocitosis patológica de altura: caracterización biológica, diagnóstico y tratamiento. Revista Médica La Paz. 2013; 19(2).
7. Engelhardt WV, Breves G. Fisiología veterinaria. Primera ed. Zaragoza España: Acribia. S.A.; 2002.
8. Estrada Flores W. Parámetros hematológicos en crías de llamas (Lama glama). Tesis de Titulación. Abancay - Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
9. Ancco Gomez E. Evaluación de parámetros bioquímicos y hematológicos en llamas (lama glama) de la raza k'ara en época húmeda, Huancavelica - 2024. Tesis de Titulación. Huancavelica - Perú: Universidad Peruana Los Andes , Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
10. Troiano JC. Hematología de Artiodáctilos. Memoria Conferencia Interna de Medicina y aprovechamiento de Fauna Silvestre y Exótica - Argentina. 2013; 9(2).
11. Marin RE, Tapia C. Hematología en llamas (Lama glama) de la provincia de Jujuy. Alberdi. 2014; 47(1).
12. Oliveira DS. Perfil bioquímico-hematológico en llamas (Lama glama Linnaeus 1758) criadas en cautiverio en el sur de Brasil: según genro y época del año. Tesis de Grado. Porto Alegre: Universidad Federal de Rio Grande del Sur, Programa de Pos Graduación en Ciencias Veterinarias.
13. Noro Silva M. Hematología Veterinaria María M, editor. Belém-Pará-Brasil : Editora Universitária da Assessoria de Educação a Distância EditAedi; 2016.
14. Alvarez P. Hematología Básica. Primera ed. Quindío - Colombia: LCV.UDCA/UBA; 2020.
15. Arauz MS, Scodellaro F, Pintos E. Atlas de Hematología Veterinaria. Primera ed. La Plata Argentina: Edulp; 2020.
16. Klein G. Cunningham. Fisiología veterinaria Sexta , editor. Barcelona, España: Elsevier; 2020.
17. Peñuela B , Gómez R A. Eritropoyetina: más allá de la proliferación y maduración eritroide. Revista de la Facultad de Medicina. 2010; 18(1).



18. Cingolani HE, Houssay AB. Fisiología Humana de Houssay. Séptima ed. Buenos Aires Argentina: El Ateneo; 2002.
19. Hall JE, Hall E. Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. Décimocuarta ed. Barcelona España: Elsevier ; 2022.
20. Sánchez Iza. “Caracterización de valores hemáticos (Biometría Hemática) en la especie Vicugana pacos (alpacas)”. Tesis de Título. Latacunga – Ecuador : Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Medicina Veterinaria.
21. Becker K.. Interpretación del hemograma. Revista chilena de pediatría. 2001; 72(5).
22. Ambuludí. Hematocrito, hemoglobina, índices eritrocitarios y hierro sérico como parámetros en la ayuda diagnóstica y preventiva de anemia ferropénica en los niños del Barrio Pasallal-Cantón Calvas. Tesis de Título. Loja – Ecuador : Universidad Nacional de Loja , Carrera de Laboratorio Clínico.
23. Bohorquez , Duque. Valores hematológicos en yeguas paso fino colombiano y sus Valores hematológicos en yeguas paso fino colombiano y sus variaciones con ejercicio, en los municipios de Tabio y Cajicá variaciones con ejercicio, en los municipios de Tabio y Cajicá Cundinamarca. Tesis de Título. Bogotá - Colombia: Universidad de La Salle , Programa de Medicina Veterinaria.
24. Barmaimon. Historia, patología, clínica, y terapéutica ciencias cognitivas. Primera ed. Montevideo - Uruguay: Impresión virtual. email: henribar1@multi.com.; 2016.
25. Latimer KS, Mahaffey EA, Prasse KW. Patología Clínica Veterinaria Duncan & Prasse’s. Cuarta ed. Barcelona - España: Multimedica; 2005.
26. Kindt TJ, Goldsby A, Osborne A. Inmunología de Kuby. Sexta ed. Fraga JdL, editor. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.; 2007.
27. Carton. Manual de Patología clínica. Primera ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.; 2013.
28. García-Gomero , Matos-Benavides , Inocente-Malpartida R, Mendoza-Quispe , Chalco-Huamán , Lopez-Talledo , et al. Recuento poblacional linfocitario como primera aproximación al diagnóstico de inmunodeficiencias primarias. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica. 2019; 36(3).
29. Irigoín , Oliver , López , Landoni AI, Gabus , Díaz. Recuento absoluto de monocitos como parámetro pronóstico en el linfoma difuso de células B grandes. Revista médica de Chile. 2019; 147(12).
30. Guevara Tirado. Correlación del recuento de eosinófilos con las proteínas totales y la fosfatasa alcalina en pacientes asintomáticos con niveles normales y elevados de aspartato aminotransferasa de un policlínico de Villa El Salvador en Lima-Perú. Horizonte Médico (Lima). 2022; 22(4).
31. Posada Arias , García Naranjo , Saldarriaga Restrepo. Valores hematológicos pre y postejercicio por sexo y por sexo y por edad en caninos que practican agility en Antioquia. Revista de Medicina Veterinaria Bogotpa. 2013; 25(1).
32. Sabogal , Zakzuk. Prueba de activación de basófilos: aspectos técnicos, metodológicos y su utilidad clínica. Revista de la Facultad de Medicina. 2018; 66(3: 447 457).
33. Flores Alvarado , Monsalve Uzcátegui. Relación neutrófilos-linfocitos preoperatoria como factor pronóstico en pacientes con cáncer de endometrio. Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela. 2016; 76(2).
34. Rey-Caro LA, Villar-Centeno LÁ. Linfocitos atípicos en dengue: papel en el diagnóstico y pronóstico de la enfermedad. Revista Ciencias de la Salud Bogotá - Colombia. 2012; 10(3).



35. Layton-Tovar C. Factores de pronóstico en leucemia linfoblástica aguda pediátrica: posibles marcadores moleculares. *Revista de Medicina e Investigación*. 2015; 3(1: 85 - 91).
36. Castro Frías E. Indicadores clínicos y sanguíneos en vacas autóctonas criadas en sistema extensivo. *Revista electrónica de Veterinaria*. 2017 ; 18(12).
37. Agustino AM, Piqueras R, Pérez M, García de Rojas P, Jaqueti J, Navarro F. Recuento de plaquetas y volumen plaquetario medio en una población sana. *Revista de Diagnóstico Biológico*. 2002; 51(2).
38. Hernández Rego , Castillo González. El volumen medioplaquetario: su importancia en la práctica clínica. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*. 2022; 38(1).
39. Espinosa-Campos A, De la O-Hernández G, González-Zárate G, Montalvo-Javé E. Estudio clínico controlado para valorar la utilidad del ancho de distribución plaquetaria (PDW) en el diagnóstico de apendicitis aguda. *Cirugía y cirujanos - México*. 2021 ; 88(5).
40. Solis Pacheco , Torres Salas. Relación de los índices plaquetarios con el trastorno hipertensivo del embarazo en gestantes del hospital EsSalud III Yanahuara Arequipa, julio-diciembre 2020. Tesis de Título. Arequipa - Perú: Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica.
41. Vásquez Santiago M. Plaquetas y enfermedad tromboembólica: Aspectos genéticos, biológicos y clínicos. Tesis Doctoral. Barcelona - España: Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Medicina.
42. Bustinza V. La llama, fenotipos y producción. Primera ed. Puno - Perú: Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos - IIPC - Universidad Nacional del Altiplano; 1998.
43. Ramos de la Riva. Manual de Crianza y Manejo de Alpacas y Llamas. Primera ed. La Paz: Fundación Suyana; 2010.
44. Quispe Coaquira J, Apaza Zuñiga E, Ibañez Quispe V, Villalta Ticona R, Calsin Calsin B, Vilca Castro C. Caracterización Morfológica índices corporales de llamas (Lama glama) Chácu y Kára de la puna húmeda Región Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 2015; 17(2: 183-192).
45. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación. Décimosexta ed. Castellanos MÁT, editor. Mexico: McGraw Hill / Interamerica Editores, S.A. DE C.V.; 2014.
46. INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática. Censo agropecuario. [Online]; 2012. Acceso 15 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/#:~:text=El%20Censo%20Agropecuario%2C%20permite%20conocer,pa%C3%ADs%20que%20realiza%20actividades%20agropecuarias>.
47. DePerú.com. DePerú.com. [Online]; 2025. Acceso 15 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://www.deperu.com/centros-poblados/quillcaccasa-14843>.
48. Kayki , Bozkaya , Buyukeren M, Tavit , Yigit. Normoblastemia multinuclear en un recién nacido secundaria a hipoxia. *Archivos argentinos de pediatría*. 2017; 115(4).



ANEXOS





Figura 1. Día de muestreo de sangre



Figura 2. Muestras de sangre listas para ser analizadas



Figura 3. Analizador hematológico automático veterinario



Figura 4. Realizando la lectura hematológica

Ficha de recolección de datos

Título de la investigación: Parámetros en hematología de llamas (*Lama glama*), Quillcaccasa, Aymaraes – Apurímac

Lugar de estudio: Quillcaccasa, distrito de Cotaruse, provincia de Aymaraes, región Apurímac

Responsable del registro: _____

Fecha de muestreo: ____ / ____ / ____

Hora de muestreo: _____

Altitud: _____ m s. n. m.

Condición climática: _____

N.º	Código del animal	Sexo	Edad	Condición corporal	Estado clínico aparente
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					