

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



Tesis

Perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac

Presentado por:

Karen Cerafina Suarez Alvarez

Para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2025



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



TESIS

Perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac

Presentado por **Karen Cerafina Suarez Alvarez**, para optar el título Médico Veterinario y Zootecnista

Sustentado y aprobado el 20 de noviembre de 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:



Dr. Víctor Alberto Ramos De la Riva

Primer miembro:



Mtro. Valeriano Paucara Oca

Segundo miembro:



Dr. Nilton Márcial Cárdenas Suarez

Asesores:



Dr. Virgilio Machaca Machaca



Mg. Víctor Raúl Cano Fuentes



UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Dirección de Unidad de Investigación

25
AÑOS
BODAS DE PLATA



Constancia de similitud

Informe de Tesis

Constancia 49-2025-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, **Karen Cerafina Suarez Alvarez**, con código de estudiante **151180** de la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, presentó el informe de tesis:

Perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – 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: 9 %

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, 4 de diciembre de 2025

Atentamente,


Dr. Ulises S. Quispe Gutiérrez
Director

investigacion.fmvz@unamba.edu.pe
cc/Arch.



Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme permitido forjarme profesionalmente en ella, expreso mi agradecimiento a todos los docentes por brindarme sus conocimientos y experiencia profesional.

A mis asesores Dr. Virgilio Machaca y Víctor Raúl Cano Fuentes, por brindarme su confianza, sugerencias y tiempo para poder desarrollar satisfactoriamente este trabajo de investigación.

Al M.C. Martin Equicio Pineda Serruto quien dirige el Laboratorio de Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UNAMBA, por el apoyo en el uso de los equipos y reactivos para el presente estudio.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi compañero de la universidad, Holmer, por su apoyo constante. Su compromiso, responsabilidad y compañerismo fueron de gran valor durante el desarrollo de este trabajo de investigación.



Dedicatoria

A mis padres Carlos y Presentina, que con su soporte confiaron en mi capacidad y entrega para continuar, tanto en la lejanía como estando a su lado, que me decían que todo es posible si de verdad se quiere, sin importar cuánto tiempo me lleve.

Para mis hermanos Jessica, Lenin, Carlos, Marina, Diana y Romario quienes también me dieron los alientos suficientes para poder culminar este trabajo.

A mis queridos sobrinos Junnior, Shisham, Alessia y Axel por sus sonrisas que inspiran y por el amor sincero que siempre me regalan. Para mis apreciadas facuamigas Ross, Didi, Fio, Criss, Ale, Lu, Bri, Mire, Melu, Elvis, Kevin junto a ustedes descubrí que la universidad no solo se trata de estudiar sino también de reír, crecer, apoyarnos y construir recuerdos que llevare siempre conmigo. Gracias por cada conversación que me sostuvo, cada abrazo que me dio fuerzas y cada momento que convirtió este camino en una experiencia inolvidable. Este logro también es suyo, porque sin su amistad, nada habría sido igual.

A todos ellos, este trabajo con cariño.



Perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac

Línea de investigación: Ciencias veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del Problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.2.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.1 Hipótesis general	8
2.2.2 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	10
CAPÍTULO III	11
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	11
3.1 Antecedentes	11
3.2 Marco teórico	18
3.2.1 Hematología de la alpaca	18
3.2.3 Serie Blanca de la sangre de alpacas	25
3.2.4 Serie Plaquetaria de la sangre de alpacas	38
3.3 Marco conceptual	43
CAPÍTULO IV	45
METODOLOGÍA	45
4.1 Tipo y nivel de investigación	45
4.2 Diseño de la investigación	45
4.3 Población y muestra	46
4.4 Procedimiento	47



4.5	Técnica e instrumentos	50
4.6	Análisis estadístico	51
CAPÍTULO V		53
RESULTADOS Y DISCUSIONES		53
5.1	Análisis de resultados	53
5.2	Discusión	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
6.1	Conclusiones	69
6.2	Recomendaciones	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		71
ANEXOS		74



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Variables operacionalizadas de acuerdo a la hematología en alpacas	10
Tabla 2 Hematología de alpacas (<i>Vicugna pacos</i>)	54
Tabla 3 Valores hematológicos en hembras de alpacas Huacaya (<i>Vicugna pacos</i>), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse-Apurímac	56
Tabla 4 Valores hematológicos en machos de alpacas Huacaya (<i>Vicugna pacos</i>), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse-Apurímac	58
Tabla 5 Hematología de la serie roja en alpacas (<i>Vicugna pacos</i>), de ambos sexos	59
Tabla 6 Hematología de la serie blanca en alpacas (<i>Vicugna pacos</i>), de ambos sexos	60
Tabla 7 Hematología de la serie plaquetaria en alpacas (<i>Vicugna pacos</i>), de ambos sexos	61



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Selección de alpacas (<i>Vicugna pacos</i>)	75
Fig. 2. Diagnóstico de preñez en alpacas	75
Fig. 3. Hemostasia y extracción de sangre	76
Fig. 4. Extracción de muestra sanguínea con tubo vacutainer	76
Fig. 5. Inicio de análisis en laboratorio de hematología de la UNAMBA	77
Fig. 6. Encendido del analizador hematológico veterinario	77
Fig. 7. Homogenizado de la muestra, antes de la lectura	78
Fig. 8. Lectura de muestras	78
Fig. 9. Ticket de reporte de análisis hematológico en alpacas Huacaya hembras	79
Fig. 10. Ticket de reporte de análisis hematológico en alpacas Huacaya macho	80
Fig. 11. Constantes fisiológicas en alpacas Huacaya macho	81
Fig. 12. Constantes fisiológicas en alpacas Huacaya hembra	82

INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*), especie domesticada emblemática de los andes sudamericanos, representa un recurso zoo genético de gran importancia económica, social y cultural para las comunidades altoandinas del Perú. Entre las dos razas reconocidas, la Huacaya es la más numerosa y extensamente distribuida, valorada por su fibra de alta calidad y adaptabilidad a condiciones climáticas extremas ¹. En la comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac, la crianza de alpacas constituye una de las principales actividades pecuarias, siendo vital para la seguridad alimentaria y el sustento de las familias rurales. Sin embargo, el limitado acceso a servicios veterinarios especializados y a información científica actualizada dificulta el manejo sanitario adecuado de estos camélidos sudamericanos.

El perfil hematológico, entendido como el conjunto de parámetros sanguíneos que permiten evaluar el estado fisiológico y de salud de un animal, constituye una herramienta fundamental para la detección temprana de enfermedades, la evaluación nutricional y la toma de decisiones clínicas ². La interpretación de estos parámetros requiere valores de referencia específicos, que varían según la raza, edad, sexo, altitud y condiciones ambientales propias de cada región. En ese contexto, la presente investigación se enfoca en la determinación del perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya criadas en la comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse, considerando las particularidades ecológicas de esta localidad ubicada a más de 4,000 metros de altitud, donde la hipoxia, el estrés térmico y las limitaciones alimenticias pueden influir significativamente en la fisiología sanguínea ³.

Este estudio busca establecer valores hematológicos de referencia locales que contribuyan a mejorar el diagnóstico clínico, optimizar los programas sanitarios y fortalecer el manejo productivo de las alpacas en esta zona altoandina. Asimismo, pretende aportar datos relevantes al cuerpo de conocimiento sobre fisiología comparada en camélidos sudamericanos, con potencial aplicación en otras regiones con condiciones similares. La investigación reviste importancia no solo desde el punto de vista zootécnico y veterinario, sino también como herramienta para promover el bienestar animal y la sostenibilidad de la actividad alpaquera, en consonancia con el desarrollo rural y la conservación de recursos genéticos autóctonos del país ⁴. Por ello se planteó determinar los valores del perfil hematológico de alpacas de la raza



Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac.



RESUMEN

En este estudio el objetivo planteado fue determinar los valores del perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac. Utilizando un enfoque cuantitativo básico y un nivel descriptivo. Se seleccionaron al azar a 40 animales, divididos en partes iguales entre sexos, la alimentación se basó de pastizales propios de la zona; las muestras se tomaron en época seca (agosto); los animales fueron desparasitados 15 días antes de la toma de muestras uno, al momento de la toma de muestra los animales se consideraron clínicamente sanos; la sangre se obtuvo de la vena cefálica y se almacenaron en tubos con anticoagulante (EDTA), todos se conservaron a (4°C), para transportarlos al laboratorio. Todas las muestras se analizaron mediante el analizador hematológico automático (Alphatec 51 Scientific). Los resultados muestran que los valores de la serie roja en alpacas Huacaya fueron: RGR: $15.26 \pm 1.76 \times 10^6/\mu\text{L}$; Hb: $15.54 \pm 1.71 \text{ g/dL}$; Hto: $37.97 \pm 5.44\%$; VCM: $24.56 \pm 1.28 \text{ fL}$; CHM: $10.40 \pm 1.24 \text{ pg}$; CHCM: $43.46 \pm 6.28 \text{ g/dL}$; RDW-CV: $17.16 \pm 1.16\%$; NRBC %: $2.50 \pm 0.92\%$; y NRBC $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.17 \pm 0.07 \times 10^3/\mu\text{L}$. En cuanto a la serie blanca, se obtuvieron los siguientes promedios: RGB: $7.41 \pm 1.14 \times 10^3/\mu\text{L}$; linfocitos %: $33.51 \pm 4.82\%$; monocitos %: $4.73 \pm 0.89\%$; neutrófilos %: $58.52 \pm 6.38\%$; eosinófilos %: $0.73 \pm 0.35\%$; basófilos %: $0.43 \pm 0.24\%$; linfocitos $\times 10^3/\mu\text{L}$: $2.58 \pm 0.41 \times 10^3/\mu\text{L}$; monocitos $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.33 \pm 0.09 \times 10^3/\mu\text{L}$; neutrófilos $\times 10^3/\mu\text{L}$: $4.18 \pm 0.94 \times 10^3/\mu\text{L}$; eosinófilos $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.06 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$; basófilos $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.03 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$; ALY %: $1.05 \pm 0.55\%$; ALY $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.08 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$; LIC %: $0.60 \pm 0.20\%$; y LIC $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.05 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$. Finalmente, se llega a la siguiente conclusión de los valores registrados en la serie plaquetaria fueron: recuento de plaquetas: $4234.43 \pm 157.80 \times 10^9/\text{L}$; VPM: $7.96 \pm 0.33 \text{ fL}$; PDW: $2.86 \pm 0.26 \text{ fL}$; PCT: $3.21 \pm 0.87\%$; P-LCR %: $72.68 \pm 2.42\%$; y P-LCC $\times 10^9/\text{L}$: $2982.28 \pm 810.68 \times 10^9/\text{L}$.

Palabras clave: alpaca, hipoxia, huacaya, perfil hematológico, raza.



ABSTRACT

In this study, the aim was to determine the hematological profile values of Huacaya alpacas (*Vicugna pacos*) from comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac. Using a basic quantitative approach and a descriptive level. A total of 40 animals were randomly selected, equally divided by sex. The diet was based on native pasture from the area. Blood samples were collected during the dry season (August). The animals were dewormed 15 days prior to sampling, and at the time of collection, they were considered clinically healthy. Blood was drawn from the cephalic vein and stored in tubes containing anticoagulant (EDTA); all samples were kept at 4°C for transport to the laboratory. All samples were analyzed using an automatic hematology analyzer (Alphatec 51 Scientific). The results showed that red blood cell parameters in Huacaya alpacas were as follows: RBC: $15.26 \pm 1.76 \times 10^6/\mu\text{L}$; Hb: $15.54 \pm 1.71 \text{ g/dL}$; Hct: $37.97 \pm 5.44\%$; MCV: $24.56 \pm 1.28 \text{ fL}$; MCH: $10.40 \pm 1.24 \text{ pg}$; MCHC: $43.46 \pm 6.28 \text{ g/dL}$; RDW-CV: $17.16 \pm 1.16\%$; NRBC %: $2.50 \pm 0.92\%$; and NRBC $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.17 \pm 0.07 \times 10^3/\mu\text{L}$. Regarding white blood cell parameters, the following averages were obtained: WBC: $7.41 \pm 1.14 \times 10^3/\mu\text{L}$; lymphocytes %: $33.51 \pm 4.82\%$; monocytes %: $4.73 \pm 0.89\%$; neutrophils %: $58.52 \pm 6.38\%$; eosinophils %: $0.73 \pm 0.35\%$; basophils %: $0.43 \pm 0.24\%$; lymphocytes $\times 10^3/\mu\text{L}$: $2.58 \pm 0.41 \times 10^3/\mu\text{L}$; monocytes $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.33 \pm 0.09 \times 10^3/\mu\text{L}$; neutrophils $\times 10^3/\mu\text{L}$: $4.18 \pm 0.94 \times 10^3/\mu\text{L}$; eosinophils $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.06 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$; basophils $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.03 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$; ALY %: $1.05 \pm 0.55\%$; ALY $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.08 \pm 0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$; LIC %: $0.60 \pm 0.20\%$; and LIC $\times 10^3/\mu\text{L}$: $0.05 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$. Finally, the following conclusion was reached from the values recorded in the platelet series: platelet count: $4234.43 \pm 157.80 \times 10^9/\text{L}$; MPV: $7.96 \pm 0.33 \text{ fL}$; PDW: $2.86 \pm 0.26 \text{ fL}$; PCT: $3.21 \pm 0.87\%$; P-LCR %: $72.68 \pm 2.42\%$; and P-LCC $\times 10^9/\text{L}$: $2982.28 \pm 810.68 \times 10^9/\text{L}$.

Keywords: *alpaca, hypoxia, huacaya, hematological profile, race.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En las zonas altoandinas del Perú, como en la comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña en el distrito de Cotaruse, región Apurímac, la crianza de alpacas de la raza Huacaya enfrenta diversos desafíos sanitarios, entre los cuales destacan las enfermedades que afectan el sistema hematológico de los animales, comprometiendo su productividad, longevidad y bienestar. La hematología, rama de la medicina veterinaria que estudia los componentes de la sangre como glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, hemoglobina y hematocrito, permite identificar alteraciones fisiológicas vinculadas a procesos patológicos como anemias, infecciones, inflamaciones, parasitosis, trastornos nutricionales e incluso enfermedades metabólicas. A pesar de su importancia, en muchas regiones altoandinas no se cuenta con valores hematológicos de referencia específicos para alpacas adaptadas a condiciones locales de altitud, clima y alimentación, lo que dificulta el diagnóstico preciso y oportuno de enfermedades ^{5,6,7}. Esta limitación se agrava en lugares como en la comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña en el distrito de Cotaruse, región Apurímac, donde factores como la hipoxia crónica, la escasa disponibilidad de forraje de calidad y la falta de servicios veterinarios especializados pueden influir significativamente en el equilibrio hematológico de los animales. Si bien existen estudios previos sobre perfiles sanguíneos en alpacas, muchos de estos han sido realizados en otras regiones o en condiciones controladas, sin considerar las particularidades ecológicas, genéticas y productivas de las alpacas de Cotaruse. En consecuencia, los alpaqueros y profesionales veterinarios carecen de herramientas diagnósticas adaptadas a su realidad, lo que conlleva a diagnósticos erróneos, tratamientos inadecuados y pérdidas económicas evitables. Por ello, se hace necesario determinar un perfil hematológico específico para alpacas Huacaya de esta localidad, que permita establecer parámetros normales de referencia y detectar con mayor precisión cualquier desviación asociada a enfermedades hematológicas ^{8,9}.



1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el perfil hematológico de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse - Apurímac?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el perfil hematológico de la serie roja, serie blanca, serie y plaquetaria en hembras de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse - Apurímac?
- ¿Cuál es el perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en machos de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse - Apurímac?
- ¿Cuál es el perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria entre machos y hembras de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse - Apurímac?

1.2.3 Justificación de la investigación

La alpaca de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*) es un recurso esencial en términos económicos, sociales y culturales fundamental para las comunidades altoandinas del Perú, especialmente en regiones como Apurímac, donde la crianza de camélidos sudamericanos se considera una de las principales actividades ganaderas más importantes. A pesar de su relevancia, aún existen limitaciones en cuanto a la disponibilidad de información hematológica específica y actualizada para esta especie, particularmente en relación con factores como el sexo, la altitud y las condiciones ambientales propias de cada zona.

Llevar a cabo un estudio sobre el perfil hematológico es una herramienta diagnóstica clave en la medicina veterinaria, ya que permite evaluar el estado fisiológico, inmunológico y nutricional de los animales, así como detectar posibles procesos patológicos. No obstante, para que este análisis sea verdaderamente efectivo, es vital tener valores de referencia que sean representativos de la población local. Los valores hematológicos pueden fluctuar de manera significativamente en función de múltiples factores tales como la raza, la edad, el sexo, la alimentación, la altitud y las condiciones de manejo.



La serie roja, que incluye parámetros como el conteo de glóbulos rojos los niveles de hemoglobina, es crucial para determinar la capacidad de transporte de oxígeno; por otro lado, la serie blanca que incluye los glóbulos blancos, proporciona información sobre la respuesta inmunológico del animal frente a infecciones y enfermedades. Asimismo, el análisis de la serie plaquetaria es importante para evaluar la capacidad de coagulación de la sangre, lo que es prevenir y tratar trastornos hemorrágicos.

Esta investigación se justifica en la necesidad de generar datos hematológicos confiables y representativos de alpacas Huacaya en la comunidad de San Miguel de Mestizas, en el sector Puente Chucuña, distrito de Cotaruse, Apurímac. Dicha información permitirá establecer rangos de referencia que se ajusten a las condiciones locales, contribuirá a la elaboración de programas de salud animal más efectivos, y apoyara la toma de decisiones clínicas, productivas y reproductivas en beneficio directo de los criadores de la zona.



CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar el perfil hematológico de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse - Apurímac.

2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el perfil hematológico de la serie roja, serie blanca, serie y plaquetaria en hembras de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac.
- Estimar el perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en machos de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac.
- Comparar el perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria entre machos y hembras de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse-Apurimac.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

- El perfil hematológico de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse - Apurímac, presentan valores específicos en su perfil hematológico que difieren de los rangos hematológicos referenciales establecidos en otras regiones o condiciones ambientales distintas.

2.2.2 Hipótesis específicas

- El perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en alpacas Huacaya hembras (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas,



sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac son diferentes a los valores referenciales influenciados por factores fisiológicos y ambientales propios de la zona.

- El perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en alpacas Huacaya machos (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac son diferentes a los valores referenciales influenciados por factores fisiológicos y ambientales propios de la zona.
- El perfil hematológico de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en alpacas Huacaya machos y hembras (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac son diferentes a los valores referenciales influenciados por factores fisiológicos y ambientales propios de la zona.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

VARIABLES OPERACIONALIZADAS DE ACUERDO A LA HEMATOLOGÍA EN ALPACAS

Tipo de variable	Variable	Indicador	Índice
Dependiente	Valores Hematológicos	Perfil hematológico	Serie en cantidad
	Eritrocito (RBC)	Conteo de eritrocito	X10*12/L
	Hemoglobina (HGB)	Conteo de hemoglobina	g/dl
	Hematocrito (%)	Conteo de hematocrito	%
	Volumen Corpuscular Medio (MCV)	Conteo de MCV	%
	Contenido medio de hemoglobina eritrocitaria (MCH)	Conteo de MCH	Pg.
	Concentración media de hemoglobina corpuscular (MCHC)	Conteo de MCHC	g/dl
	Amplitud de distribución eritrocitaria (RDW-SD)	Conteo de RDW-SD	Fl
	Amplitud de distribución eritrocitaria (RDW-CV) %	Conteo de RDW-CV	%
	Leucocito (WBC)	Conteo de leucocitos	X10*9/L
	• Linfocito (LYM)%	Conteo de linfocitos	%
	• Monocito (MID)%	Conteo de monocito	%
	• Neutrófilo (NEUT)%	Conteo de neutrófilo	%
	• Linfocito (LYM)#	Conteo de neutrófilo	X10*9/L
	• Monocito (MID)#	Conteo de neutrófilo	X10*9/L
	• Neutrófilo (NEUT)#	Conteo de neutrófilo	X10*9/L
	Plaquetas (PLT)	Conteo de plaquetas	X10*9/L
	• Medida de volumen plaquetario medio (MPV)	Conteo de MPV	Fl
	• El ancho de distribución plaquetaria (PDW)	Conteo de PDW	%
	• Plaquetocrito (PCT)	Conteo de PCT	%
• Numero de plaquetas células grandes (P-LCR)	Conteo de P-LCR	%	
Independiente	• Machos	Condición sexual de la anatomía	sexo
	• Hembras	Condición sexual de la anatomía	sexo



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) Otro reporte en el año 2019 en la localidad de Calpi, provincia de Chimborazo (Ecuador), tuvo como objetivo la caracterización hematológica de alpacas (*Vicugna pacos*) de raza Huacaya, específicamente machos de dos años de edad, con el fin de establecer valores de referencia para la serie roja, blanca y plaquetaria. Se seleccionaron 12 ejemplares clínicamente sanos, de los cuales se recolectaron muestras sanguíneas mediante venopunción, utilizando tubos al vacío con anticoagulante (EDTA). Los análisis se llevaron a cabo mediante un analizador hematológico automatizado. Los parámetros obtenidos para la biometría hemática incluyeron una concentración media de hemoglobina (Hb) de 11.07 ± 1.32 g/dL, hematocrito (Hto) de $33.17 \pm 4.54\%$, recuento eritrocitario (RGR) de $12.60 \pm 0.62 \times 10^6/\mu\text{L}$, volumen corpuscular medio (VCM) de 20.95 ± 0.22 fL, hemoglobina corpuscular media (HCM) de 10.56 ± 0.13 pg/cél, y concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM) de 33.85 ± 5.43 g/dL. En cuanto al leucograma, se registró un recuento leucocitario total (RGB) de $9.68 \pm 3.22 \times 10^3/\mu\text{L}$, con una distribución diferencial de neutrófilos: $58.59 \pm 7.79\%$, linfocitos: $39.73 \pm 8.53\%$, monocitos: $0.58 \pm 0.65\%$, eosinófilos: $1.27 \pm 0.92\%$ y basófilos: $0.50 \pm 0.52\%$. En la serie trombocitaria, el recuento plaquetario (PLT) presentó una media de $210.08 \pm 17.90 \times 10^3/\mu\text{L}$. Los resultados obtenidos proporcionan datos fundamentales para la interpretación clínica de los perfiles hematológicos en alpacas adultas bajo condiciones de altura, siendo relevantes para el diagnóstico veterinario y la medicina preventiva en sistemas de producción andinos ¹⁰.
- b) En otra investigación realizada en el año 2018 que tuvo como objetivo contribuir a la caracterización clínica de los parámetros hematológicos y bioquímicos séricos en camélidos sudamericanos, con énfasis en su aplicación diagnóstica y terapéutica, dada la limitada disponibilidad de información en Ecuador sobre estos indicadores fisiológicos. La investigación se desarrolló en 86 camélidos localizados en la parroquia Salinas, provincia de Bolívar, Ecuador, donde además se evaluó el uso de estos animales en actividades de tracción. Las muestras sanguíneas fueron recolectadas mediante venopunción y analizadas mediante técnicas estándar en hematología veterinaria,



incluyendo la medición del hematocrito (Hto), la elaboración de frotis sanguíneos y pruebas bioquímicas de rutina. Los valores hematológicos promedio obtenidos para alpacas (*Vicugna pacos*), fueron: hematocrito (Hto) = 34.61%; en la fórmula leucocitaria se registraron neutrófilos = $58.75\% \pm 12.44$, eosinófilos = $2.56\% \pm 2.21$, basófilos = $3.32\% \pm 2.25$, monocitos = $9.10\% \pm 5.35$ y linfocitos = $24.84\% \pm 8.99$. Estos resultados permiten establecer valores fisiológicos de referencia para camélidos bajo condiciones productivas en altitudes interandinas del Ecuador, facilitando su uso como herramientas clínicas en medicina veterinaria preventiva y de diagnóstico ¹¹.

- c) En otra investigación realizada en el año 2017, muestran los parámetros bioquímicos séricos parciales y los valores hematológicos en alpacas (*Vicugna pacos*) de raza Huacaya, en función de su estado reproductivo (preñadas en el primer tercio de gestación y no gestantes), bajo condiciones ambientales del distrito de Ninacaca, provincia de Cerro de Pasco, Perú. Se evaluaron 34 hembras adultas, distribuidas equitativamente en dos grupos: $n = 17$ alpacas preñadas y $n = 17$ vacías. Las muestras sanguíneas se obtuvieron mediante venopunción y fueron procesadas con técnicas automatizadas para análisis hematológico y bioquímico. En la serie roja, los valores promedio para el hematocrito (Hto) y la hemoglobina (Hb) fueron $30.82\% \pm 5.82$ y $13.29 \text{ g/dL} \pm 7.28$ en el grupo preñado, y $29.53\% \pm 5.50$ y $12.87 \text{ g/dL} \pm 3.01$ en el grupo vacío, respectivamente; el recuento eritrocitario (RGR) fue de $12.7 \pm 4.1 \times 10^6/\text{mm}^3$ en preñadas y $11.6 \pm 3.0 \times 10^6/\text{mm}^3$ en vacías, sin diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$). En cuanto a la serie blanca, el conteo total de leucocitos (RGB) fue de $10,991 \pm 5,685 \times 10^6/\mu\text{L}$ en preñadas y $11,520 \pm 4,677 \times 10^6/\mu\text{L}$ en vacías. La fórmula leucocitaria mostró los siguientes promedios en las alpacas preñadas y vacías, respectivamente: basófilos absolutos $78.04/\mu\text{L}$ ($0.71\% \pm 0.99$) y $40.32/\mu\text{L}$ ($0.35\% \pm 0.61$), eosinófilos $45.06/\mu\text{L}$ ($0.41\% \pm 0.87$) y $40.32/\mu\text{L}$ ($0.35\% \pm 0.86$), linfocitos $6387.97/\mu\text{L}$ ($58.12\% \pm 8.94$) y $6519.17/\mu\text{L}$ ($56.59\% \pm 7.32$), monocitos $419.86/\mu\text{L}$ ($3.82\% \pm 2.38$) y $385.92/\mu\text{L}$ ($3.35\% \pm 1.97$), sin diferencias significativas ($p \geq 0.05$). Sin embargo, los neutrófilos en banda presentaron una diferencia estadísticamente significativa entre grupos, con valores de $459.42/\mu\text{L}$ ($4.18\% \pm 2.72$) en preñadas y $237.31/\mu\text{L}$ ($2.06\% \pm 1.52$) en vacías ($p = 0.009$). En conclusión, no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros hematológicos entre alpacas gestantes (primer tercio) y no gestantes, estableciendo así valores fisiológicos comparativos útiles para el diagnóstico clínico veterinario en camélidos sudamericanos

3.



- d) Otro reporte, realizado en el año 2015 que tuvo como objetivo observar la caracterización de los parámetros hematológicos en alpacas hembras de raza Huacaya (*Vicugna pacos*), bajo condiciones de altitud en la comunidad de Apahua, ubicada a 3936 m s. n. m., en el altiplano ecuatoriano. Se trabajó con una muestra de 46 alpacas aparentemente sanas, con edades comprendidas entre 1 y 5 años. La recolección de muestras sanguíneas se efectuó mediante venopunción de vasos periféricos, utilizando tubos al vacío con anticoagulante EDTA, y los análisis se realizaron siguiendo un diseño metodológico de tipo analítico-descriptivo. El estudio tuvo como finalidad establecer valores referenciales de biometría hemática a través de exámenes de laboratorio. Los resultados obtenidos para alpacas de 1 a 3 años de edad fueron: recuento eritrocitario (RGR) entre 12.11 y $14.65 \times 10^{12}/L$; hematocrito (Hto) entre 30.33% y 35.67%; concentración de hemoglobina (Hb) entre 10.90 y 12.72 g/dL; volumen corpuscular medio (VCM) entre 22.89 y 26.58 fL; hemoglobina corpuscular media (HCM) entre 8.17 y 9.56 pg/cél; concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM) entre 32.13 y 38.99 g/dL. Para la serie blanca, el recuento leucocitario total (RGB) osciló entre 7.59 y $17.95 \times 10^9/L$, con basófilos de hasta $0.35 \times 10^9/L$, eosinófilos entre 0.36 y $1.12 \times 10^9/L$, neutrófilos entre 2.82 y $8.03 \times 10^9/L$, linfocitos entre 2.76 y $3.55 \times 10^9/L$ y monocitos entre 1.35 y $1.74 \times 10^9/L$. En conclusión, los valores hematológicos obtenidos constituyen un marco de referencia fisiológica para alpacas hembras mantenidas en ecosistemas de altura, siendo de utilidad clínica en el ámbito de la medicina veterinaria andina y el manejo sanitario de camélidos sudamericanos ¹².
- e) Por otro lado, se muestra otro análisis, llevado a cabo en Argentina durante el año 2013, que tuvo como propósito la determinación de parámetros hematológicos en alpacas (*Vicugna pacos*), contribuyendo a la generación de valores fisiológicos de referencia para esta especie doméstica sudamericana. Las evaluaciones clínicas se realizaron en individuos aparentemente sanos, mediante extracción de sangre venosa y posterior análisis con técnicas hematológicas estandarizadas. Los resultados obtenidos para la serie roja fueron: recuento globular rojo (RGR): $14.2 \pm 0.9 \times 10^6/\mu L$, hematocrito (Hto): $39.1 \pm 5.1\%$, concentración de hemoglobina (Hb): 13.7 ± 1.8 g/dL, volumen corpuscular medio (VCM): 27.53 ± 7.1 fL, hemoglobina corpuscular media (HCM): 9.64 ± 1.5 pg, y concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM): $35.3 \pm 5.9\%$. En la serie leucocitaria, el recuento total de glóbulos blancos (RGB) fue de $14,000 \pm 3,200$ células/mm³, con una fórmula leucocitaria compuesta por linfocitos: $36 \pm 10\%$, neutrófilos: $49.73 \pm 31.7\%$, monocitos: $10.40 \pm 9.1\%$, eosinófilos: $4.43 \pm 2.4\%$ y



basófilos: 0%. En cuanto al hemograma plaquetario, el recuento plaquetario (PLT) alcanzó una media de $285,000 \pm 110,000/\mu\text{L}$. Estos valores reflejan el estado hematológico normal en alpacas bajo condiciones ambientales específicas y constituyen una base importante para el diagnóstico clínico y monitoreo sanitario en medicina veterinaria aplicada a camélidos sudamericanos ¹³.

- f) En otra investigación desarrollado en 1997 en la jurisdicción de Valdivia, Región de Los Ríos (Chile), el mismo que tuvo como objetivo caracterizar los parámetros hematológicos en alpacas adultas (*Vicugna pacos*) aparentemente sanas, mantenidas bajo condiciones agroecológicas de clima templado húmedo. El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Austral de Chile, situadas a 9 m s. n. m., sobre una población de 34 alpacas con un peso corporal promedio de 50 kg, residentes en la zona desde hacía al menos dos años. El ambiente presentaba una temperatura media anual de $12.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa promedio de 78% y una precipitación anual de 2306 mm. Los animales fueron alimentados en pasturas mejoradas compuestas por *Lolium* sp. y *Trifolium repens*, con suplementación de heno durante el invierno, y previamente desparasitados contra *Fasciola* hepática y nematodos gastrointestinales. Las muestras de sangre fueron obtenidas por venopunción y procesadas mediante técnicas hematológicas estándar. Los resultados obtenidos para la serie roja incluyeron un recuento eritrocitario (RGR) entre 7.1 y $13 \times 10^6/\mu\text{L}$, con hematíes de forma elipsoidal; hematocrito (Hto) entre 20% y 32%; concentración de hemoglobina (Hb) entre 9.2 y 15.2 g/dL; volumen corpuscular medio (VCM) entre 18 y 36 fL; hemoglobina corpuscular media (HCM) entre 8% y 16%; y concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM) de 37 a 57 g/dL. En cuanto al leucograma, el recuento total leucocitario (RGB) osciló entre 4.5 y $19 \times 10^3/\mu\text{L}$. Se observaron basófilos en un rango de 0% a 3%; eosinófilos ausentes en algunos individuos y hasta 36% en otros, con núcleos hiposegmentados y gránulos poco abundantes en el citoplasma; neutrófilos entre 32% y 71%, con gránulos citoplasmáticos de tono rosado pálido; células baciliformes entre 0% y 6%; linfocitos entre 8% y 45%; y monocitos de 0% a 7%. Estos hallazgos permiten establecer rangos hematológicos de referencia en alpacas mantenidas en condiciones de baja altitud y clima templado, con implicancias clínicas para la medicina veterinaria preventiva y diagnóstico diferencial en camélidos sudamericanos ².
- g) En otro estudio, se realizó un estudio en el año 2024, que tuvo como finalidad establecer los valores de referencia hematológicos en crías de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) en etapa de lactación, criadas a 4228 m s. n. m. en la Comunidad de Quillcaccasa, provincia



de Aymaraes, Región Apurímac, Perú. Se seleccionaron por muestreo no probabilístico intencionado 40 crías (20 hembras y 20 machos), clínicamente sanas y alimentadas exclusivamente con pasturas nativas. Se recolectaron muestras sanguíneas mediante venopunción en la vena cefálica, utilizando tubos con anticoagulante EDTA, los cuales fueron conservados a 4 °C y transportados al laboratorio para su análisis mediante un hemanalizador automatizado (Alphatec 51 Scientific). Se determinaron parámetros hematológicos de la serie eritrocítica: RGR: $12.49 \pm 0.92 \times 10^6/\mu\text{L}$; Hb: 14.80 ± 0.99 g/dL; Hto: $30.81 \pm 2.48\%$; VCM: 23.61 ± 1.32 fL; HCM: 11.55 ± 0.50 pg; CHCM: 47.96 ± 1.56 g/dL; RDW-CV: $20.12 \pm 1.34\%$; NRBC: $1.33 \pm 0.23\%$ ($0.127 \pm 0.043 \times 10^3/\mu\text{L}$); de la serie leucocitaria: RGB: $9.88 \pm 1.40 \times 10^3/\mu\text{L}$; linfocitos: $34.59 \pm 5.78\%$ ($3.057 \pm 0.755 \times 10^3/\mu\text{L}$); monocitos: $5.35 \pm 0.77\%$ ($0.428 \pm 0.1 \times 10^3/\mu\text{L}$); neutrófilos: $51.49 \pm 4.88\%$ ($4.724 \pm 0.621 \times 10^3/\mu\text{L}$); eosinófilos: $0.59 \pm 0.09\%$ ($0.035 \pm 0.008 \times 10^3/\mu\text{L}$); basófilos: $0.64 \pm 0.14\%$ ($0.039 \pm 0.009 \times 10^3/\mu\text{L}$); linfocitos atípicos (ALY): $0.764 \pm 0.124\%$ ($0.072 \pm 0.016 \times 10^3/\mu\text{L}$); y células inmaduras (LIC): $1.04 \pm 0.164\%$ ($0.075 \pm 0.01 \times 10^3/\mu\text{L}$); y de la serie trombocítica: recuento plaquetario: $3550.1 \pm 297.45 \times 10^9/\text{L}$; VPM: 7.845 ± 0.233 fL; PDW: 4.27 ± 0.561 fL; PCT: $3.139 \pm 0.47\%$; P-LCR: $71.515 \pm 4.875\%$; P-LCC: $2938.39 \pm 766.87 \times 10^9/\text{L}$. Se aplicó estadística descriptiva (media, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación) y análisis inferencial mediante prueba t de Student para muestras independientes, determinando que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en Hto, VCM, eosinófilos %, VPM y PDW entre sexos; mientras que los restantes parámetros presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), con mayor concentración de eritrocitos y leucocitos en machos, y mayor cantidad de plaquetas en hembras ¹⁴.

- h) Por otro lado, se reporta un estudio realizado en el año 2024, que tuvo como objetivo caracterizar el perfil hematológico en crías de alpacas (*Vicugna pacos*) afectadas por enteropatías diarreicas, pertenecientes a comunidades altoandinas de la región Huancavelica, Perú. Se recolectaron un total de 113 muestras sanguíneas de crías de ambos sexos, con edades menores a tres meses, provenientes de las localidades de Sacsamarca, Asociación Lachocc y CIDCS-Lachocc. La recolección se realizó mediante punción yugular en el tercio medio del cuello, utilizando tubos Vacutainer® con anticoagulante (EDTA), manteniéndose las muestras en condiciones térmicas controladas con porta vacunas Thermos® hasta su procesamiento en un analizador hematológico automatizado de cinco diferenciales (Genru KT-6610VET). Los resultados revelaron una eritrocitosis moderada ($10.45 \pm 1.62 \times 10^6/\mu\text{L}$), leucopenia



($13.15 \pm 4.34 \times 10^3/\mu\text{L}$) y valores plaquetarios reducidos (PLT: $326.91 \pm 149.67 \times 10^3/\mu\text{L}$) en relación a los valores de referencia. En neonatos de un mes, se observaron concentraciones bajas de hemoglobina (Hb: $12.27 \pm 1.93 \text{ g/dL}$), hematocrito (Hto: $21.42 \pm 3.73\%$) y CHCM ($536.42 \pm 42.88 \text{ mg/dL}$), mientras que entre uno y dos meses se evidenciaron incrementos en Hb ($13.67 \pm 0.95 \text{ g/dL}$), Hto ($24.22 \pm 2.83\%$), VCM ($22.63 \pm 1.62 \text{ fL}$), HCM ($13.03 \pm 0.89 \text{ pg/célula}$) y CHCM ($576.00 \pm 25.88 \text{ mg/dL}$). En cuanto al leucograma, los machos presentaron leucocitosis con elevación de neutrófilos (NEU: $8.55 \pm 3.78 \times 10^3/\mu\text{L}$), monocitos ($0.57 \pm 0.35 \times 10^3/\mu\text{L}$), eosinófilos ($0.57 \pm 0.35 \times 10^3/\mu\text{L}$) y basófilos ($0.04 \pm 0.02 \times 10^3/\mu\text{L}$), mientras que las hembras registraron cifras más bajas para todas las poblaciones leucocitarias. A los tres meses, se observaron incrementos generales en leucocitos totales y diferenciados, mientras que entre uno y dos meses los valores fueron inferiores. En cuanto a los parámetros plaquetarios, en machos se evidenciaron valores elevados de PDW-DS y PDW-CV (ambos $6.14 \pm 0.90\%$) y niveles bajos de PCT ($1.43 \pm 0.76 \text{ ng/mL}$) y P-LCC ($117.27 \pm 85.92 \times 10^3/\mu\text{L}$). En hembras, se reportaron valores aumentados de PCT ($1.67 \pm 0.80 \text{ ng/mL}$), P-LCC ($137.47 \pm 90.21 \times 10^3/\mu\text{L}$) y PLT ($349.03 \pm 143.94 \times 10^3/\mu\text{L}$). En crías de un mes, se documentaron valores elevados de PLT ($383.70 \pm 152.91 \times 10^3/\mu\text{L}$), PDW-CV ($6.24 \pm 0.38\%$), PCT ($1.90 \pm 0.78 \text{ ng/mL}$) y P-LCC ($166.10 \pm 72.66 \times 10^3/\mu\text{L}$); mientras que a los dos meses se reportaron descensos importantes de PCT ($307.89 \pm 134.66 \times 10^9/\text{L}$), MPV ($4.56 \pm 0.50 \text{ fL}$), PCT ($1.44 \pm 0.75 \text{ ng/mL}$) y P-LCC ($113.75 \pm 87.73 \times 10^3/\mu\text{L}$). Estos hallazgos confirman la existencia de alteraciones significativas y variables en los parámetros hematológicos en crías de alpacas con manifestaciones entéricas, información útil para establecer criterios diagnósticos en medicina veterinaria andina ¹⁵.

- i) Otro estudio realizado en el año 2017 tuvo como objetivo establecer los parámetros hematológicos de referencia en crías de alpaca (*Vicugna pacos*) clínicamente sanas, menores de dos meses de edad, procedentes del Centro de Investigación y Producción (CIP) “La Raya” de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) – Puno. Se seleccionaron 30 ejemplares en buen estado fisiológico, a los cuales se les extrajo sangre venosa para su evaluación hematológica mediante técnicas convencionales y análisis bioquímico automatizado utilizando el equipo URIT-810. Los parámetros hematológicos obtenidos fueron: recuento de eritrocitos (GR): $10.67 \pm 0.13 \times 10^6/\mu\text{L}$; recuento leucocitario total (GB): $19.07 \pm 0.18 \times 10^3/\mu\text{L}$; hematocrito (Hto): 25.30%; concentración de hemoglobina (Hb): $11.23 \pm 0.15 \text{ g/dL}$; volumen corpuscular medio (VCM): $23.80 \pm 0.59 \text{ fL}$; hemoglobina corpuscular media (HCM): $10.58 \pm 0.21 \text{ pg}$;



concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM): 45.11%. En la fórmula leucocitaria se observó la siguiente distribución diferencial: neutrófilos (NEU): 47.8% ($9.11 \times 10^3/\mu\text{L}$), monocitos (MON): 18.87% ($3.59 \times 10^3/\mu\text{L}$), linfocitos (LIN): 30.47% ($5.82 \times 10^3/\mu\text{L}$), eosinófilos (EOS): 2.73% ($0.53 \times 10^3/\mu\text{L}$) y basófilos (BAS): 1% ($0.20 \times 10^3/\mu\text{L}$). A partir del análisis estadístico descriptivo, se concluye que los valores obtenidos constituyen una referencia útil para la interpretación clínica y el monitoreo de la salud hematológica en crías de alpaca menores de dos meses, contribuyendo al diagnóstico diferencial en medicina veterinaria andina ¹⁶.

- j) Otro estudio, desarrollado en el año 2016 en comunidades alpaqueras ubicadas a 3500 m s. n. m. en los departamentos de Junín y Pasco (Perú), tuvo como objetivo determinar y comparar los parámetros hematológicos en crías de alpaca (*Vicugna pacos*) de un mes de edad afectadas por cuadros clínicos de enfermedad diarreica, en relación con crías aparentemente sanas. Se evaluaron 30 neonatos con signos evidentes de diarrea y 5 crías clínicamente sanas, mediante análisis de sangre obtenida por venopunción, utilizando tubos con anticoagulante para su posterior procesamiento hematológico. Los resultados indicaron que las crías con diarrea presentaron un hematocrito (Hto) promedio de $29.36 \pm 2.7\%$, con un rango de 25% a 36%, en tanto que las crías sanas presentaron valores entre 27.2% y 35.3%. La concentración media de hemoglobina (Hb) en animales enfermos fue de $14.3 \pm 1.6 \text{ g/dL}$ (rango: 9.2 a 17.8 g/dL), mientras que en las crías sanas se observaron valores entre 12.1 y 17.1 g/dL. En cuanto al recuento eritrocitario (RGR), las crías con diarrea alcanzaron una media de $14.01 \times 10^6/\mu\text{L} \pm 1.7 \times 10^6/\mu\text{L}$ (rango: 10.2 a $17.85 \times 10^6/\mu\text{L}$), frente a un rango de 9.75 a $16.4 \times 10^6/\mu\text{L}$ en crías sanas. Finalmente, el recuento total de leucocitos (RGB) fue notablemente mayor en crías enfermas, con una media de $18.02 \pm 7.7 \times 10^3/\mu\text{L}$ (rango: 7.2 a $43.6 \times 10^3/\mu\text{L}$), comparado con las crías sanas, cuyo rango osciló entre 7.4 y $17.9 \times 10^3/\mu\text{L}$. Estos hallazgos sugieren una respuesta hematopoyética y leucocitaria activa en crías afectadas por procesos diarreicos, siendo de relevancia clínica para el diagnóstico diferencial y monitoreo terapéutico en medicina veterinaria andina ⁴.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Hematología de la alpaca

La hematología, disciplina centrada en el análisis de la sangre y sus elementos formes —eritrocitos (RGR), leucocitos (RGB) y plaquetas (PLT)— así como de los órganos hematopoyéticos, principalmente médula ósea y sistema linfático, constituye una herramienta clínica esencial para el diagnóstico y seguimiento de patologías como anemias, coagulopatías, leucemias, linfomas y otras disfunciones hematológicas (17). En alpacas, el monitoreo de estos parámetros cobra especial relevancia al evidenciar adaptaciones fisiológicas asociadas a la hipoxia crónica inducida por la altitud, ya que los ejemplares que habitan zonas altoandinas (>3000 m s.n.m.) presentan características hemáticas particulares, como mayor recuento eritrocitario (RGR $\times 10^6/\mu\text{L}$), elevación de hematocrito (Hto %) y hemoglobina (Hb g/dL), en comparación con animales que viven en altitudes menores. Adicionalmente, el conocimiento de los perfiles hematológicos es indispensable para garantizar la compatibilidad en procedimientos de transfusión sanguínea en medicina veterinaria, velando por la seguridad y eficacia del manejo clínico de estas especies. La hematología en alpacas permite no solo detectar alteraciones fisiopatológicas, sino también comprender las respuestas adaptativas al entorno, consolidándose como un pilar fundamental en la medicina diagnóstica veterinaria de camélidos ¹⁸.

En el contexto fisiopatológico de los camélidos sudamericanos, particularmente *Vicugna pacos* (alpaca), la altitud constituye un factor ambiental determinante que induce importantes adaptaciones hematológicas, las cuales deben ser consideradas dentro del marco clínico y zootécnico de poblaciones ubicadas por encima de los 2500 metros de altitud. Entre las modificaciones más relevantes se encuentra la eritrocitosis compensatoria, también denominada poliglobulia, caracterizada por un incremento en el recuento de eritrocitos (RGR $\times 10^6/\mu\text{L}$), concentraciones de hemoglobina (Hb g/dL) y hematocrito (Hto %), como respuesta adaptativa a la hipoxia hipobárica propia de zonas altoandinas ¹⁸. Este fenómeno hematopoyético, estimulado principalmente por la secreción de eritropoyetina, optimiza la capacidad de transporte de O_2 desde el sistema pulmonar hacia los tejidos periféricos, garantizando la homeostasis celular en un entorno con presión parcial de oxígeno disminuida ¹⁹. En cuanto a la serie blanca, los leucocitos (RGB $\times 10^3/\mu\text{L}$) suelen conservar valores dentro de rangos fisiológicos normales, aunque



se ha documentado, en algunos casos, un leve incremento en la proporción de neutrófilos segmentados, asociado a mecanismos de adaptación inmunológica o estrés ambiental. Las adaptaciones hematológicas inducidas por la altitud en alpacas son esenciales para mantener la oxigenación tisular adecuada, permitiendo la subsistencia de la especie en ecosistemas extremos y constituyen un punto clave para la interpretación clínica de perfiles hemáticos, diagnósticos diferenciales y el desarrollo de protocolos terapéuticos o de manejo en medicina veterinaria andina²⁰.

3.2.2 Serie roja de la sangre de alpacas

La serie eritrocítica, también denominada serie roja, constituye un componente esencial del sistema hematológico en *Vicugna pacos* (alpaca), siendo responsable del transporte eficiente de O₂ y CO₂ entre los pulmones y los tejidos periféricos. Esta serie está conformada principalmente por eritrocitos, células anucleadas de morfología elipsoidal y aplanada, cuya concentración fisiológica en alpacas puede oscilar entre 10,1 a 17,3 ×10⁶/μL, con una vida media aproximada de 60 días²¹. La morfología elipsoide de los hematíes en esta especie representa una adaptación evolutiva al ambiente hipobárico de las zonas altoandinas, donde las alpacas habitan usualmente a altitudes superiores a los 3500 metros de altitud. Esta forma celular no solo proporciona una mayor superficie para el alojamiento de moléculas de hemoglobina (Hb, g/dL), optimizando así la captación y liberación de oxígeno, sino que también confiere una mayor resistencia a la lisis osmótica, debido a la presencia de una membrana plasmática enriquecida con proteínas estructurales como las bandas tipo 3 y su interacción con otras proteínas citoesqueléticas^{13,22}. La eritropoyesis en alpacas está regulada principalmente por la hormona eritropoyetina, cuya síntesis es inducida por condiciones de hipoxia, lo que asegura un ajuste fisiológico del hematocrito (Hto, %) y del recuento eritrocitario (RGR, x10⁶/μL) según las necesidades de oxigenación del organismo¹³. Alteraciones cuantitativas o cualitativas en esta serie pueden desencadenar cuadros clínicos como anemia o eritrocitosis, afectando la oxigenación tisular y el metabolismo celular. La serie roja desempeña un papel indispensable en la fisiología respiratoria y hemodinámica de las alpacas, siendo una herramienta diagnóstica clave en medicina veterinaria para la evaluación del estado homeostático, nutricional y patológico de estos camélidos sudamericanos^{21,23}.

a) La amplitud de distribución eritrocitaria (RDW, RDW-CV o RDW-SD)

La Amplitud de Distribución Eritrocitaria (RDW, por sus siglas en inglés: Red Cell Distribution Width), constituye un parámetro hematológico de relevancia clínica en medicina veterinaria, empleado para cuantificar la anisocitosis eritrocitaria, es decir, la variabilidad en el volumen de los eritrocitos (VCM, fL) dentro de una muestra sanguínea. Este indicador puede expresarse como coeficiente de variación (RDW-CV, %) o como desviación estándar (RDW-SD, fL), y forma parte del hemograma completo dentro del estudio de la serie roja. En alpacas (*Vicugna pacos*), un RDW elevado sugiere una población eritrocitaria heterogénea, lo que puede correlacionarse con procesos fisiopatológicos como anemia ferropénica, deficiencia de cobalamina (vitamina B₁₂) o folatos, hemoglobinopatías como la talasemia, o trastornos inflamatorios crónicos, afectando directamente la eritropoyesis^{24,25}. Por el contrario, valores bajos de RDW reflejan una mayor homogeneidad en el tamaño de los hematíes, lo cual suele estar asociado a una eritropoyesis normocítica eficaz. Dado que el RDW no actúa de forma aislada, su interpretación debe realizarse junto con otros índices eritrocitarios, tales como el VCM, HCM (hemoglobina corpuscular media, pg) y CHCM (concentración de hemoglobina corpuscular media, g/dL), con el fin de precisar diagnósticos diferenciales en patologías hematológicas. En conclusión, el RDW representa una herramienta diagnóstica valiosa para los médicos veterinarios especializados en camélidos sudamericanos, permitiendo evaluar de forma objetiva alteraciones en la maduración eritrocitaria y orientando el abordaje clínico y terapéutico de diversas condiciones hematopoyéticas en alpacas^{26,27}.

b) Recuento de eritrocitos nucleados (NRBC)

El recuento de eritrocitos nucleados (NRBC, por sus siglas en inglés: nucleated red blood cells), también denominados normoblastos o eritroblastos, constituye un parámetro hematológico de importancia diagnóstica en medicina veterinaria, particularmente en especies como la alpaca (*Vicugna pacos*), en las cuales el monitoreo de la eritropoyesis es crucial para evaluar la respuesta medular frente a condiciones fisiopatológicas. Bajo condiciones normales, los eritrocitos maduros que circulan en la sangre periférica carecen de núcleo, dado que este es eliminado durante la maduración eritroide en la médula ósea. No obstante, ante situaciones de estrés eritropoyético —como hipoxia tisular crónica, anemia



hemolítica, mielopatías, enfermedad cardiopulmonar o estados inflamatorios graves— puede observarse la liberación prematura de eritrocitos nucleados al torrente sanguíneo. Este hallazgo, cuantificado habitualmente como número de NRBC por 100 leucocitos o expresado en unidades absolutas ($\# \times 10^3/\mu\text{L}$), debe interpretarse con base en el contexto clínico del paciente, incluyendo edad, altitud de residencia y estado inmuno el recuento de eritrocitos nucleados lógico. En crías neonatas de alpacas o animales en ambientes de alta montaña (>3500 m s.n.m.), la presencia de NRBC puede representar una respuesta fisiológica a la hipoxemia ambiental ^{25,26}. Sin embargo, su detección en animales adultos o en cantidades elevadas puede sugerir una eritropoyesis ineficaz o diseritropoyesis, requiriendo un abordaje diagnóstico más profundo con apoyo de otros biomarcadores hematológicos y estudios de médula ósea. En suma, el NRBC constituye una herramienta sensible dentro del hemograma para valorar la dinámica de la serie roja, su estado funcional y el grado de compromiso eritropoyético en alpacas, siendo clave para el diagnóstico precoz de patologías hematológicas y sistémicas ^{27,28}.

c) Volumen corpuscular medio (VCM ó MCV)

En medicina veterinaria aplicada a camélidos sudamericanos, específicamente en *Vicugna pacos*, el Volumen Corpuscular Medio (VCM o MCV, por sus siglas en inglés: Mean Corpuscular Volume) representa un parámetro hematológico cuantitativo que permite estimar el volumen promedio de los eritrocitos en circulación, expresado en femtolitros (fL). Este índice se calcula mediante la fórmula $\text{MCV} = (\text{Hematocrito } [\%] \times 10) / \text{Recuento de eritrocitos } [\times 10^6/\mu\text{L}]$, y es empleado clínicamente en el diagnóstico diferencial de anemias y otras diseritropoyesis. Desde una perspectiva fisiopatológica, un MCV aumentado (MCV \uparrow) sugiere macrocitosis, condición asociada comúnmente con regeneración eritrocitaria activa, deficiencia de vitamina B₁₂ o ácido fólico, o disfunción hepática, mientras que un MCV disminuido (MCV \downarrow) indica microcitosis, típicamente relacionada con deficiencia de hierro (Fe²⁺ \downarrow), anemia ferropénica o trastornos crónicos inflamatorios ^{21,22}. En alpacas, la interpretación del MCV debe considerar las particularidades hematológicas de la especie, como la morfología elíptica y de menor volumen de sus eritrocitos, así como su adaptación a ambientes hipobáricos, lo cual puede influir en los valores de referencia poblacionales. De acuerdo con estudios clínico-patológicos, los



valores medios de MCV en V. pacos suelen situarse entre 36–42 fL ($\mu \approx 39$ fL, σ dependiente de edad y estado fisiológico), significativamente menores en comparación con los estándares para *Homo sapiens*. La evaluación del MCV, en conjunto con otros índices eritrocitarios como el HCM (Hemoglobina Corpuscular Media) y la CHCM (Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media), resulta esencial para establecer diagnósticos precisos de las alteraciones hematológicas que pueden afectar a esta especie adaptada a la hipoxia crónica de altura^{21,22,29}.

3.2.2.1 Hemoglobina de alpacas

La hemoglobina es una proteína presente en los glóbulos rojos de la sangre que desempeña un papel fundamental en el transporte de oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos y órganos del cuerpo, así como en el transporte de dióxido de carbono de regreso a los pulmones para su eliminación. Su estructura química le permite unirse y liberar moléculas de oxígeno de manera eficiente. La hemoglobina contiene hierro, lo que le da su color rojo característico, y su capacidad para unirse al oxígeno es vital para el funcionamiento celular y la homeostasis del cuerpo de los animales²². La hemoglobina en alpacas (*Vicugna pacos*) es similar en su función a la de otros mamíferos, pero tiene diferencias estructurales notables. Estos animales tienen mayor concentración de hemoglobina F o denominada también hemoglobina fetal, esto también es parte de la adaptación a la vida en altitud con escasos niveles de O₂, lo que le permite unirse y liberar oxígeno de manera más eficiente a altitudes elevadas. Además, la hemoglobina de las alpacas tiene una mayor afinidad por el oxígeno, lo que facilita la captación de oxígeno en las altas altitudes de los Andes, donde estas especies suelen vivir. Estas adaptaciones son cruciales para su supervivencia en su hábitat natural¹³.

a) Contenido medio de hemoglobina eritrocitaria (CHM ó MCH)

El Contenido Medio de Hemoglobina Eritrocitaria (CMHE o MCH, por sus siglas en inglés: Mean Corpuscular Hemoglobin) constituye un parámetro hematológico clave que cuantifica la masa promedio de hemoglobina (Hb) contenida en cada eritrocito, expresada en picogramos (pg). Este valor se obtiene mediante la fórmula $MCH = (Hb [g/dL] \times 10) / \text{Recuento eritrocitario} [\times 10^6/\mu L]$, y su interpretación es esencial para la



caracterización de síndromes anémicos y otras alteraciones hematopoyéticas. Un incremento en el MCH (MCH↑) puede sugerir macrocitos hipercroma, asociado a procesos regenerativos o disfunciones eritropoyéticas, mientras que un descenso del mismo (MCH↓) se vincula frecuentemente con microcitos hipocroma, indicativa de estados carenciales de hierro (Fe^{2+} ↓) o anemias crónicas inflamatorias^{22,30}. En alpacas, los valores fisiológicos de MCH presentan particularidades debido a su adaptación evolutiva a entornos hipobáricos de gran altitud (>3,500 m s.n.m.), donde la eficiencia en el transporte de O_2 se ve optimizada mediante ajustes eritrocitarios específicos. Estudios clínico-hematológicos refieren que el rango de MCH en V. pacos se sitúa entre 12–17 pg ($\mu \approx 14.5$ pg, σ dependiente del estado fisiológico y edad), valores que difieren de los observados en otras especies domésticas como *Homo sapiens*, donde los promedios suelen ser más elevados. El MCH, junto al VCM (Volumen Corpuscular Medio) y la CHCM (Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media), conforma un conjunto integral de índices eritrocitarios que permiten una evaluación detallada de la eritropoyesis y del estado funcional de los eritrocitos en alpacas, siendo herramientas indispensables para el diagnóstico, monitoreo y manejo clínico de patologías hematológicas en esta especie adaptada a condiciones de hipoxia ambiental crónica^{22,30,31}.

b) Concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM ó MCHC)

La Concentración Media de Hemoglobina Corpuscular (CMHC o MCHC, por sus siglas en inglés: Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) constituye un parámetro hematológico esencial que refleja la concentración promedio de hemoglobina (Hb) contenida en un volumen específico de eritrocitos, expresada comúnmente en gramos por decilitro (g/dL). Este índice se calcula mediante la fórmula $\text{MCHC} = (\text{Hb [g/dL]} \times 100) / \text{Hematocrito [\%]}$, y proporciona una estimación de la eficiencia de los eritrocitos en el transporte de oxígeno (O_2), siendo un marcador indirecto del contenido hemoglobínico intracelular. En condiciones fisiológicas, los valores de referencia en alpacas tienden a situarse entre 33–38 g/dL ($\mu \approx 35.5$ g/dL, σ dependiente del estado

nutricional, edad y altitud), ligeramente superiores al rango estándar descrito para *Homo sapiens* (32–36 g/dL), lo cual puede atribuirse a adaptaciones eritrocitarias a la hipoxia crónica de altura (>3,500 m s.n.m.)^{29,32}. Un aumento en la CMHC (MCHC↑) puede estar asociado a hemoconcentración por deshidratación, esferocitosis o artefactos analíticos, mientras que una disminución (MCHC↓) suele indicar hipocromía, frecuentemente secundaria a anemia ferropénica o trastornos en la síntesis de hemoglobina. En *V. pacos*, la interpretación clínica del MCHC requiere especial atención debido a la morfología eritrocitaria elíptica y a su capacidad adaptativa al ambiente hipobárico, lo cual influye en los mecanismos de oxigenación tisular. Así, la CMHC, junto con el MCH (Contenido Medio de Hemoglobina) y el VCM (Volumen Corpuscular Medio), conforma un panel diagnóstico de alta utilidad para la evaluación integral del estado hematológico de esta especie, permitiendo el monitoreo de patologías hematopoyéticas y condiciones fisiológicas asociadas al entorno ecológico de alta montaña^{22,29,32}.

3.2.2.2 Hematocrito de alpacas

En el contexto de la fisiología hemática de *Vicugna pacos*, el hematocrito (Hct) constituye un parámetro hematológico fundamental que cuantifica, en términos porcentuales, el volumen ocupado por los eritrocitos (RBC, por sus siglas en inglés) respecto al volumen sanguíneo total. Este indicador se determina mediante técnicas laboratoriales que incluyen la centrifugación de muestras sanguíneas, permitiendo la separación física de los elementos formes y el plasma. Desde la perspectiva clínica veterinaria, el Hct representa una herramienta diagnóstica de alta sensibilidad y especificidad, dado que sus variaciones pueden correlacionarse con estados patológicos como la eritrocitopenia (anemia; Hct↓) o la eritrocitosis/policitemia (Hct↑). En alpacas, se ha evidenciado que los valores fisiológicos de hematocrito son superiores en comparación con otros mamíferos domésticos, oscilando usualmente entre 35% y 45% (Hct: $\mu \approx 40\%$, σ variable), lo cual se interpreta como una adaptación evolutiva al hábitat altiplánico andino (>3,000 m s.n.m.), caracterizado por hipoxia ambiental ($\text{PaO}_2\downarrow$)^{30,33}. Esta condición ha favorecido una mayor densidad eritrocitaria, optimizando la capacidad



de transporte de O₂ por unidad de volumen sanguíneo (\uparrow [Hb], \uparrow Hct), lo que a su vez asegura un suministro adecuado de oxígeno a los tejidos en condiciones de presión atmosférica reducida. En contraste, los valores de referencia para Homo sapiens fluctúan aproximadamente entre 38% y 52%, con variaciones según el sexo y la edad, siendo estadísticamente menores que los observados en camélidos sudamericanos. Por tanto, la evaluación del hematocrito en alpacas no solo cumple una función diagnóstica, sino que también refleja adaptaciones fisiológicas específicas al ambiente hipobárico de su ecotono natural ¹².

3.2.3 Serie Blanca de la sangre de alpacas

La serie leucocitaria o serie blanca comprende el conjunto de leucocitos (WBC, por sus siglas en inglés: White Blood Cells) que circulan en el torrente sanguíneo y cumplen funciones esenciales dentro del sistema inmunológico innato y adaptativo del organismo. Esta serie celular está compuesta por distintos subtipos con morfología y fisiología específicas, entre los que se incluyen neutrófilos (NEU), linfocitos (LYM), monocitos (MON), eosinófilos (EOS) y basófilos (BAS), cada uno con roles diferenciados en la defensa frente a patógenos, procesos inflamatorios, reacciones alérgicas y vigilancia inmunológica ²⁷. Los NEU, como granulocitos predominantes en infecciones bacterianas agudas, actúan mediante fagocitosis y liberación de enzimas lisosomales; los LYM, por su parte, median respuestas inmunológicas específicas y la síntesis de inmunoglobulinas (Ig), siendo críticos en la memoria inmunológica; los MON se diferencian en macrófagos tisulares y fagocitan detritos celulares; mientras que EOS y BAS están implicados en mecanismos inmunopatológicos asociados a hipersensibilidades tipo I y parasitosis ³⁰. En alpacas, los valores de referencia del recuento leucocitario total (WBC total) y del leucograma diferencial presentan particularidades interindividuales, dependientes de variables como edad, estado fisiológico, altitud y exposición antigénica. Estadísticamente, se reportan concentraciones medias de WBC entre 9,000–16,000 células/ μ L ($\mu \approx 12,500$ células/ μ L, σ variable), siendo estas modulables ante estímulos antigénicos o estrés fisiológico. Alteraciones como leucocitosis (WBC \uparrow) o leucopenia (WBC \downarrow) pueden indicar procesos infecciosos, inflamatorios, inmunomediados o neoplásicos, por lo que el análisis citológico y cuantitativo de la serie blanca constituye una herramienta diagnóstica de alta



relevancia clínica en el monitoreo del estado inmunológico y en la toma de decisiones terapéuticas en V. pacos, especialmente en ecosistemas de altura donde la presión selectiva ha condicionado respuestas inmunes particulares ³⁴.

3.2.3.1 Recuento de glóbulos blancos (RGB) de alpacas

El recuento total de leucocitos – RGB (WBC, por sus siglas en inglés: White Blood Cell count) constituye un parámetro hematológico cuantitativo de gran relevancia clínica, empleado para determinar la concentración total de células inmunocompetentes de la serie blanca presentes en un volumen determinado de sangre periférica, expresado en células por microlitro (células/ μ L). Este análisis se realiza mediante técnicas hemocitométricas automatizadas o manuales y proporciona información esencial sobre el estado funcional del sistema inmunológico, dado que los leucocitos desempeñan un papel central en la defensa frente a patógenos, procesos inflamatorios, enfermedades neoplásicas e inmunomediadas ²⁵. En alpacas, los valores fisiológicos de WBC oscilan entre 9,000 y 16,000 células/ μ L ($\mu \approx 12,500$ células/ μ L, σ dependiente del estado fisiológico, edad, altitud y carga antigénica), y pueden presentar variaciones adaptativas relacionadas con el entorno hipobárico de los Andes, donde esta especie ha evolucionado ²⁶. Un incremento en el recuento leucocitario (leucocitosis; WBC \uparrow) puede ser indicativo de infecciones bacterianas o virales, inflamaciones sistémicas, neoplasias hematológicas (e.g., leucemia), disfunciones medulares o respuestas al estrés fisiológico, mientras que una disminución (leucopenia; WBC \downarrow) puede asociarse a inmunosupresión, mielosupresión, infecciones virales de curso severo o efectos farmacológicos. La evaluación aislada del WBC, aunque informativa, debe ser complementada con una leucograma diferencial y otros índices hematológicos para lograr una interpretación integral y precisa del estado inmunológico del animal. El recuento de leucocitos representa una herramienta diagnóstica de primera línea en la valoración clínica de alpacas, permitiendo detectar precozmente alteraciones inmuno hematológicas y orientar decisiones terapéuticas basadas en evidencia cuantitativa ²⁷.



a) Número de linfocitos de alpacas

El recuento absoluto de linfocitos (LYM), expresado en células por microlitro (células/ μL o $\# \times 10^3/\mu\text{L}$), constituye un parámetro hematológico crítico dentro del análisis de la serie leucocitaria, dado su rol fundamental en la inmunocompetencia del organismo. Los linfocitos, clasificados funcionalmente en linfocitos B (productores de inmunoglobulinas [Ig] responsables de la inmunidad humoral) y linfocitos T (mediadores de la respuesta inmune celular y citotóxica), representan una fracción esencial de las células mononucleares circulantes, actuando en la vigilancia inmunológica, neutralización de agentes patógenos y control de células transformadas o infectadas^{25,35}. En alpacas, los valores fisiológicos de linfocitos pueden variar según edad, estado inmunológico, estrés ambiental y exposición antigénica, con rangos referenciales que oscilan entre 1,000 y 4,800 células/ μL ($\mu \approx 2,500$ células/ μL , σ dependiente del entorno y condición clínica). La linfocitosis (LYM \uparrow) puede reflejar procesos infecciosos virales, reacciones inmunoproliferativas, linfomas o leucemias linfoideas, mientras que la linfopenia (LYM \downarrow) está comúnmente asociada a inmunodeficiencias primarias o secundarias, estrés crónico, tratamientos inmunosupresores o infecciones sistémicas de curso grave²⁷. En V. pacos, el monitoreo del recuento linfocitario forma parte del hemograma completo y permite la evaluación del estado inmunológico del animal en conjunto con otros parámetros, como el WBC total, el perfil proteico y la leucograma diferencial. El recuento de linfocitos es una herramienta diagnóstica de alta sensibilidad para la detección precoz de alteraciones inmunológicas y constituye un indicador clínico relevante en el seguimiento de patologías infecciosas, inflamatorias o neoplásicas, siendo imprescindible su interpretación dentro de un enfoque clínico integral y complementado por estudios adicionales cuando se detectan desviaciones significativas respecto al rango fisiológico esperado²⁶.



b) Porcentaje de linfocitos en sangre de alpacas

El recuento diferencial porcentual de linfocitos (LYM)% constituye un parámetro hematológico de relevancia clínica, el cual expresa la proporción relativa de linfocitos respecto al total de leucocitos circulantes (WBC total) en una muestra sanguínea, y se reporta en términos porcentuales (%). Este indicador forma parte integral de la leucograma diferencial y permite evaluar la composición inmunológica de la serie blanca, así como inferir el estado funcional del sistema inmunitario del individuo. En alpacas, los valores fisiológicos de %LYM pueden presentar variaciones influenciadas por factores como la edad, estado inmunológico, condiciones ambientales (e.g., hipoxia crónica de altura), y presencia de agentes infecciosos o inflamatorios, ubicándose generalmente entre un 40% y 70% del total de leucocitos ($\mu \approx 55\%$, σ dependiente de la condición clínica y del método analítico utilizado). Un aumento del porcentaje de linfocitos (linfocitosis relativa) puede estar asociado a infecciones virales, hipersensibilidades o respuestas inmunoproliferativas, mientras que una disminución (linfopenia relativa) podría indicar inmunosupresión, estrés fisiológico prolongado o procesos infecciosos agudos con desplazamiento neutrofílico. La interpretación clínica del %LYM en V. pacos debe realizarse en conjunto con el recuento absoluto de linfocitos, el WBC total y otros parámetros del hemograma, siendo un componente diagnóstico esencial en la valoración de la homeostasis inmunológica y en el seguimiento de patologías infecciosas, inflamatorias o inmunomediadas en esta especie adaptada a entornos hipobáricos^{25,35}.

c) Número de neutrófilos en sangre de alpacas

El recuento absoluto de neutrófilos (NEU), expresado en células por microlitro (células/ μL o $\# \times 10^3/\mu\text{L}$), constituye un parámetro hematológico de alta relevancia clínica, dado que estos leucocitos, pertenecientes a la línea granulocítica, representan la primera línea de defensa del sistema inmunológico innato frente a infecciones bacterianas agudas y procesos inflamatorios. Los neutrófilos poseen



una alta capacidad quimiotáctica, fagocítica y microbicida, movilizándose rápidamente hacia los focos infecciosos donde ejercen su función mediante la liberación de enzimas líticas y especies reactivas de oxígeno (O_2^- , H_2O_2), esenciales para la destrucción de patógenos^{25,36}. En alpacas, los valores fisiológicos de NEU pueden fluctuar en un rango aproximado de 2,500 a 7,500 células/ μ L ($\mu \approx 5,000$ células/ μ L, σ variable según edad, estado fisiológico, carga antigénica y altitud), y su variación es de suma importancia para la interpretación del estado inmunológico del animal. La neutrofilia (NEU \uparrow) puede estar asociada a infecciones bacterianas agudas, inflamaciones sistémicas, necrosis tisular, estrés agudo o neoplasias mieloproliferativas, mientras que la neutropenia (NEU \downarrow) podría indicar insuficiencia medular, inmunodeficiencia, efectos mielotóxicos de fármacos o exposición a agentes citotóxicos como la radiación³⁴. En el caso de V. pacos, especie adaptada a ambientes hipobáricos de los Andes, la evaluación del NEU debe realizarse en conjunto con la leucograma diferencial y otros índices hematológicos para una interpretación contextualizada del estado clínico. En consecuencia, el recuento de neutrófilos constituye una herramienta diagnóstica esencial en la medicina veterinaria andina, útil para la detección temprana y el seguimiento de procesos infecciosos, inflamatorios y hematopoyéticos, permitiendo decisiones terapéuticas basadas en criterios objetivos y cuantificables^{25,26}.

d) Porcentaje de neutrófilos en sangre de alpacas

El recuento porcentual de neutrófilos (NEU) % constituye un componente fundamental de la leucograma diferencial, expresado como la proporción relativa de neutrófilos en relación con el total de leucocitos (WBC) presentes en una muestra sanguínea, y se reporta en unidades porcentuales (%). Este parámetro hematológico permite valorar con precisión la distribución de las subpoblaciones leucocitarias, siendo especialmente útil para interpretar la dinámica de la respuesta inmune innata frente a procesos infecciosos — principalmente de etiología bacteriana— e inflamaciones agudas. Los neutrófilos, como granulocitos polimorfonucleares altamente

fagocíticos, representan las células inmunitarias de respuesta rápida, encargadas de migrar hacia sitios de lesión o infección, donde ejercen funciones microbicidas mediante mecanismos dependientes de especies reactivas de oxígeno (ROS) y enzimas líticas^{37,25}. En alpacas, el valor fisiológico de %NEU puede oscilar entre 30% y 60% ($\mu \approx 45\%$, σ variable en función de edad, condición fisiológica y exposición antigénica), siendo un incremento del %NEU (neutrofilia relativa) indicativo de infecciones bacterianas, estrés fisiológico, necrosis tisular o inflamaciones sistémicas, mientras que una disminución (neutropenia relativa) puede asociarse a cuadros virales, inmunosupresión o desplazamiento linfocítico. En este marco, la evaluación del %NEU, junto al recuento absoluto de neutrófilos (NEU [células/ μ L]) y otros parámetros hematológicos, se constituye en una herramienta diagnóstica clave para el monitoreo del estado inmunológico de V. pacos, permitiendo detectar alteraciones inmunohematológicas de manera precoz y orientar decisiones clínicas en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de patologías infecciosas e inflamatorias que afectan a esta especie adaptada a condiciones de hipoxia crónica de altura²⁶.

e) Número de monocitos en sangre de alpacas

En el ámbito de la medicina veterinaria orientada a camélidos sudamericanos, particularmente en *Vicugna pacos*, el recuento absoluto de monocitos (MON), expresado en células por microlitro (células/ μ L o $\# \times 10^3/\mu$ L), representa un indicador hematológico relevante dentro del hemograma y del análisis de la serie leucocitaria, dada su implicancia en la inmunovigilancia, la fagocitosis y la regulación de la inflamación crónica. Los monocitos, como leucocitos mononucleares pertenecientes al sistema fagocítico mononuclear (SFM), presentan elevada capacidad para fagocitar patógenos, restos celulares y cuerpos extraños^{34,38}. Una vez migran a tejidos inflamados, estos se diferencian en macrófagos tisulares o células dendríticas, actuando como células presentadoras de antígenos (APCs) y moduladoras de la respuesta inmune adaptativa. En alpacas, el recuento fisiológico de MON se encuentra

generalmente en un rango de 200 a 1,200 células/ μL ($\mu \approx 700$ células/ μL , σ dependiente de edad, estado inmunológico y condiciones ambientales), y su alteración constituye un marcador de diversas condiciones clínicas ²⁵. La monocitosis (MON \uparrow) puede observarse en infecciones bacterianas subagudas o crónicas, enfermedades autoinmunes, inflamación prolongada, procesos granulomatosos, trastornos mieloproliferativos e incluso neoplasias hematológicas como la leucemia monocítica aguda, mientras que una disminución (monocitopenia; MON \downarrow) puede reflejar disfunción medular, inmunosupresión farmacológica o etapas avanzadas de infección viral. En V. pacos, especie adaptada a ecosistemas de hipoxia crónica y elevada presión antigénica ambiental, el monitoreo del número de monocitos circulantes constituye una herramienta esencial para la evaluación integral del estado inmunológico, siendo particularmente útil en la detección precoz de procesos infecciosos o inflamatorios crónicos. Así, el recuento de monocitos, interpretado en conjunto con otros parámetros de la leucograma diferencial, permite una aproximación diagnóstica basada en evidencia cuantitativa y orienta la toma de decisiones clínicas en medicina veterinaria especializada en camélidos altoandinos ^{26,27}.

f) Porcentaje de monocitos en sangre de alpacas

El recuento porcentual de monocitos (MON)% constituye un parámetro hematológico de interés clínico dentro del leucograma diferencial, ya que expresa la proporción relativa de monocitos respecto al total de leucocitos circulantes (WBC), y se reporta como un valor porcentual (%). Esta medida permite analizar la distribución de las subpoblaciones celulares de la serie blanca, siendo especialmente útil en la evaluación de la respuesta inmune del hospedador frente a procesos infecciosos, inflamatorios crónicos y enfermedades de origen inmunomediado. Los monocitos, como leucocitos mononucleares del sistema fagocítico mononuclear (SFM), cumplen funciones esenciales de fagocitosis, presentación de antígenos (Ag) y secreción de citoquinas proinflamatorias, transformándose en macrófagos tisulares una vez migran a zonas de



inflamación²⁵. En alpacas, el valor fisiológico de %MON suele oscilar entre 2% y 8% ($\mu \approx 5\%$, σ condicionado por variables como edad, estado fisiológico, presencia de infección y adaptación ambiental), siendo su incremento (monocitosis relativa) indicativo de infecciones bacterianas crónicas, enfermedades granulomatosas, procesos inmunoproliferativos o trastornos mieloides; mientras que su disminución (monocitopenia relativa) puede estar asociada a inmunosupresión, fallo medular o cuadros infecciosos severos. La evaluación del %MON, en conjunto con su recuento absoluto (MON [células/ μ L]) y otros índices hematológicos, resulta indispensable para la interpretación integral del estado inmunológico de V. pacos, permitiendo una aproximación diagnóstica precisa y respaldada estadísticamente frente a patologías infecciosas, inflamatorias o hematopoyéticas que afectan a esta especie adaptada a condiciones de hipoxia crónica en zonas altoandinas^{27,38}.

g) Número de eosinófilos en sangre de alpacas

El recuento absoluto de eosinófilos (EOS), expresado en células por microlitro (células/ μ L o $\# \times 10^3/\mu$ L), constituye un parámetro hematológico relevante dentro del análisis de la serie blanca sanguínea, ya que permite cuantificar la población de leucocitos granulocíticos implicados en la inmunorrespuesta frente a infecciones parasitarias, así como en procesos alérgicos e inflamatorios de origen inmunomediado. Los eosinófilos se caracterizan por la presencia de gránulos citoplasmáticos acidófilos que contienen proteínas citotóxicas como la proteína básica mayor (MBP), la peroxidasa eosinofílica (EPO) y la neurotoxina derivada de eosinófilos (EDN), cuya liberación regula tanto la destrucción de parásitos multicelulares como la modulación de la inflamación tisular^{25,26,39,40}. En alpacas, los rangos fisiológicos de EOS suelen situarse entre 100 y 1,200 células/ μ L ($\mu \approx 600$ células/ μ L, σ dependiente de factores como edad, parasitismo endémico y carga antigénica ambiental), siendo su incremento (eosinofilia; EOS \uparrow) sugestivo de helmintiasis gastrointestinales, hipersensibilidad tipo I, dermatitis alérgica, enfermedades inflamatorias crónicas o síndromes

eosinofílicos asociados a proliferaciones clonales hematológicas; mientras que una disminución (eosinopenia; EOS↓) puede estar relacionada con inmunosupresión inducida por glucocorticoides endógenos o exógenos, estrés prolongado o infecciones severas de evolución aguda ^{25,27}. El monitoreo del recuento eosinofílico en V. pacos constituye una herramienta diagnóstica clave para la vigilancia epidemiológica de parasitosis endémicas, así como para la identificación de respuestas inmunopatológicas, siendo esencial su interpretación dentro de un enfoque integral que incluya el leucograma diferencial, el perfil clínico del animal y, en caso de alteraciones significativas, estudios complementarios que orienten el diagnóstico etiológico y el manejo terapéutico individualizado ²⁷.

h) Porcentaje de eosinófilos en sangre de alpacas

El recuento porcentual de eosinófilos (EOS) % constituye un parámetro hematológico fundamental dentro del leucograma diferencial, expresado como la proporción relativa de eosinófilos respecto al total de leucocitos circulantes (WBC), y reportado en términos porcentuales (%). Este índice permite valorar la distribución y predominancia de los granulocitos eosinofílicos en la sangre periférica, siendo especialmente útil para detectar y monitorear respuestas inmunológicas relacionadas con procesos de hipersensibilidad (tipo I), inflamaciones de curso crónico y parasitosis endémicas ²⁹. Los eosinófilos, caracterizados por sus gránulos citoplasmáticos acidófilos cargados de proteínas efectoras como la proteína catiónica eosinofílica (ECP) y la peroxidasa eosinofílica (EPO), desempeñan un rol crucial en la inmunidad antiparasitaria y en la modulación de reacciones alérgicas mediante la liberación de mediadores proinflamatorios. En alpacas, el valor fisiológico de %EOS generalmente oscila entre 0,5% y 5% del total de glóbulos blancos ($\mu \approx 2,5\%$, σ variable en función del estado inmunitario y exposición a antígenos helmínticos o ambientales), y desviaciones fuera de este rango pueden reflejar eosinofilia relativa —frecuente en infecciones parasitarias gastrointestinales, dermatitis alérgicas o enfermedades inmunomediadas— o eosinopenia relativa,

asociada a inmunosupresión por corticoterapia, estrés agudo o infecciones sistémicas de evolución grave. La evaluación del %EOS, interpretada en conjunto con el recuento absoluto de eosinófilos (EOS [células/ μ L]) y el contexto clínico general del animal, representa una herramienta diagnóstica de gran utilidad para los médicos veterinarios al momento de valorar la integridad de la respuesta inmune, identificar enfermedades subyacentes y establecer estrategias terapéuticas o profilácticas en poblaciones de alpacas expuestas a condiciones de alta presión parasitaria o sensibilización antigénica crónica^{26,27}.

i) Número de basófilos en sangre de alpacas

El recuento absoluto de basófilos (BAS), expresado en células por microlitro (células/ μ L o # $\times 10^3/\mu$ L), constituye un parámetro hematológico de baja prevalencia, pero no exento de relevancia clínica dentro del análisis de la serie leucocitaria. Los basófilos, aunque representan el porcentaje más reducido de leucocitos circulantes en sangre periférica (<1% del total de WBC), pertenecen a la línea granulocítica y contienen gránulos metacromáticos cargados de mediadores bioactivos como histamina, leucotrienos, heparina y citoquinas proinflamatorias, que participan activamente en respuestas de hipersensibilidad tipo I, procesos alérgicos agudos y mecanismos de defensa frente a infecciones parasitarias^{26,34}. En alpacas, el valor fisiológico de BAS es extremadamente bajo, oscilando generalmente entre 0 y 300 células/ μ L ($\mu \approx 100$ células/ μ L, con σ mínima debido a su baja concentración), y su aumento (basofilia) puede observarse en el contexto de trastornos mieloproliferativos como la leucemia mieloide crónica, reacciones alérgicas intensas o inflamaciones prolongadas, aunque rara vez constituye un hallazgo diagnóstico primario por sí solo^{25,41}. Por el contrario, la basopenia (BAS \downarrow), debido a su nivel basal ya bajo, suele carecer de valor clínico significativo. Si bien las alteraciones en el número de basófilos no suelen tener la misma implicancia diagnóstica que las observadas en neutrófilos o eosinófilos, el recuento de BAS forma parte del hemograma completo y su



interpretación, en conjunto con el resto del leucograma y los hallazgos clínicos del animal, puede contribuir a una comprensión más integral del estado inmunológico y hematopoyético de V. pacos, particularmente en contextos de vigilancia de enfermedades hematológicas, procesos alérgicos o reacciones inflamatorias exacerbadas ^{25,27}.

j) Porcentaje de basófilos en sangre de alpacas

El recuento porcentual de basófilos (BAS)% constituye un parámetro hematológico de baja prevalencia dentro del leucograma diferencial, que expresa la proporción relativa de basófilos respecto al total de leucocitos circulantes (WBC), reportándose en términos porcentuales (%). Los basófilos, aunque representan menos del 1% de los leucocitos totales ($\mu \approx 0,5\%$, con σ reducida por su escasa representación), forman parte de la serie blanca sanguínea y participan en mecanismos inmunológicos mediados por hipersensibilidad tipo I, mediante la liberación de gránulos que contienen histamina ($C_5H_9N_3$), heparina, leucotrienos y otras citoquinas inflamatorias ⁴². A pesar de que su función inmunológica no está completamente dilucidada, se reconoce su papel en procesos alérgicos, reacciones anafilácticas y ciertas infecciones parasitarias. En alpacas, la detección de un incremento en el %BAS (basofilia relativa) puede asociarse con enfermedades hematológicas como trastornos mieloproliferativos, reacciones de hipersensibilidad o inflamación sistémica; sin embargo, este parámetro, debido a su variabilidad limitada y baja sensibilidad diagnóstica, rara vez se interpreta de forma aislada. En consecuencia, el valor clínico del %BAS en V. pacos es considerado complementario, siendo su utilidad mayor cuando se interpreta conjuntamente con el recuento absoluto de basófilos (BAS [células/ μ L]) y otros índices hematológicos, en el contexto de una evaluación integral del estado inmunológico, inflamatorio o hematopoyético del animal, especialmente en escenarios donde se sospechen enfermedades inmunomediadas o respuestas alérgicas sistémicas ^{25,26}.



k) Número de linfocitos atípicos (ALY) o linfoblastos en sangre de alpacas

En el ámbito de la medicina veterinaria aplicada a camélidos sudamericanos, como *Vicugna pacos*, el recuento de linfocitos atípicos (Atypical Lymphocytes – ALY), expresado ya sea como porcentaje del total de leucocitos (%ALY) o como valor absoluto en células por microlitro (ALY/ μ L o #ALY $\times 10^3/\mu$ L), representa un parámetro hematológico de interés diagnóstico dentro del análisis morfológico de la serie blanca sanguínea^{42,43}. Los linfocitos atípicos son células del linaje linfoide que presentan alteraciones morfológicas como citoplasma abundante y basofílico, núcleo irregular o excéntrico, y cromatina dispersa, características que reflejan un estado de activación inmunológica secundaria a la estimulación antigénica. En alpacas, estos linfocitos activados surgen como consecuencia de una respuesta inmunitaria mediada por el incremento en la transcripción de ARNm y la síntesis de proteínas específicas frente a antígenos virales, parasitarios o incluso farmacológicos. La presencia de ALY en el hemograma puede asociarse con infecciones virales (e.g., herpesvirus, parvovirus, virus de la diarrea viral bovina - BVDV), enfermedades protozoarias como la toxoplasmosis, procesos linfoproliferativos como la leucemia linfoblástica aguda (LLA), reacciones vacunales, exposición a radiaciones ionizantes o fármacos inmunoestimulantes, así como con trastornos inmunomediados y reacciones alérgicas graves^{26,44}. Aunque la identificación de ALY no constituye per se un marcador patognomónico, su hallazgo en cantidades superiores a los valores fisiológicos esperados (normalmente <1% de los linfocitos totales en animales sanos) suele justificar la realización de pruebas complementarias, tales como serologías específicas, inmunofenotipificación, PCR o incluso biopsias linfonodales, a fin de precisar el diagnóstico etiológico. En este contexto, el monitoreo de ALY en *V. pacos* debe ser interpretado de manera integral, en conjunto con la anamnesis clínica, el contexto epidemiológico, y otros índices hematológicos, siendo una herramienta valiosa para la vigilancia de enfermedades infecciosas emergentes, patologías

inmunológicas y neoplasias hematológicas en poblaciones de alpacas 25,26,27.

I) **Número de células grandes inmaduras LIC (blastos) en sangre de alpacas**

En el contexto de la medicina veterinaria aplicada a camélidos sudamericanos, particularmente en Vicugna pacos, el recuento de células inmaduras de gran tamaño (Large Immature Cells – LIC), expresado tanto como porcentaje (LIC%) del total de leucocitos como en valores absolutos (LIC# en células/ μL o #LIC $\times 10^3/\mu\text{L}$), constituye un parámetro hematológico de importancia diagnóstica que permite evaluar el equilibrio entre hematopoyesis, movilización leucocitaria y destrucción celular tras la respuesta inmunológica frente a estímulos antigénicos ^{42,26}. Bajo condiciones fisiológicas, estas células progenitoras, como mieloblastos, eritroblastos o blastos linfoides, se restringen al compartimento medular; sin embargo, su aparición en sangre periférica indica una disrupción en la barrera hematopoyética y puede estar asociada a patologías severas como síndromes mielodisplásicos, leucemias agudas (e.g., LMA o LLA) o estados de respuesta inflamatoria sistémica intensa. En alpacas, un incremento significativo de LIC%, acompañado de una desviación a la izquierda en la leucograma (\uparrow bandas y metamielocitos, con \downarrow neutrófilos segmentados), sugiere un agotamiento de las reservas maduras de la serie mieloide y una liberación compensatoria de elementos inmaduros desde la médula ósea, lo cual puede presentarse en infecciones severas, intoxicaciones, neoplasias hematológicas o procesos inflamatorios crónicos. La interpretación de este índice requiere un análisis integral junto con parámetros complementarios como la fórmula leucocitaria, el índice de regeneración medular, y pruebas de extensión de médula ósea, siendo fundamental para el diagnóstico diferencial de afecciones hematopoyéticas. Por tanto, el LIC% y LIC# son herramientas críticas en la evaluación del estado hematológico de V. pacos, y su alteración constituye una indicación para profundizar con estudios especializados como citometría de



flujo, análisis genéticos o biopsias medulares, siempre en el marco del cuadro clínico y epidemiológico del animal ^{42,27}.

3.2.4 Serie Plaquetaria de la sangre de alpacas

En el ámbito de la medicina veterinaria orientada a camélidos sudamericanos como *Vicugna pacos*, la serie plaquetaria o trombocítica constituye una línea hematopoyética especializada cuya función principal es garantizar la hemostasia primaria, esencial para preservar la integridad vascular frente a lesiones. Las plaquetas, también denominadas trombocitos, son fragmentos celulares anucleados derivados de megacariocitos, células madre mieloides gigantes multinucleadas localizadas en la médula ósea. Este proceso de diferenciación y maduración, denominado trombopoyesis, se inicia a partir de células progenitoras hematopoyéticas bajo la regulación de factores tróficos como la trombopoyetina (TPO). Durante la trombopoyesis, los megacariocitos sufren endomitosis y posterior fragmentación citoplasmática, generando plaquetas funcionales que son liberadas al torrente circulatorio ^{30,45}. Una vez en la sangre periférica, estos elementos figurados ejercen un rol esencial en el mecanismo hemostático: al detectarse daño endotelial, las plaquetas se adhieren al colágeno expuesto mediante receptores específicos (como GPIb/IX), liberan mediadores químicos (e.g., ADP, TXA₂) que inducen la activación y agregación de otras plaquetas, y forman el denominado tapón plaquetario ²². Esta fase inicial de la coagulación es seguida por la hemostasia secundaria, caracterizada por la activación de la cascada de coagulación plasmática que culmina en la conversión de fibrinógeno (C₃₄₀H₅₃₄₀N₉₀₂O₁₀₅₂S₄) en fibrina, proteína insoluble que estabiliza el coágulo plaquetario. En alpacas, las alteraciones cuantitativas (trombocitopenia o trombocitosis) o cualitativas de las plaquetas pueden comprometer gravemente la función hemostática y deben ser evaluadas mediante hemogramas completos, frotis sanguíneos y pruebas de coagulación. Por tanto, el estudio de la serie plaquetaria en *V. pacos* es indispensable para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades hemorrágicas, inflamatorias, infecciosas o inmunomediadas que afecten el equilibrio hemostático del organismo ^{21,22,33}.

3.2.4.1 Número de plaquetas en sangre de alpacas

El recuento plaquetario constituye una prueba hematológica cuantitativa fundamental que permite determinar la concentración de trombocitos



(plt/ μ L) circulantes en una muestra de sangre periférica, siendo estos elementos figurados esenciales para la hemostasia primaria y la prevención de eventos hemorrágicos. Las plaquetas, derivadas de la fragmentación citoplasmática de megacariocitos en la médula ósea durante la trombopoyesis, actúan como mediadores clave en la formación del tapón hemostático, participando activamente en la adhesión, activación y agregación plaquetaria, así como en la liberación de mediadores químicos procoagulantes como el tromboxano A₂ (TXA₂) y el factor plaquetario 4 (PF4) (34) (46). Un recuento dentro del rango fisiológico (aproximadamente 100,000 a 500,000 plt/ μ L en alpacas) es crucial para mantener el equilibrio homeostático entre la coagulación y la perfusión sanguínea normal. La trombocitopenia (plt <100,000/ μ L) puede manifestarse clínicamente mediante púrpura, epistaxis o hemorragias espontáneas, y se asocia con etiologías como infecciones virales, inmunomediadas, toxicidad farmacológica o disfunciones de la médula ósea^{21,22}. En contraste, la trombocitosis (plt > 500 000/ μ L), ya sea reactiva o clonal, incrementa el riesgo de eventos trombóticos por hiperagregación plaquetaria. Dada su importancia clínica, el recuento plaquetario es un componente esencial del hemograma completo y es indicado rutinariamente en medicina veterinaria para evaluar estados patológicos hematológicos, preoperatorios, seguimiento de neoplasias hematopoyéticas, y afecciones mielosupresoras o inmunológicas. Por tanto, el monitoreo estadístico de los niveles plaquetarios en alpacas permite una evaluación objetiva de la funcionalidad del sistema hemostático, facilitando el diagnóstico diferencial y la instauración de estrategias terapéuticas específicas en la práctica clínica veterinaria^{13,21}.

a) Medida de volumen plaquetario medio (VPM) en plaquetas de alpacas

En el ámbito de la medicina veterinaria orientada a camélidos sudamericanos, como alpaca (*Vicugna pacos*), el Volumen Plaquetario Medio (VPM, o MPV por sus siglas en inglés) constituye un parámetro hematológico de gran relevancia diagnóstica, que permite cuantificar el tamaño promedio de los trombocitos circulantes, expresándose en femtolitros (fL), con valores de referencia que en especies domésticas

oscilan típicamente entre 7,2 y 11,7 fL ⁴⁶. Este índice, derivado del análisis automatizado del hemograma, se emplea para inferir indirectamente la actividad trombopoyética de la médula ósea y el estado funcional de las plaquetas. Un VPM incrementado puede reflejar una trombocitopoyesis acelerada con liberación de plaquetas jóvenes de mayor volumen, hallazgo común en procesos de destrucción periférica compensada (como la púrpura trombocitopénica inmunomediada), enfermedades mieloproliferativas o post-esplenectomía. Contrariamente, un VPM disminuido puede correlacionarse con una producción deficiente de plaquetas o con la liberación de plaquetas envejecidas, fenómeno observado en estados hipoproliferativos de la médula ósea ⁴⁷. En contextos clínicos específicos, la interpretación del VPM adquiere valor cuando se integra con el recuento absoluto de plaquetas (plt/ μ L), el índice de distribución plaquetaria (PDW) y otros marcadores hematológicos, permitiendo al médico veterinario establecer diagnósticos diferenciales en cuadros de trombocitopenia, trombocitosis, síndromes mielodisplásicos y coagulopatías. En alpacas, el seguimiento estadístico del VPM mediante herramientas de bioestadística inferencial puede facilitar la identificación precoz de alteraciones hemostáticas subclínicas, contribuyendo al manejo integral de patologías hematológicas y a la evaluación funcional de la trombopoyesis dentro del enfoque sistémico de salud animal ^{25,33}.

b) Ancho de distribución plaquetario (PDW) en sangre de alpacas

El Ancho de Distribución Plaquetario (PDW, por sus siglas en inglés) constituye un índice cuantitativo de utilidad diagnóstica que permite evaluar la anisocitosis trombocitaria, es decir, la heterogeneidad en el tamaño de los trombocitos circulantes. Este parámetro, que se expresa porcentualmente (%) y cuya referencia fisiológica se sitúa entre el 9% y el 17%, ofrece una aproximación indirecta a la dinámica de la trombopoyesis en la médula ósea, así como a la integridad funcional del sistema hemostático ⁴⁸. Un valor elevado de PDW refleja una mayor dispersión en el volumen plaquetario, condición frecuentemente asociada a fenómenos de regeneración trombocitaria tras destrucción periférica (como en púrpuras trombocitopénicas inmunomediadas), estados



inflamatorios crónicos o alteraciones de origen mieloproliferativo. En cambio, una disminución en el PDW puede indicar una producción plaquetaria uniforme, pero en ciertos casos se vincula con insuficiencia medular o trastornos hipoproliferativos ²⁶. El análisis del PDW, en conjunto con otros parámetros plaquetarios como el Volumen Plaquetario Medio (VPM) y el recuento absoluto de plaquetas (plt/ μ L), permite al médico veterinario realizar una valoración integral del estado de la trombopoyesis, contribuyendo así al diagnóstico y seguimiento clínico de patologías hematológicas, inflamatorias o coagulopatías en alpacas. En investigaciones científicas y estudios clínico-patológicos, el uso del PDW como variable estadística continua facilita la correlación con otros biomarcadores y apoya la elaboración de modelos predictivos en medicina veterinaria de camélidos sudamericanos ^{25,27}.

c) Plaquetocrito (PTC o PCT) en sangre de alpacas

El plaquetocrito (PTC o PCT, por sus siglas en inglés) representa un parámetro cuantitativo de interés clínico y diagnóstico, que permite estimar la proporción del volumen total sanguíneo ocupada por los trombocitos o plaquetas circulantes, expresándose comúnmente como un porcentaje (%). Este índice se obtiene mediante la fórmula: $PTC = (plt/\mu L \times VPM)/10^6$, donde plt/ μ L corresponde al recuento absoluto de plaquetas y VPM al Volumen Plaquetario Medio en femtolitros (fL) ⁴⁹. En alpacas, los valores fisiológicos de PTC oscilan típicamente entre 0,15% y 0,40%, aunque este rango puede presentar variaciones según factores como edad, estado fisiológico y metodología del laboratorio de referencia. Desde un enfoque clínico-patológico, un PTC disminuido puede correlacionarse con trombocitopenias de etiología inmune, infecciosa o mielotóxica, implicando un mayor riesgo de hemorragias espontáneas o inducidas por traumatismos menores ²⁶. Contrariamente, un incremento en el valor de PTC puede sugerir trombocitosis reactiva o esencial, asociada a cuadros inflamatorios crónicos, neoplasias hematológicas o alteraciones proliferativas de la médula ósea. El análisis del plaquetocrito, en conjunto con otros biomarcadores como el PDW (Ancho de Distribución Plaquetario) y el VPM, permite realizar una evaluación integral de la función trombopoyética y del estado



hemostático en estos camélidos sudamericanos. Por tanto, el PTC no solo actúa como un indicador indirecto de la masa plaquetaria funcional, sino que también contribuye significativamente al abordaje diagnóstico, pronóstico y terapéutico de diversas coagulopatías y enfermedades hematológicas en la práctica veterinaria especializada en especies andinas²⁷.

d) Ratio de plaquetas-células grandes (P-LCR) en sangre de alpacas

El ratio o Cociente Plaquetas-Células Grandes (P-LCR, por sus siglas en inglés) constituye un parámetro hematológico de relevancia diagnóstica, utilizado para estimar el porcentaje de trombocitos de gran tamaño — también denominados plaquetas gigantes— en relación con el total de plaquetas circulantes, expresado estadísticamente como un valor porcentual (%)⁵⁰. Este indicador se interpreta como una representación indirecta de la heterogeneidad en la trombopoyesis y puede reflejar la actividad proliferativa megacariocítica en la médula ósea. En condiciones fisiológicas, los valores de referencia del P-LCR suelen oscilar entre 13% y 43%, aunque es importante considerar las variaciones interindividuales y los métodos analíticos empleados por el laboratorio. Un incremento en el P-LCR puede evidenciar un predominio de plaquetas jóvenes y de gran volumen (VPM elevado), asociado con estados patológicos tales como procesos inflamatorios crónicos, infecciones sistémicas, anemia regenerativa o trastornos mieloproliferativos. Por el contrario, un P-LCR reducido suele corresponder con una población trombocitaria homogénea en tamaño, lo que podría relacionarse con una trombopoyesis estable o con inhibición medular. En alpacas, la interpretación del P-LCR se realiza en conjunto con otros índices trombocitarios como el recuento plaquetario absoluto (plt/ μ L), el Volumen Plaquetario Medio (VPM, en fL), el Ancho de Distribución Plaquetaria (PDW, en %) y el plaquetocrito (PCT, en %), con el fin de obtener un perfil completo del estado funcional del sistema hemostático. Este análisis integrado resulta fundamental para la detección precoz de disfunciones hematopoyéticas, coagulopatías y otras alteraciones sistémicas que afectan la dinámica plaquetaria, siendo una



herramienta valiosa en el abordaje clínico, terapéutico y pronóstico en medicina veterinaria especializada en alpacas ^{25,27,49}.

e) Número de plaquetas-células grandes (P-LCC) de sangre de alpacas

El parámetro hematológico denominado P-LCC (por sus siglas en inglés: Platelet Large Cell Count) se refiere a la cuantificación absoluta de plaquetas de gran tamaño o "plaquetas gigantes", expresada en unidades por microlitro de sangre (# P-LCC/ μ L), y representa el número total de trombocitos cuyo volumen se sitúa entre los umbrales superiores del volumen plaquetario medio (VPM) y el límite definido como "PLT alto". Este indicador permite evaluar cuantitativamente la presencia de macrotrombocitos en la circulación sanguínea, los cuales son considerados morfológica y funcionalmente activos, y suelen aumentar en contextos clínicos que implican una trombopoyesis acelerada o reactiva, como procesos inflamatorios crónicos, regeneración post-trombocitopenia o afecciones de la médula ósea. En el contexto de estudios hematológicos en alpacas, el P-LCC, junto con otros parámetros como el P-LCR (porcentaje de plaquetas grandes), el VPM (femtolitros), el PDW (%) y el PCT (%), proporciona una visión integral del estado funcional y morfológico del sistema trombocitario, contribuyendo al diagnóstico diferencial de patologías hematológicas, disfunciones hemostáticas y síndromes mieloproliferativos. Así, la medición precisa del P-LCC constituye una herramienta de valor clínico y estadístico en el monitoreo de la salud hematológica y en la toma de decisiones terapéuticas en medicina veterinaria especializada en alpacas ^{49,50}.

3.3 Marco conceptual

- a) **Analizador hematológico:** Este equipo automatizado proporciona información crucial sobre la salud de un paciente, ayudando en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades como anemia, infecciones y trastornos de coagulación. Estas máquinas son fundamentales en la práctica médica para obtener datos precisos y rápidos sobre la composición de la sangre de un individuo.

- b) **Vena cefálica:** La vena cefálica de las alpacas está ubicada en la parte anterior del brazo, justo por debajo de la piel. Para acceder a ella, se puede palpar y visualizar a lo largo

del lado anterior del brazo. Esta vena es utilizada para la toma de muestras de sangre o para la administración de medicamentos en alpacas, debido a su ubicación accesible.

- c) **Tubos EDTA:** Son los tubos estándar utilizado en hematología clínica, pruebas cruzadas, grupos sanguíneos y diversos instrumentos de análisis de células sanguíneas.
- d) **Cajas de frío:** Constituyen un recurso indispensable para la conservación de muestras sanguíneas, ya que aseguran una temperatura adecuada durante su traslado desde el sitio de recolección hasta el laboratorio. Esta función resulta fundamental para mantener la estabilidad y calidad de la muestra, evitando la alteración de sus componentes.
- e) **Blastos:** Los blastos son células hematopoyéticas inmaduras, precursoras de las distintas líneas celulares de la sangre. En condiciones fisiológicas normales no se encuentran en sangre periférica, sino en médula ósea, donde proliferan y maduran. La presencia de blastos circulantes en alpacas puede indicar procesos patológicos graves, como leucemias agudas o síndromes mielodisplásicos.
- f) **Eosinofilia:** La eosinofilia es un aumento anormal en el número de eosinófilos circulantes, tipo de leucocitos granulocíticos implicados en respuestas inmunes contra parásitos y en fenómenos alérgicos. En alpacas, esta alteración suele estar relacionada con infestaciones helmínticas gastrointestinales, frecuentes en sistemas de pastoreo extensivo, o en reacciones de hipersensibilidad.
- g) **Anisocitosis:** La anisocitosis hace referencia a la variabilidad en el tamaño de los eritrocitos circulantes, observable al microscopio óptico o mediante el parámetro RDW (Red Cell Distribution Width). En alpacas, puede ser indicativa de procesos regenerativos o diseritropoyéticos, especialmente en casos de anemia de origen carencial o inflamatorio. Este hallazgo se asocia comúnmente con deficiencias nutricionales de hierro, cobre o cobalto, frecuentes en zonas altoandinas.
- h) **Policitemia:** La policitemia es el incremento anormal del número de eritrocitos o del volumen total de glóbulos rojos en la sangre circulante. En alpacas, puede ser de origen primario (mieloproliferativo) o secundario a hipoxia crónica en altitudes elevadas, condición adaptativa común en esta especie.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

Esta investigación corresponde al tipo de investigación descriptiva y al nivel básico debido a que su principal objetivo es observar, identificar y detallar las características de los parámetros hematológicos en una población específica de alpacas, sin manipular variables ni aplicar tratamientos experimentales. Este estudio se limita a recolectar datos y presentar los resultados tal como se manifiestan en la realidad, enfocándose en describir el estado fisiológico de los animales en un contexto geográfico y ambiental determinado. Al no buscar establecer relaciones causa-efecto ni probar hipótesis explicativas, se encuadra claramente dentro del tipo descriptivo. Además, se considera una investigación de nivel básico porque tiene como finalidad generar conocimiento fundamental sobre el perfil hematológico normal de esta especie en esa zona específica, contribuyendo al cuerpo teórico de las ciencias veterinarias y zootécnicas. Este tipo de estudios permite establecer referencias que pueden ser utilizadas en investigaciones futuras de carácter aplicado, como diagnósticos clínicos, control sanitario o manejo productivo. Sin embargo, el conocimiento generado no se orienta directamente a resolver un problema práctico inmediato, sino que se enfoca en comprender mejor una realidad biológica. Por lo tanto, esta investigación cumple con los criterios esenciales de una investigación descriptiva de nivel básico, al aportar información esencial para el desarrollo de la ciencia, sin trascender aún hacia la aplicación directa de sus resultados.

4.2 Diseño de la investigación

Se realizó la extracción de sangre de las alpacas Huacaya con el consentimiento de los propietarios, para determinar el perfil hematológico de alpacas para establecer una referencia al respecto de la serie roja, serie blanca y plaquetaria.

Las alpacas fueron muestreadas al azar 40 alpacas adultas machos y hembras, todos los animales fueron desparasitados 15 días antes del muestreo; asimismo, todos los animales se encontraban aparentemente sanos.

Se procesaron mediante un analizador hematológico automatizado (Alphatec 51 Scientific), para obtener el perfil hematológico.



Finalmente, realizamos el análisis de datos: para ello, se calcularon estadísticas descriptivas (promedio, desviación estándar, mínimo y máximo) para cada parámetro hematológico. Se compararon los valores obtenidos con rangos de referencia conocido para alpacas adultas y se analizaron posibles diferencias según la edad y el sexo bajo las condiciones de alimentación, la altitud y las condiciones de manejo.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación científica y análisis de laboratorio.

Instrumentos:

- Ficha de registro de datos individuales (sexo, estado fisiológico).
- Equipos de laboratorio para análisis hematológicos (centrífugas, microscopios, analizadores automáticos).
- Tubos de extracción con anticoagulante (EDTA), jeringas estériles, caja refrigerante portátil para transporte de muestras.

Variables de estudio

Variable principal: Perfil hematológico.

Indicadores: Hemoglobina, hematocrito, glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), entre otros.

Variables secundarias: Sexo, estado fisiológico.

Análisis de datos

Se utilizó estadística descriptiva: media, desviación estándar y presentación en tablas y gráficos.

Se realizó comparación por grupos (sexo) mediante pruebas t.

Descripción ética de la investigación

Bienestar animal garantizado durante el proceso de manipulación y toma de muestras.

Permisos solicitados a propietarios y autoridades locales.

Cumplimiento de normas éticas veterinarias nacionales e institucionales.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

El Perú, es el país con la mayor cantidad de alpacas y cuenta aproximadamente con 3 592 249 cabezas y de este total en la región de Apurímac habitan un promedio de 224 855 alpacas ⁵¹.



4.3.2 Muestra

Se seleccionaron un total de 40 alpacas para poderlas muestrear. Estas se dividieron en dos grupos de 20 animales por cada sexo en la comunidad de San Miguel de Mestizas, Sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac ubicado 4220 metros de altitud. La muestra se tomó por conveniencia, ya que son pocos los criadores de alpacas que acceden a brindar a sus animales para muestreo de sangre. Debido a ello se consideró muestrear a 40 animales (alpacas adultas entre machos y hembras).

4.4 Procedimiento

Las etapas del procedimiento en este estudio se detallan a continuación:

a) Selección de semovientes:

La selección de semovientes para esta investigación se realizó de manera cuidadosa y sistemática para garantizar la representatividad de la muestra. En primer lugar, se identificó a la población total de alpacas de raza Huacaya presentes en la zona de estudio, considerando factores como edad, sexo y estado fisiológico. A partir de esta población, se aplicó un muestreo probabilístico, aleatorio simple o estratificado, en el cual se aseguró que todos los grupos (machos, hembras) estén adecuadamente representados. Los animales seleccionados estuvieron clínicamente sanos al momento del muestreo, sin signos de enfermedad o estrés, ya que estos factores pueden alterar los parámetros hematológicos. Se registró los datos individuales de cada alpaca seleccionada, como edad aproximada, peso, sexo, y condición corporal. Además, se realizó la marcación temporal de los animales para evitar duplicidad y facilitar su identificación durante el proceso de recolección de muestras. Esta selección contó con la autorización de los propietarios y se respetó las normas de bioseguridad y bienestar animal, asegurando que el procedimiento sea ético y no invasivo. Esta metodología permitió obtener resultados confiables y representativos del perfil hematológico de la población estudiada.

b) Obtención de muestras sanguíneas de los semovientes:

A continuación, se detalla la descripción de cada etapa del procedimiento de extracción de muestras sanguíneas para el presente estudio, considerando los aspectos técnicos y éticos necesarios.



1. Preparación

La preparación inició con la identificación de los semovientes seleccionados y su traslado cuidadoso hacia una zona segura y tranquila, evitando agitación o estrés. Se contó con todo el material necesario: jeringas estériles, agujas, tubos con anticoagulante (EDTA), guantes, desinfectantes, etiquetas y contenedores de bioseguridad. El personal encargado estuvo capacitado y portó el equipo de protección personal correspondiente. Se realizó una revisión física del animal para confirmar que esté clínicamente sano. Luego, se posicionó adecuadamente al animal, con ayuda de un sujetador, asegurando el acceso a la vena cefálica. Este paso es fundamental para garantizar una extracción segura, eficiente y sin riesgo de lesiones tanto para el animal como para el personal.

2. Asepsia

Antes de realizar la punción, se limpió cuidadosamente la zona de punción, cerca de la vena cefálica. Luego, se aplicó una solución antiséptica (alcohol al 70 %), en movimientos circulares desde el centro hacia los bordes, eliminando suciedad y reduciendo la carga microbiana. Se esperó unos segundos para que el desinfectante actúe adecuadamente. Esta etapa es esencial para prevenir infecciones locales o contaminación de la muestra sanguínea. El operador mantuvo la esterilidad del material que estará en contacto con la sangre, asegurando así la validez de los resultados hematológicos posteriores.

3. Extracción de sangre

Una vez realizada la asepsia, se procedió a la punción de la vena yugular con una jeringa estéril, utilizando una aguja de calibre apropiado para alpacas. Se introdujo la aguja con suavidad en el ángulo correcto hasta observar el retorno de sangre, indicando una punción exitosa. Se extrajo la cantidad necesaria (5 mL), evitando demoras prolongadas que puedan causar hemólisis, transfiriendo directamente la sangre al tubo con anticoagulante EDTA, mezclando suavemente para evitar la coagulación. La muestra se etiquetó inmediatamente con los datos del animal (código, edad, sexo) y se almacenó en un conservador portátil con refrigeración adecuada (4 °C). Todo el proceso se realizó con calma, sin causar estrés innecesario al animal, asegurando la calidad de la muestra.

4. Procedimiento posextracción

Finalizada la extracción, se aplicó presión suave sobre el sitio de punción con gasa estéril para detener cualquier sangrado. Se observa brevemente al animal para asegurar



que no presente reacciones adversas o complicaciones inmediatas. El semoviente es liberado y reincorporado a su grupo, asegurando que no presente signos de incomodidad. La muestra obtenida es transportada en condiciones de cadena de frío al laboratorio para su procesamiento en un plazo no mayor de 6 horas, preservando así la integridad de los componentes celulares. Finalmente, se registró la información correspondiente en una ficha individual para mantener un control riguroso del muestreo y del análisis posterior.

c) Lectura automatizada de muestras hemáticas en analizador hematológico (Alphatec 51 Scientific):

1. Preparación preanalítica de la muestra:

Las muestras biológicas fueron recolectadas en tubos con anticoagulante (EDTA-K3), previamente rotulados con la información clínica e identificación del paciente (en este caso, alpacas).

Se procedió a homogeneizar suavemente cada muestra mediante inversión manual para garantizar una distribución uniforme de los elementos formes y prevenir la formación de coágulos; ninguna muestra presentó signos de coagulación.

Se verificó que todas las muestras estuvieran a temperatura ambiente (20–25 °C), considerando que desviaciones térmicas pueden comprometer la estabilidad celular y alterar los resultados analíticos.

2. Puesta en Marcha del Analizador y Preparación del Sistema:

El equipo (Alphatec 51 Scientific) fue conectado a una fuente eléctrica estabilizada y se activó el interruptor principal ubicado en la parte posterior izquierda del dispositivo.

Tras una espera aproximada de 12 minutos, se completó la fase de autodiagnóstico y arranque del software interno.

Una vez visualizado el mensaje “touch screen” en el panel digital, se procedió con la limpieza inicial del sistema aspirador. Para ello, la sonda de aspiración fue sumergida en un tubo de ensayo con solución de limpieza especializada, realizándose un ciclo de enjuague automático con duración de 3 minutos.

3. Control de Calidad Interno:

Posterior al proceso de limpieza, se efectuó una lectura de blanco utilizando tubos con agua destilada para asegurar la ausencia de contaminantes residuales y verificar la integridad del sistema de medición.



4. Carga de Muestras y Análisis Automatizado:

Las muestras fueron colocadas en el compartimento de carga del analizador. Se inició el protocolo analítico automatizado, durante el cual el equipo aspiró un volumen predeterminado de sangre total y ejecutó la cuantificación de parámetros hematológicos mediante citometría por impedancia y análisis colorimétrico.

Entre los parámetros evaluados se incluyeron: recuento de eritrocitos, leucocitos, plaquetas, concentración de hemoglobina, hematocrito, índice de distribución eritrocitaria (RDW), volumen plaquetario medio (MPV), entre otros.

5. Procesamiento y Validación de Resultados:

El sistema realizó los cálculos automáticos e imprimió un informe preliminar con los resultados cuantitativos de cada parámetro.

Los datos fueron revisados cuidadosamente para identificar posibles valores fuera de los rangos fisiológicos esperados. Se compararon los resultados obtenidos con las características clínicas y fisiológicas propias de las alpacas.

6. Registro y Archivo:

Los informes generados incluyeron los valores numéricos, unidades de medida estandarizadas (según SI), así como observaciones pertinentes.

Los resultados fueron digitalizados y almacenados en una hoja de cálculo (Microsoft Excel®) para su análisis posterior y trazabilidad.

7. Mantenimiento Postanalítico:

Una vez finalizado el análisis, se efectuó una limpieza general del equipo, incluyendo el sistema de aspiración y los conductos internos, conforme a las recomendaciones del fabricante, con el objetivo de garantizar la funcionalidad y prolongar la vida útil del analizador.

4.5 Técnica e instrumentos

4.5.1 Técnica de investigación:

Se utilizó la técnica de investigación observacional que es un enfoque de investigación que se basa en la observación directa y sistémica de sujetos, eventos o fenómenos sin manipular las variables biológicas ni intervenir en las condiciones naturales de los animales. Este enfoque permitió recopilar datos en un contexto real, respetando el ambiente fisiológico y etológico de las alpacas. La técnica observacional fue adecuada porque se trató de una investigación descriptiva, donde



se buscó identificar valores hematológicos propios de una población determinada, más que establecer relaciones causales o probar hipótesis experimentales. Además, permitió obtener información objetiva y representativa del estado de salud de las alpacas en su hábitat natural, lo cual es esencial para establecer valores de referencia locales, considerando factores como la altitud, clima y condiciones de pastoreo propias en la comunidad de San Miguel de Mestizas, Sector Puente Chucuña en el distrito de Cotaruse. De este modo, la técnica observacional proporcionó una base científica válida para caracterizar el perfil hematológico sin alterar las condiciones fisiológicas de los ejemplares evaluados

Instrumentos de investigación.

Se empleó una ficha de recolección de datos diseñada como instrumento para la medición biométrica, en la cual se consignaron parámetros fisiológicos relevantes de los ejemplares de alpaca. Entre las variables registradas se incluyeron la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria, permitiendo así documentar el estado fisiológico basal de los animales evaluados.

4.6 Análisis estadístico

En este estudio, se emplearon diferentes estadísticos como la media, que representa el promedio de un grupo de datos y se determina al sumar todos los valores y dividirlos entre la cantidad de observaciones. También se calculó la desviación estándar, que refleja la variabilidad de los datos en relación con la media. Una desviación estándar elevada sugiere una mayor variabilidad en los datos. Por otro lado, se evaluó la varianza, ya que esta medida indica en qué medida se dispersan los valores en un conjunto respecto a su media. Una varianza alta sugiere una mayor dispersión en los datos, mientras que en una varianza baja indica que los datos suelen estar más próximos a la media. De manera análoga, se calculó la covarianza, que nos permite analizar la relación lineal entre las variables, siendo fundamental para entender cómo se vinculan dos variables dentro de un conjunto de datos, lo cual facilita hacer predicciones y tomar decisiones basadas en los datos y la variabilidad que estos presentan. Finalmente, se tuvo en cuenta el rango para identificar la diferencia entre el valor más alto y el más bajo en el conjunto de datos, lo que nos brinda información sobre la amplitud del mismo.

Asimismo, utilizamos, la prueba estadística “t de Student” ya que es útil en un análisis hematológica para muestras independientes con el objetivo de comparar los valores



hematológicos entre alpacas machos y hembras. Esta prueba inferencial fue pertinente, ya que permitió determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, bajo el supuesto de normalidad de los datos y varianzas homogéneas. El uso de esta prueba contribuyó a identificar posibles variaciones fisiológicas relacionadas con el sexo, lo cual es relevante para establecer valores de referencia más precisos y diferenciados según el sexo del animal.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Valores de componentes hematológicos de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac.

Una vez analizado la muestra (sangre) de 40 alpacas adultas (*Vicugna pacos*), encontramos que las concentraciones de la serie roja o eritrocitaria indicaron los siguientes valores: recuento de glóbulos rojos (RGR) $15.26 \times 10^6/\mu\text{L}$; hemoglobina (Hb) 15.54 g/dL; hematocrito (Hto) 37.97% ;volumen eritrocitario medio(VCM) 24.56 fL; contenido medio de hemoglobina en los eritrocitos(CHM) 10.40pg;concentración media de hemoglobina de los eritrocitos(CHCM) 43.46 g/dL ;amplitud de distribución eritrocitaria (RDW-CV) 17.16% ;recuento de eritrocitos nucleados en porcentaje(NRBC%) 2.50% ; y el recuento de eritrocitos nucleados por microlitro(NRBC $\times 10^3/\mu\text{L}$) $0.17 \times 10^3/\mu\text{L}$.Asimismo, las concentraciones de la serie blanca o leucocítica indicaron los siguientes valores : recuento de glóbulos blancos (RGB) $7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$; porcentaje de linfocitos 33.51%;porcentaje de monocitos 4.73%;porcentaje de neutrófilos 58.52%;porcentaje de eosinófilos 0.73%;porcentaje basófilos 0.43%; cuando la serie blanca se evalúa en número de células por microlitro , encontramos los siguientes valores: linfocitos $2.58 \times 10^3/\mu\text{L}$;monocitos $0.33 \times 10^3/\mu\text{L}$; neutrófilos $4.18 \times 10^3/\mu\text{L}$; eosinófilos $0.06 \times 10^3/\mu\text{L}$; basófilos $0.03 \times 10^3/\mu\text{L}$;recuento del porcentaje de linfocitos atípicos o linfoblasto(ALY%) 1.05%; recuento del número de linfocitos atípicos o linfoblasto (ALY $\times 10^3/\mu\text{L}$); $0.08 \times 10^3/\mu\text{L}$; recuento del porcentaje de células grandes inmaduras o blastos(LIC%) 0.60%;recuento del número de células de células grandes inmaduras o blastos(LIC $\times 10^3/\mu\text{L}$) $0.05 \times 10^3/\mu\text{L}$. De la misma manera, las concentraciones de la serie plaquetaria indicaron los siguientes valores: recuento de plaquetas ($\times 10^9/\text{L}$); recuento de volumen plaquetario medio (VPM) 7.96fL; ancho de distribución plaquetario (PDW) 2.86fL; plaquetocrito (PCT) 3.139%; porcentaje del cociente plaquetas-células grandes (P-LCR) 72.68%; recuento de plaquetas-células grandes (P-LCC $\times 10^9/\text{L}$) $2982.28 \times 10^9/\text{L}$. (Tabla 2).



Tabla 2Hematología de alpacas (*Vicugna pacos*)

Análisis	Media	DE	Var	CV	Mín	Máx
RGR x 10⁶/μL	15.26	1.76	3.09	11.53	11.22	17.90
Hb g/dL	15.54	1.71	2.91	10.98	12.50	18.70
Hto %	37.97	5.44	29.54	14.31	28.00	49.90
VCM fL	24.56	1.28	1.63	5.20	22.00	27.60
CHM pg	10.40	1.24	1.54	11.95	8.50	12.70
CHCM g/dL	43.46	6.28	39.38	14.44	34.80	57.90
RDW - CV %	17.16	1.16	1.34	6.75	15.20	19.60
NRBC %	2.50	0.92	0.85	36.79	1.18	4.53
NRBC x 10 ³ /μL	0.17	0.07	0.00	40.09	0.06	0.32
RGB x 10³/μL	7.41	1.14	1.30	15.40	5.27	9.72
Linfocitos %	33.51	4.82	23.21	14.38	24.74	43.50
Monocitos %	4.73	0.89	0.79	18.75	3.42	6.29
Neutrófilos %	58.52	6.38	40.66	10.90	43.30	69.07
Eosinófilos %	0.73	0.35	0.13	48.67	0.12	1.61
Basófilos %	0.43	0.24	0.06	55.23	0.02	0.94
Linfocitos x 10 ³ /μL	2.58	0.41	0.17	15.79	1.84	3.29
Monocitos x 10 ³ /μL	0.33	0.09	0.01	27.42	0.18	0.46
Neutrófilos x 10 ³ /μL	4.18	0.94	0.88	22.45	2.76	6.10
Eosinófilos x 10 ³ /μL	0.06	0.03	0.00	52.32	0.01	0.12
Basófilos x 10 ³ /μL	0.03	0.02	0.00	66.71	0.00	0.09
ALY %	1.05	0.55	0.31	52.72	0.10	2.32
ALY x 10 ³ /μL	0.08	0.03	0.00	30.91	0.04	0.13
LIC %	0.60	0.20	0.04	33.42	0.34	1.06
LIC x 10 ³ /μL	0.05	0.02	0.00	41.56	0.02	0.09
Rec. Plaquetas x 10⁹/L	4234.43	157.798	24900.302	3.73	3944	4582
VPM fL	7.96	0.33	0.11	4.11	7.40	8.70
PDW fL	2.86	0.26	0.07	9.07	2.50	3.20
PCT %	3.21	0.87	0.75	27.02	1.74	4.93
P - LCR %	72.68	2.42	5.85	3.33	67.63	77.58
P - LCC x 10 ⁹ /L	2982.28	810.68	657199.18	27.18	1648.00	4627.00

DE = Desviación estándar. Var = Varianza. CV = Coeficiente de Variación. Mín = Valor mínimo.
Max = Valor máximo

5.1.2 Valores de componentes hematológicos de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en hembras de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac.

Como se observa en la tabla 3, luego de haber analizado la sangre de 20 hembras de alpacas (*Vicugna pacos*), se encontró que las concentraciones de la serie roja o eritrocitaria nos indican los siguientes valores: recuento de glóbulos rojos (RGR) 15.44x 10⁶/μL; hemoglobina (Hb) 14.95 g/dL; hematocrito (Hto) 37.57% ; volumen eritrocitario medio (VCM) 24.22 fL; contenido medio de hemoglobina en los eritrocitos (CHM) 10.08



pg; concentración media de hemoglobina en los eritrocitos (CHCM) 41.79 g/dL ; amplitud de distribución eritrocitaria (RDW-CV) 17.56%; recuento de eritrocitos nucleados en porcentaje (NRBC%) 2.83 % y el recuento de eritrocitos nucleados por microlitro (NRBC x 10³/μL) 0.21x 10³/μL. Asimismo las concentraciones de la serie blanca p leucocitaria indicaron los siguientes valores: recuento de glóbulos blancos (RGB) 8.05 x 10³/μL; porcentaje de linfocitos 30.05%; porcentaje de monocitos 4.54%; porcentaje de neutrófilos 62.87%; porcentaje de eosinófilos 0.88%; porcentaje de basófilos 0.54%; sin embargo, los valores mostrados por el conteo de la serie blanca por microlitro, se encuentra lo siguiente: linfocitos 2.59 x 10³/μL; número de mocitos por microlitro(monocitos x 10³/μL) 0.33 x 10³/μL; neutrófilos 4.75 x 10³/μL; eosinófilos 0.06 x 10³/μL; basófilos 0.05 x 10³/μL; recuento del porcentaje de linfocitos atípicos o linfoblastos (ALY %) 0.68%; recuento del número de linfocitos atípicas o linfoblastos (ALY x 10³/μL) 0.07 x 10³/μL; recuento del porcentaje de células grandes inmaduras o blastos (LIC %) 0.66%; recuento del número de células grandes inmaduras o blastos (LIC x 10³/μL) 0.05 x 10³/μL. De manera similar, las concentraciones de la serie plaquetaria indicaron los siguientes valores: recuento de plaquetas 4281.75 x 10⁹/L; recuento de volumen plaquetario medio (VPM) 8.03 fL; ancho de distribución plaquetario (PDW) 2.89 fL; plaquetocrito (PCT) 3.62%; porcentaje del cociente plaquetas -células grandes (P-LCR%) 73.01%; recuento de plaquetas células grandes (P-LCC x 10⁹/L) 624.90 x 10⁹/L.



Tabla 3

Valores hematológicos en hembras de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse-Apurímac

Análisis	N	Media	DE	Var	CV
RGR x 10⁶/μL	20	15.44	1.53	2.33	9.89
Hb g/dL	20	14.95	1.41	2.00	9.46
Hto %	20	37.57	2.95	8.70	7.85
VCM fL	20	24.22	0.82	0.66	3.37
CHM pg	20	10.08	1.24	1.53	12.28
CHCM g/dL	20	41.79	1.24	23.56	11.62
RDW - CV %	20	17.56	1.38	1.89	7.84
NRBC %	20	2.83	1.03	1.05	36.32
NRBC x 10 ³ /μL	20	0.21	0.07	0.00	31.52
RGB x 10³/μL	20	8.05	1.04	1.08	12.92
Linfocitos %	20	30.05	2.78	7.72	9.25
Monocitos %	20	4.54	0.63	0.39	13.92
Neutrófilos %	20	62.87	3.79	14.34	6.02
Eosinófilos %	20	0.88	0.34	0.11	38.80
Basófilos %	20	0.54	0.23	0.05	43.63
Linfocitos x 10 ³ /μL	20	2.59	0.37	0.13	14.09
Monocitos x 10 ³ /μL	20	0.33	0.09	0.00	25.98
Neutrófilos x 10 ³ /μL	20	4.75	0.93	0.86	19.60
Eosinófilos x 10 ³ /μL	20	0.06	0.02	0.00	35.18
Basófilos x 10 ³ /μL	20	0.05	0.03	0.00	54.53
ALY %	20	0.68	0.30	0.08	43.59
ALY x 10 ³ /μL	20	0.07	0.02	0.00	32.50
LIC %	20	0.66	0.24	0.00	36.59
LIC x 10 ³ /μL	20	0.05	0.02	0.00	44.04
Rec. Plaquetas x 10⁹/L	20	4281.75	167.57	28080.934	3.91
VPM fL	20	8.03	0.35	0.12	4.35
PDW fL	20	2.89	0.25	0.06	8.69
PCT %	20	3.62	0.85	0.71	23.34
P - LCR %	20	73.01	2.41	5.80	3.30
P - LCC x 10 ⁹ /L	20	3339.65	797.20	635529.08	23.87

DE = Desviación estándar. Var = Varianza. CV = Coeficiente de Variación. p = significancia

5.1.3 Valores de componentes hematológicos de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria en machos de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac

Se tiene en tabla 4, luego de haber analizado la sangre de 20 machos de alpacas (*Vicugna pacos*), se encontró que las concentraciones de la serie roja o eritrocitaria nos indican los siguientes valores: recuento de glóbulos rojos (RGR) 15.08 x 10⁶/μL; hemoglobina (Hb)



14.95g/dL; hematocrito (Hto) 38.38% ;volumen eritrocitario medio (VCM) 24.91fL; contenido medio de hemoglobina en los eritrocitos (CHM) 10.73pg; concentración media de hemoglobina en los eritrocitos (CHCM) 45.14g/dL ; amplitud de distribución eritrocitaria (RDW-CV) 16.77%; recuento de eritrocitos nucleados en porcentaje (NRBC%) 2.17% y el recuento de eritrocitos nucleados por microlitro (NRBC x 10³/μL) 0.14 x 10³/μ. Asimismo las concentraciones de la serie blanca o leucocitaria indicaron los siguientes valores: recuento de glóbulos blancos (RGB) 6.78 x 10³/μL; porcentaje de linfocitos 36.97%; porcentaje de monocitos 4.93%; porcentaje de neutrófilos 54.18%; porcentaje de eosinófilos 0.57%; porcentaje de basófilos 0.32%; sin embargo, los valores mostrados por el conteo de la serie blanca por microlitro, se encuentra lo siguiente: linfocitos 2.56 x 10³/μL; número de mocitos por microlitro(monocitos x 10³/μL) 0.32 x 10³/μL; neutrófilos 3.61 x 10³/μL; eosinófilos 0.05 x 10³/μL; basófilos 0.02 x 10³/μL; recuento del porcentaje de linfocitos atípicos o linfoblastos (ALY %) 1.42%; recuento del número de linfocitos atípicas o linfoblastos (ALY x 10³/μL) 0.09 x 10³/μL; recuento del porcentaje de células grandes inmaduras o blastos (LIC %) 0.55 %; recuento del número de células grandes inmaduras o blastos (LIC x 10³/μL) 0.04 x 10³/μL. De manera similar, las concentraciones de la serie plaquetaria indicaron los siguientes valores: recuento de plaquetas 4187.10 x 10⁹/L; recuento de volumen plaquetario medio (VPM) 7.89 fL; ancho de distribución plaquetario (PDW) 2.83fL; plaquetocrito (PCT) 2.79%; porcentaje del cociente plaquetas -células grandes (P-LCR%) 72.35%; recuento de plaquetas células grandes (P-LCC x 10⁹/L) 2624.90 x 10⁹/L.



Tabla 4

Valores hematológicos en machos de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse-Apurímac

Análisis	n	Media	DE	Var	CV
RGR x 10⁶/μL	20	15.08	1.99	3.95	13.17
Hb g/dL	20	14.95	1.80	3.24	11.16
Hto %	20	38.38	7.18	51.59	18.72
VCM fL	20	24.91	1.56	2.43	6.26
CHM pg	20	10.73	1.19	1.42	11.10
CHCM g/dL	20	45.14	7.17	51.37	15.88
RDW - CV %	20	16.77	0.73	0.53	4.35
NRBC %	20	2.17	0.67	0.45	30.96
NRBC x 10 ³ /μL	20	0.14	0.06	0.00	39.77
RGB x 10³/μL	20	6.78	0.86	0.74	12.72
Linfocitos %	20	36.97	3.84	14.72	10.38
Monocitos %	20	4.93	1.07	1.14	21.61
Neutrófilos %	20	54.18	5.42	29.32	10.00
Eosinófilos %	20	0.57	0.30	0.09	52.20
Basófilos %	20	0.32	0.19	0.04	59.06
Linfocitos x 10 ³ /μL	20	2.56	0.45	0.21	17.72
Monocitos x 10 ³ /μL	20	0.32	0.09	0.01	29.45
Neutrófilos x 10 ³ /μL	20	3.61	0.50	0.25	13.99
Eosinófilos x 10 ³ /μL	20	0.05	0.04	0.00	68.51
Basófilos x 10 ³ /μL	20	0.02	0.01	0.00	56.20
ALY %	20	1.42	0.50	0.25	35.19
ALY x 10 ³ /μL	20	0.09	0.02	0.00	26.49
LIC %	20	0.55	0.14	0.02	24.81
LIC x 10 ³ /μL	20	0.04	0.01	0.00	33.42
Rec. Plaquetas x 10⁹/L	20	4187.10	135.33	18315.15	3.23
VPM fL	20	7.89	0.29	0.09	3.73
PDW fL	20	2.83	0.27	0.07	9.53
PCT %	20	2.79	0.68	0.46	24.24
P - LCR %	20	72.35	2.45	5.98	3.38
P - LCC x 10 ⁹ /L	20	2624.90	666.77	444581.04	25.40

DE = Desviación estándar. Var = Varianza. CV = Coeficiente de Variación. p = significancia

5.1.4 Valores de componentes hematológicos de la serie roja, de alpacas (*Vicugna pacos*), comparados entre sexos

Como se observa en la Tabla 5, las alpacas machos tienen más hemoglobina (Hb g/dL), que las alpacas hembras ($p < 0.05$); sin embargo, las alpacas hembras muestran valores superiores en la amplitud de la distribución eritrocitaria (RDW - CV %), porcentaje de



células nucleadas de la serie roja (NRBC %) ($p < 0.05$) y también mayor número de células nucleadas de la serie roja (NRBC x $10^3/\mu\text{L}$) ($p < 0.01$). Los demás componentes de la serie roja no muestran diferencias entre sexos ($p > 0.05$).

Tabla 5

Hematología de la serie roja en alpacas (*Vicugna pacos*), de ambos sexos

Análisis	Sexo	Media	D.E.	CV	P
RGR x $10^6/\mu\text{L}$	Hembras	15.44	1.53	9.89	0.52
	Machos	15.08	1.99	13.17	
Hb g/dL	Hembras	14.95	1.41	9.46	0.03
	Machos	16.13	1.80	11.16	
Hto %	Hembras	37.57	2.95	7.85	0.65
	Machos	38.38	7.18	18.72	
VCM fL	Hembras	24.22	0.82	3.37	0.09
	Machos	24.91	1.56	6.26	
CHM pg	Hembras	10.08	1.24	12.28	0.10
	Machos	10.73	1.19	11.10	
CHCM g/dL	Hembras	41.79	4.85	11.62	0.09
	Machos	45.14	7.17	15.88	
RDW - CV %	Hembras	17.56	1.38	7.84	0.03
	Machos	16.77	0.73	4.35	
NRBC %	Hembras	2.83	1.03	36.32	0.02
	Machos	2.17	0.67	30.96	
NRBC x $10^3/\mu\text{L}$	Hembras	0.21	0.07	31.52	0.00
	Machos	0.14	0.06	39.77	

DE = Desviación estándar. Var = Varianza. CV = Coeficiente de Variación. p = significancia

5.1.5 Valores de componentes hematológicos de la serie blanca, de alpacas (*Vicugna pacos*), comparados entre sexos

Cómo se visualiza en la Tabla 6, las alpacas hembras tienen niveles superiores en el recuento de glóbulos blancos (RGB x $10^3/\mu\text{L}$), porcentaje y número de neutrófilos, porcentaje de eosinófilos, porcentaje y número de basófilos ($p < 0.01$). Las alpacas machos muestran mayor porcentaje de linfocitos, mayor porcentaje de linfocitos atípicos (ALY %) ($p < 0.01$) y mayor recuento de linfocitos atípicos (ALY x $10^3/\mu\text{L}$) ($p < 0.01$).



Tabla 6Hematología de la serie blanca en alpacas (*Vicugna pacos*), de ambos sexos

Análisis	Sexo	Media	D.E.	CV	P
RGB x 10 ³ /μL	Hembras	8.05	1.04	12.92	0.000
	Machos	6.78	0.86	12.72	
Linfocitos %	Hembras	30.05	2.78	9.25	0.000
	Machos	36.97	3.84	10.38	
Monocitos %	Hembras	4.54	0.63	13.92	0.160
	Machos	4.93	1.07	21.61	
Neutrófilos %	Hembras	62.87	3.79	6.02	0.000
	Machos	54.18	5.42	10.00	
Eosinófilos %	Hembras	0.88	0.34	38.80	0.004
	Machos	0.57	0.30	52.20	
Basófilos %	Hembras	0.54	0.23	43.63	0.003
	Machos	0.32	0.19	59.06	
Linfocitos x 10 ³ /μL	Hembras	2.59	0.37	14.09	0.803
	Machos	2.56	0.45	17.72	
Monocitos x 10 ³ /μL	Hembras	0.33	0.09	25.98	0.657
	Machos	0.32	0.09	29.45	
Neutrófilos x 10 ³ /μL	Hembras	4.75	0.93	19.60	0.000
	Machos	3.61	0.50	13.99	
Eosinófilos x 10 ³ /μL	Hembras	0.06	0.02	35.18	0.485
	Machos	0.05	0.04	68.51	
Basófilos x 10 ³ /μL	Hembras	0.05	0.03	54.53	0.001
	Machos	0.02	0.01	56.20	
ALY%	Hembras	0.68	0.30	43.59	0.000
	Machos	1.42	0.50	35.19	
ALY x 10 ³ /μL	Hembras	0.07	0.02	32.50	0.021
	Machos	0.09	0.02	26.49	
LIC%	Hembras	0.66	0.24	36.59	0.075
	Machos	0.55	0.14	24.81	
LIC x 10 ³ /μL	Hembras	0.05	0.02	44.04	0.088
	Machos	0.04	0.01	33.42	

DE = Desviación estándar. Var = Varianza. CV = Coeficiente de Variación. p = significancia



5.1.6 Valores de componentes hematológicos de la serie plaquetaria de alpacas (*Vicugna pacos*), comparados entre sexos

Las alpacas hembras mostraron mayor porcentaje de plaquetocrito y mayor recuento de plaquetas -células grandes ($p < 0.01$) (Tabla 7).

Tabla 7

Hematología de la serie plaquetaria en alpacas (*Vicugna pacos*), de ambos sexos

Análisis	Sexo	Media	D.E.	CV	P
Rec. Plaquetas x 10 ⁹ /L	Hembras	4281.75	167.57	3.91	0.057
	Machos	4187.10	135.33	3.23	
VPM fL	Hembras	8.03	0.35	4.35	0.178
	Machos	7.89	0.29	3.73	
PDW fL	Hembras	2.89	0.25	8.69	0.435
	Machos	2.83	0.27	9.53	
PCT %	Hembras	3.62	0.85	23.34	0.001
	Machos	2.79	0.68	24.24	
P - LCR %	Hembras	73.01	2.41	3.30	0.396
	Machos	72.35	2.45	3.38	
P - LCC x 10 ⁹ /L	Hembras	3339.65	797.20	23.87	0.004
	Machos	2624.90	666.77	25.40	

DE = Desviación estándar. Var = Varianza. CV = Coeficiente de Variación. p = significancia



5.2 Discusión

En la presente investigación titulada Perfil hematológico de alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), comunidad de San Miguel de Mestizas, sector Puente Chucuña, Cotaruse – Apurímac, se caracterizó el estado fisiológico hematológico de alpacas adaptadas a la altitud andina, observándose valores medios para la serie roja como RGR ($15.26 \times 10^6/\mu\text{L}$), Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%) superiores a los reportados en otros estudios, lo cual puede atribuirse a la hipoxia crónica propia de los ecosistemas altoandinos, que estimula la eritropoyesis como mecanismo adaptativo para optimizar el transporte de O_2 . Asimismo, parámetros como VCM (24.56 fL), CHM (10.40 pg) y CHCM (43.46 g/dL) refuerzan esta hipótesis, indicando eritrocitos más pequeños, pero con mayor concentración hemoglobínica, adaptados a mejorar la eficiencia del intercambio gaseoso. En cuanto al RDW-CV (17.16%), se evidenció una distribución eritrocitaria levemente heterogénea, compatible con respuestas fisiológicas esperadas en ambientes con variaciones térmicas extremas. El hallazgo de eritrocitos nucleados (NRBC: 2.50%) en valores elevados sugiere una actividad medular intensa, probablemente estimulada por requerimientos elevados de oxígeno. Respecto a la serie blanca, el RGB ($7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$) mostró valores dentro de rangos fisiológicos, con una predominancia neutrofílica (58.52%) seguida de linfocitos (33.51%), patrón compatible con una respuesta inmunitaria innata activa, posiblemente reflejo de exposiciones constantes a patógenos ambientales. La variabilidad observada en eosinófilos (0.73%) y basófilos (0.43%) se mantiene dentro de los límites esperados, aunque con altos coeficientes de variación, sugiriendo respuestas inmunoalérgicas o parasitarias individuales. En la serie plaquetaria, se evidenció un recuento plaquetario (PLT: $4234.43 \times 10^9/\text{L}$) notablemente elevado comparado con estudios previos, lo cual puede deberse a diferencias en metodología analítica o a una mayor actividad trombopoyética, reflejada también en el PCT (3.21%), P-LCR (72.68%) y P-LCC ($2982.28 \times 10^9/\text{L}$). El VPM (7.96 fL) y PDW (2.86 fL) indicaron plaquetas pequeñas y de tamaño homogéneo, lo cual sugiere una producción constante y eficiente. En conjunto, los resultados obtenidos proporcionan valores hematológicos de referencia fundamentales para la zona de Puente Chucuña, siendo estos datos esenciales para el diagnóstico clínico, la medicina preventiva y la evaluación del estado sanitario de los rebaños. Las diferencias con estudios previos enfatizan la necesidad de generar perfiles hematológicos regionales ajustados a las



condiciones ecológicas y productivas locales, asegurando así una interpretación más precisa de la salud hematológica en camélidos sudamericanos.

Al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Guayllas González (2019) en Calpi, Ecuador, se observa que los valores promedio de la serie roja como el recuento eritrocitario ($12.60 \pm 0.62 \times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina ($11.07 \pm 1.32\text{g/dL}$) y hematocrito ($33.17 \pm 4.54\%$) son marcadamente superiores, lo cual podría atribuirse a factores como altitud, condiciones fisiográficas, edad, manejo sanitario y adaptación a hipoxia crónica. Asimismo, el VCM ($20.95 \pm 0.22\text{ fL}$) y la CHCM ($33.85 \pm 5.43\text{ g/dL}$) en nuestro estudio fueron más elevados que los registrados en Ecuador, sugiriendo una mayor eficiencia en el transporte de oxígeno, probablemente como mecanismo compensatorio frente a la menor presión parcial de oxígeno ambiental. En cuanto al leucograma, el recuento total de glóbulos blancos (RGB: $9.68 \pm 3.22 \times 10^3/\mu\text{L}$) fue inferior al reportado por Guayllas ($9.68 \times 10^3/\mu\text{L}$), lo cual puede deberse a diferencias inmunológicas individuales o estacionales, aunque la distribución porcentual de neutrófilos fue similar (58.52% vs. 58.59%). Sin embargo, se evidenció una diferencia marcada en linfocitos (33.51% en nuestro estudio vs. 39.73%), posiblemente relacionada con estrés ambiental, carga parasitaria o variaciones inmunológicas poblacionales. Respecto al sistema plaquetario, nuestros resultados indican un recuento plaquetario considerablemente superior ($4234.43 \times 10^9/\text{L}$) en comparación con el estudio ecuatoriano ($210.08 \times 10^3/\mu\text{L}$), lo que podría responder a diferencias metodológicas en los equipos hematológicos o condiciones fisiológicas adaptativas. El valor de PCT (3.21%), VPM (7.96 fL) y P-LCR (72.68%) refuerzan la presencia de una actividad trombopoyética eficiente. En conjunto, los hallazgos evidencian la necesidad de establecer valores de referencia específicos para cada región y sistema de manejo, resaltando la importancia de la caracterización hematológica local para la toma de decisiones clínicas y zootécnicas en camélidos sudamericanos.

En la investigación mostrada en esta publicación se muestran valores indicativos de una adaptación fisiológica a las condiciones de altura, con un recuento de glóbulos rojos (RGR: $15.26 \times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (Hb: 15.54 g/dL) y hematocrito (Hto: 37.97%) superiores a los reportados en estudios previos como el de Cuichan Bravo y Pinzón Oña (2018) en Ecuador, donde se registraron valores promedio de Hto 34.61%, y una distribución leucocitaria con neutrófilos (58.75%), eosinófilos (2.56%), basófilos (3.32%), monocitos (9.10%) y linfocitos (24.84%). En nuestro estudio, el predominio de neutrófilos (58.52%) y linfocitos (33.51%) refleja un balance inmunológico saludable adaptado a condiciones



ambientales particulares, con valores más bajos de eosinófilos (0.73%) y basófilos (0.43%), probablemente debido a diferencias en la exposición a agentes alérgenos o parasitarios. La concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM: 43.46 g/dL) y el volumen corpuscular medio (VCM: 24.56 fL) sugieren eritrocitos pequeños y densos, lo que coincide con una mejor capacidad de transporte de oxígeno en altitudes elevadas. La presencia de eritrocitos nucleados (NRBC: 2.50%) indica una intensa eritropoyesis como respuesta a la hipoxia ambiental. En la serie plaquetaria, se observó un recuento elevado ($4234.43 \times 10^9/L$), lo que puede estar asociado con una mayor demanda hemostática o características particulares de la población analizada.

En los resultados mostrados en esta investigación se evidencia una marcada adaptación fisiológica a la altitud andina, reflejada en valores elevados de la serie roja, como el RGR ($15.26 \times 10^6/\mu L$), Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%), superiores a los reportados por Vergara Penadillo (2017), quien obtuvo promedios de Hto entre 29.53% y 30.82% y Hb entre 12.87 y 13.29 g/dL en alpacas preñadas y vacías bajo condiciones ambientales de Ninacaca, Cerro de Pasco. Esta diferencia podría deberse al mayor requerimiento de oxigenación en altitudes más elevadas, lo cual estimula una eritropoyesis más eficiente en los animales estudiados en Cotaruse. Además, los valores de CHCM (43.46 g/dL) y VCM (24.56 fL) sugieren eritrocitos más densos y funcionales, lo que potencia la capacidad de transporte de oxígeno. En cuanto al leucograma, el predominio de neutrófilos (58.52%) y linfocitos (33.51%) coincide parcialmente con el estudio comparativo de Vergara, donde se observaron linfocitos como población dominante (56.59%–58.12%) y valores de neutrófilos en banda con diferencias significativas entre alpacas preñadas y vacías ($p = 0.009$), fenómeno no evaluado en nuestra muestra, pero que sugiere un posible efecto del estado fisiológico reproductivo en la respuesta inmune. La presencia de NRBC (2.50%) y un recuento plaquetario considerablemente elevado ($4234.43 \times 10^9/L$) también son aspectos relevantes, probablemente influenciados por la adaptación hipoxémica crónica. Asimismo, el valor del P-LCC ($2982.28 \times 10^9/L$) destaca la actividad megacariocítica en estas condiciones geográficas.

Por otro lado, los resultados mostrados en este estudio, se evidencian valores superiores en parámetros de la serie roja como RGR ($15.26 \times 10^6/\mu L$), Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%), en comparación con los reportados por Sánchez Iza (2015) en alpacas de Apahua, Ecuador, donde los rangos de RGR estuvieron entre 12.11 y $14.65 \times 10^{12}/L$, Hb entre 10.90 y 12.72 g/dL y Hto entre 30.33% y 35.67%. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como la altitud, el estado fisiológico y las condiciones ambientales particulares de Cotaruse, que



podrían favorecer una mayor producción de eritrocitos como mecanismo de adaptación a la hipoxia crónica. Asimismo, los valores de CHCM (43.46 g/dL) y HCM (10.40 pg) en nuestra investigación también fueron más elevados que los registrados en Apahua (32.13–38.99 g/dL y 8.17–9.56 pg, respectivamente), lo que sugiere una mayor concentración de hemoglobina por célula, posiblemente reflejo de una eritropoyesis más activa. En cuanto a la serie blanca, los recuentos de leucocitos (RGB: $7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$), neutrófilos ($4.18 \times 10^3/\mu\text{L}$) y linfocitos ($2.58 \times 10^3/\mu\text{L}$) en nuestro estudio fueron ligeramente inferiores a los promedios informados por Sánchez Iza, donde el RGB osciló entre 7.59 y $17.95 \times 10^9/\text{L}$, y los neutrófilos y linfocitos alcanzaron hasta $8.03 \times 10^9/\text{L}$ y $3.55 \times 10^9/\text{L}$ respectivamente. Sin embargo, nuestros valores se encuentran dentro de rangos fisiológicos aceptables y reflejan un estado inmunológico estable en la población analizada. Cabe destacar también el alto recuento plaquetario observado ($4234.43 \times 10^9/\text{L}$), el cual podría responder al efecto de adaptación fisiológica o a diferencias metodológicas en la medición.

Asimismo, los valores hematológicos reportados en este estudio en su mayoría se encuentran dentro de los rangos fisiológicos reportados en estudios previos, aunque con algunas diferencias relevantes atribuibles a factores como altitud, alimentación, manejo sanitario y variabilidad genética. Comparando nuestros resultados con los obtenidos por Troiano (2013) en Argentina, el recuento globular rojo (RGR) fue ligeramente mayor en nuestro estudio ($15.26 \times 10^6/\mu\text{L}$ vs. $14.2 \times 10^6/\mu\text{L}$), al igual que la concentración de hemoglobina (15.54 g/dL frente a 13.7 g/dL), lo que podría reflejar una mejor adaptación a las condiciones de hipoxia propias de la altitud de Cotaruse. Sin embargo, el hematocrito (37.97%) fue ligeramente inferior al de Troiano (39.1%), aunque ambos dentro del rango esperado. Respecto al VCM y CHCM, nuestros valores (24.56 fL y 43.46 g/dL, respectivamente) difieren del estudio argentino (27.53 fL y 35.3 g/dL), destacando una mayor concentración media de hemoglobina en los eritrocitos de las alpacas de Cotaruse, posiblemente debido a una adaptación fisiológica más intensa a la hipoxia. En cuanto a la serie blanca, nuestro recuento de glóbulos blancos ($7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$) fue notablemente menor al reportado por Troiano (14,000/ μL), así como los porcentajes de monocitos (4.73% vs. 10.4%) y eosinófilos (0.73% vs. 4.43%), lo que podría reflejar diferencias en la respuesta inmunológica relacionada con la carga antigénica ambiental o condiciones sanitarias. Finalmente, destaca el alto recuento plaquetario observado en nuestro estudio ($4234.43 \times 10^9/\text{L}$), significativamente mayor al valor promedio argentino (285,000/ μL), lo cual podría atribuirse a diferencias metodológicas o a una elevada actividad medular como respuesta a condiciones ambientales particulares.



Los valores encontrados en esta investigación reflejan características fisiológicas influenciadas por factores ambientales, altitudinales y de manejo, los cuales difieren significativamente de los reportados por Oblitas Guayán et al. (1997) en alpacas mantenidas a baja altitud en Valdivia, Chile. El recuento globular rojo (RGR) en nuestro estudio ($15.26 \times 10^6/\mu\text{L}$) fue notablemente superior al rango chileno ($7.1\text{--}13 \times 10^6/\mu\text{L}$), al igual que la concentración de hemoglobina (15.54 g/dL frente a un máximo de 15.2 g/dL) y el hematocrito (37.97% vs. 32%), lo cual sugiere una adaptación hematológica a la hipoxia crónica de zonas altoandinas como Cotaruse. Asimismo, el CHCM alcanzó un valor medio de 43.46 g/dL en nuestra población, dentro del rango alto observado en el estudio chileno ($37\text{--}57 \text{ g/dL}$), mientras que el VCM (24.56 fL) se mantuvo dentro de los límites descritos ($18\text{--}36 \text{ fL}$). En cuanto a la serie blanca, nuestro recuento total de leucocitos (RGB: $7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$) se encuentra dentro del rango reportado por Oblitas Guayán ($4.5\text{--}19 \times 10^3/\mu\text{L}$), aunque con una distribución diferencial: los neutrófilos representaron el 58.52% en Cotaruse (vs. $32\text{--}71\%$ en Valdivia), los linfocitos el 33.51% (vs. $8\text{--}45\%$) y los monocitos el 4.73% (vs. $0\text{--}7\%$). La presencia de eosinófilos fue baja en nuestro estudio (0.73%), en contraste con el amplio rango chileno ($0\text{--}36\%$), posiblemente explicado por diferencias en la carga parasitaria o respuesta inmunitaria. Finalmente, el recuento plaquetario en Cotaruse ($4234.43 \times 10^9/\text{L}$) fue considerablemente más alto, lo que podría estar relacionado con la mayor estimulación medular inducida por condiciones de hipoxia.

Los resultados obtenidos en este estudio, reflejan datos de alpacas adultas en condiciones altoandinas, que al compararse con los reportes de Ramos Cartolin (2024) en crías lactantes en Quillcaccasa (4228 m s. n. m.), revelan diferencias significativas atribuibles principalmente a la edad fisiológica, estado nutricional y grado de adaptación al medio. Nuestro recuento globular rojo ($15.26 \times 10^6/\mu\text{L}$) fue más alto que el de las crías ($12.49 \times 10^6/\mu\text{L}$), lo cual puede relacionarse con una mayor capacidad de respuesta eritropoyética frente a la hipoxia crónica en alpacas adultas. Asimismo, los valores de Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%) fueron superiores a los de Ramos (14.80 g/dL y 30.81% , respectivamente), lo que refuerza la relación entre madurez fisiológica y eficiencia en el transporte de oxígeno. En contraste, la CHCM en crías (47.96 g/dL) fue ligeramente mayor que en nuestro estudio (43.46 g/dL), posiblemente por una mayor concentración intracelular compensatoria ante menor masa eritrocitaria. En cuanto a la serie blanca, nuestro recuento leucocitario total ($7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$) fue menor al reportado por Ramos ($9.88 \times 10^3/\mu\text{L}$), pero con porcentajes de neutrófilos más elevados (58.52% frente a 51.49%), indicando una



posible mayor exposición a desafíos ambientales o antigénicos en adultos. El recuento plaquetario en nuestra investigación ($4234.43 \times 10^9/L$) fue también superior al observado en crías ($3550.1 \times 10^9/L$), lo que puede estar vinculado al mayor tamaño corporal y necesidad de reparación tisular. Estas comparaciones evidencian que los parámetros hematológicos varían con la edad y entorno, subrayando la importancia de establecer valores de referencia específicos según la etapa de desarrollo, sexo y condiciones ecológicas locales.

Al comparar con el estudio de Paco Soto y Mendoza (2024), quienes evaluaron crías con enteropatías diarreicas en Huancavelica, se observan diferencias marcadas atribuibles a la edad, condición clínica y estado nutricional. Nuestros valores de RGR ($15.26 \times 10^6/\mu L$), Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%) son significativamente más altos que los de crías enfermas ($10.45 \times 10^6/\mu L$, 12.27 g/dL y 21.42%, respectivamente), lo cual refleja una eritropoyesis más eficiente en animales adultos y sanos, con mejor capacidad de transporte de oxígeno en altura. Asimismo, el recuento leucocitario total en nuestras alpacas ($7.41 \times 10^3/\mu L$) fue inferior al de crías enfermas ($13.15 \times 10^3/\mu L$), que presentaron leucocitosis y neutrofilia (NEU: $8.55 \times 10^3/\mu L$), probablemente como respuesta inflamatoria a procesos infecciosos. En la serie plaquetaria, el recuento en adultos ($4234.43 \times 10^9/L$) fue marcadamente superior al de crías afectadas ($326.91 \times 10^3/\mu L$), indicando diferencias funcionales en la hemostasia y maduración hematológica, acentuadas por el estrés fisiopatológico de la enfermedad. Parámetros como el VCM (24.56 fL) y CHCM (43.46 g/dL) también fueron mayores en adultos respecto a crías con disfunción entérica, que mostraron valores alterados por deshidratación o pérdida proteica. Estos hallazgos confirman que la salud, edad y ambiente condicionan el perfil hematológico, por lo que la interpretación clínica debe considerar la fisiología específica de cada etapa y contexto.

Los estudios reportados en nuestra investigación evidenciaron valores superiores en parámetros eritrocitarios y plaquetarios en comparación con estudios realizados en crías menores de dos meses, lo que refleja diferencias fisiológicas propias del desarrollo y maduración hematológica. Nuestros valores medios de RGR ($15.26 \times 10^6/\mu L$), Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%) fueron considerablemente más elevados que los reportados por Escalante Álvarez (2017) en crías del CIP “La Raya” ($10.67 \times 10^6/\mu L$, 11.23 g/dL y 25.30%, respectivamente), lo que se atribuye a una eritropoyesis más activa y eficiente en animales adultos adaptados a hipoxia crónica de altura. Asimismo, el conteo leucocitario total en nuestra investigación ($7.41 \times 10^3/\mu L$) fue notablemente menor al observado en crías ($19.07 \times 10^3/\mu L$), destacando que los neonatos presentan una mayor actividad



inmunológica inespecífica como mecanismo de defensa frente a patógenos ambientales, mientras que en adultos este sistema está más regulado. En cuanto a la fórmula leucocitaria, se registró un mayor porcentaje de neutrófilos en adultos (58.52%) respecto a crías (47.8%), aunque con menor conteo absoluto, lo cual puede deberse a la diferencia en el grado de exposición inmunológica según la edad. Los valores de CHCM (43.46 g/dL en adultos vs. 45.11% en crías) y VCM (24.56 fL vs. 23.80 fL) fueron similares, lo que sugiere una estabilidad en la morfología eritrocitaria entre etapas. En la serie plaquetaria, el recuento plaquetario en adultos ($4234.43 \times 10^9/L$) fue marcadamente superior al reportado en neonatos, indicando una mayor capacidad hemostática y un sistema hematopoyético más maduro. Estos hallazgos demuestran la importancia de establecer valores hematológicos diferenciados según la edad, estado fisiológico y condiciones ambientales.

Se encontró en este estudio que los niveles medios de RGR ($15.26 \times 10^6/\mu L$), Hb (15.54 g/dL) y Hto (37.97%) fueron superiores a los reportados por Arrios-Arpi et al. (2016) en crías sanas (RGR: hasta $16.4 \times 10^6/\mu L$; Hb: hasta 17.1 g/dL; Hto: hasta 35.3%) y también mayores que los observados en crías afectadas por diarrea, lo cual se explica por la mayor capacidad de oxigenación y eficiencia eritropoyética en animales adultos adaptados a hipoxia crónica. Además, el recuento leucocitario (RGB: $7.41 \times 10^3/\mu L$) fue significativamente menor que en neonatos con enfermedad entérica ($18.02 \times 10^3/\mu L$), reflejando una menor actividad inflamatoria o infecciosa, lo cual coincide con un estado clínico estable en nuestra población. La elevada concentración de CHCM (43.46 g/dL) y un VCM relativamente bajo (24.56 fL) sugieren eritrocitos densos y eficientes, característicos de especies adaptadas a grandes altitudes. Asimismo, el recuento plaquetario ($4234.43 \times 10^9/L$) en alpacas adultas fue marcadamente superior a los datos de crías con diarrea, lo cual podría indicar una mayor capacidad hemostática y estabilidad hematológica. En cuanto a la fórmula leucocitaria, predominan los neutrófilos (58.52%), seguidos de linfocitos (33.51%), lo que respalda una respuesta inmunitaria madura y balanceada. Estos hallazgos, en conjunto con la baja variabilidad de algunos parámetros como VCM (CV: 5.20%) y CHM (CV: 11.95%), refuerzan la importancia de establecer rangos de referencia específicos por edad, fisiología y condición sanitaria. Finalmente, la comparación con crías afectadas por diarrea resalta la utilidad clínica del perfil hematológico como herramienta diagnóstica y de monitoreo en medicina veterinaria andina, permitiendo diferenciar entre estados fisiológicos normales y condiciones patológicas.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que las alpacas de la raza Huacaya (*Vicugna pacos*), criadas en la provincia de Aymaraes, región Apurímac, presentan valores hematológicos compatibles con un adecuado estado fisiológico, evidenciando una óptima adaptación a las condiciones de altitud propias de la zona. Los parámetros medios de glóbulos rojos ($15.26 \times 10^6 /\mu\text{L}$), hemoglobina (15.54 g/dL) y hematocrito (37.97%) reflejan una eficiente capacidad de transporte de oxígeno, fundamental para mantener la homeostasis en ambientes hipobáricos.

El recuento leucocitario total ($7.41 \times 10^3/\mu\text{L}$) y la predominancia de neutrófilos (58.52%) indican una respuesta inmunitaria estable, mientras que la elevada concentración plaquetaria ($4234.43 \times 10^9 /\text{L}$) sugiere una adecuada capacidad hemostática. La baja variabilidad de parámetros como el volumen corpuscular medio (VCM: 24.56 fL; CV: 5.20%) y el volumen plaquetario medio (VPM: 7.96 fL; CV: 4.11%) confirma la consistencia de los resultados obtenidos y la estabilidad fisiológica del grupo evaluado.

Al analizar las diferencias según el sexo, se observó que los machos presentaron mayores concentraciones de hemoglobina, mientras que las hembras mostraron valores superiores de RDW, NRBC (%) y NRBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$), evidenciando un mayor grado de regeneración eritrocitaria. En la serie blanca, las hembras registraron un recuento leucocitario total significativamente mayor, con predominio de neutrófilos, eosinófilos y basófilos, en tanto que los machos destacaron por un mayor porcentaje de linfocitos y linfocitos atípicos, lo cual sugiere posibles diferencias en la respuesta inmunológica entre sexos. Por otro lado, en la serie plaquetaria, las hembras presentaron valores más altos de plaquetocrito (PCT) y de plaquetas de gran tamaño (P-LCC), lo que podría asociarse a una mayor actividad trombopoyética. Estos resultados aportan información relevante para la caracterización



hematológica de la alpaca Huacaya en condiciones de altura, constituyendo una referencia útil para la evaluación clínica, manejo sanitario y futuras investigaciones en fisiología comparada y adaptación altitudinal de camélidos sudamericanos.

6.2 Recomendaciones

Incorporación en programas sanitarios: Se recomienda integrar el perfil hematológico en los programas de manejo sanitario y monitoreo de salud animal en comunidades alpaqueras, permitiendo detectar tempranamente desequilibrios fisiológicos, infecciones o enfermedades parasitarias. Es necesario realizar capacitaciones dirigidas a productores y profesionales veterinarios de la zona sobre la interpretación de estos valores hematológicos y su relevancia en la toma de decisiones clínicas y reproductivas.

Fomentar estudios comparativos a distintas altitudes: Se sugiere realizar investigaciones similares en otras zonas alpaqueras del país, a diferentes altitudes y condiciones ecológicas, con el fin de establecer un rango de variabilidad fisiológica nacional que permita una mejor adaptación de los protocolos clínicos.

Ampliar la base de datos hematológica nacional: La información generada debe contribuir a una base de datos nacional estandarizada que fortalezca la medicina veterinaria andina y respalde futuras investigaciones sobre fisiología y salud en camélidos sudamericanos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayala Vargas. Los camélidos sudamericanos. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 2018; 5(1).
2. Oblitas Guayán F, Pedrozo Prieto R, Witwer Menge F, Böhmwald Lehnebach H, Ludwig Ackeman H. Valores sanguíneos en alpacas (*Vicugna pacos*) reintroducidas en el sur de Chile. Veterinaria México. 1998; 29(4).
3. Vergara Penadillo. Bioquímica serica y hematología, según estado reproductivo, en alpacas de raza huacaya (*Lama pacos*). Ninacaca - Cerro de Pasco. Tesis de Título. Cerro de Pasco Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán , Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
4. Barrios-Arpi , Rodríguez Sánchez , Lucas J, Morales Rodríguez MC, Vásquez E, Lima , et al. Estudio hematológico y bioquímico sanguíneo en crías de alpaca con diarrea. Revista complutense de ciencias veterinarias. 2016; 10(2).
5. Cirilo , Manchego , Rivera , Rosadio. Coexistencia de virus y bacterias en neumonías agudas en alpacas neonatas. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2012; 23(3).
6. Huanca T. Manual del alpaquero. Cuarta ed. Lima - Perú: INIA; 1996.
7. Ramos De la Riva V. Manual de sanidad de alpacas y llamas. Primera ed. La Paz - Bolivia: Suyana.org; 2010.
8. Bustinza Choque AV. La alpaca. Primera ed. Puno - Perú: UNA - Puno; 2001.
9. Llorente P, Leoni L, Martinez Vivot M. Leptospirosis en camélidos sudamericanos. Estudio de prevalencia serológica en distintas regiones de la Argentina. Archivos de medicina veterinaria. 2002; 34(1).
10. Guailas González A. Caracterización de la composición de células hemáticas en alpacas (*Vicugna pacos*) de la provincia de chimborazo. Tesis de Título. Chimborazo - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Zootecnia.
11. Cuichan Bravo EM, Pinzón Oña ME. Determinación de parámetros fisiológicos, hematológicos, bioquímicos, y tracción del animal de camélidos y mulares, en la parroquia salinas, provincia Bolivar - Ecuador. Tesis de Titulación. Bolivar - Ecuador: Universidad de la Fuerzas Armadas, Carrera de Medicina Veterinaria.
12. 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.
13. Troiano JC. Hematología de Artiodáctilos. Memoria Conferencia Interna de Medicina y aprovechamiento de Fauna Silvestre y Exótica - Argentina. 2013; 9(2).
14. Ramos Cartolin MA. Valores hematológicos en crías de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*), Aymaraes - Apurímac. Tesis de Titulación. Abamcay - Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
15. Paco Soto PS, Mendoza VM. Perfil hematológico de crías de alpacas con enteropatías diarreicas de comunidades altoandinas de Huancavelica - Perú. Tesis de Titulación. Huancavelica - Perú: Universidad nacional de Huancavelica, Escuela profesional de Zootecnia.
16. Escalante Alvarez L. Valores hematológicos, bioquímicos sanguíneos y urinarios en crías de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*) menores de dos meses. Tesis de Titulación. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
17. Calpa O C, Daleck , Teotônio de Castro. Evaluación del hemograma en caninos sanos sometidos a la administracion de cisplatina. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Córdoba - Colombia. 2010; 15(2).



- 18 Ocampo Nuncey N, Cueva Moreno S, Vásquez Cachay M, Ayón Sarmiento M, Lira . Mejía B. Valores hematológicos de bovinos jersey sometidos a condiciones de hipoxia crónica de la altura. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 2011 ; 12(7).
- 19 Sigua Ochoa JF. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos hembras de raza Holstein en condiciones de altitud. Tesis de Título. Cuenca - Ecuador: Universidad politécnica Salesiana, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- 20 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).
- 21 Klein G. Cunningham. Fisiología veterinaria Sexta , editor. Barcelona, España: Elsevier; . 2020.
- 22 Engelhardt WV, Breves G. Fisiología veterinaria. Primera ed. Zaragoza España: Acribia. . S.A.; 2002.
- 23 Peñuela B , Gómez R A. Eritropoyetina: más allá de la proliferación y maduración eritroide. . Revista de la Facultad de Medicina. 2010; 18(1).
- 24 Roque , Quezada G, Saldaña , Carrillo , Vargas JA, Arancibia. Amplitud de distribución eritrocitaria un biomarcador inflamatorio relacionado a retinopatía diabética proliferativa. Revista de la Facultad de Medicina Humana. 2020; 20(4).
- 25 Carton. Manual de Patología clínica. Primera ed. México: McGraw-Hill Interamericana . Editores, S. A. de C. V.; 2013.
- 26 Barmaimon. Historia, patología, clínica, y terapéutica ciencias cognitivas. Primera ed. . Montevideo - Uruguay: Impresión virtual. email: henribar1@multi.com.; 2016.
- 27 Latimer KS, Mahaffey EA, Prasse KW. Patología Clínica Veterinaria Duncan & Prasse´s. . Cuarta ed. Barcelona - España: Multimedia; 2005.
- 28 Kayki , Bozkaya , Buyukeren M, Tavil , Yigit. Normoblastemia multinuclear en un recién nacido secundaria a hipoxia. Archivos argentinos de pediatría. 2017; 115(4).
- 29 Becker K.. Interpretación del hemograma. Revista chilena de pediatría. 2001; 72(5).
- .
- 30 Cingolani HE, Houssay AB. Fisiología Humana de Houssay. Séptima ed. Buenos Aires . Argentina: El Ateneo; 2002.
- 31 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.
- 32 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.
- 33 Hall JE, Hall E. Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. Décimocuarta ed. Barcelona . España: Elsevier ; 2022.
- 34 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.
- 35 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).



- 36 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).
- 37 Arauz , Scodellaro C, Pintos. Atlas de Hematología Veterinaria. Primera ed. La Plata . Argentina: Editorial de la Universidad La Plata; 2010.
- 38 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).
- 39 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).
- 40 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 Bogotá. 2013; 25(1).
- 41 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).
- 42 Harvey W. Hematología Veterinaria. Primera ed. Harvey JW, editor. San Luis , Misuri : . Copyright © 2012 Saunders, un sello de Elsevier Inc.; 2015.
- 43 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).
- 44 Layton-Tovar C. Factores de pronóstico en leucemia linfoblástica aguda pediátrica: . posibles marcadores moleculares. Revista de Medicina e Investigación. 2015; 3(1: 85 - 91).
- 45 Castro Frías E. Indicadores clínicos y sanguíneos en vacas autóctonas criadas en sistema . extensivo. Revista electrónica de Veterinaria. 2017 ; 18(12).
- 46 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).
- 47 Hernández Rego , Castillo González. El volumen medioplaquetario: su importancia en la . práctica clínica. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia. 2022; 38(1).
- 48 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).
- 49 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.
- 50 Vásquez Santiago M. Plaquetas y enfermedad tromboembólica: Aspectos genéticos, . biológicos y clínicos. Tesis Doctoral. Barcelona - España: Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Medicina.
- 51 INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática. INEI. [Online]; 2012. Acceso 15 de . 08de 2023. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/resultados.pdf>.



ANEXOS





Fig. 1. Selección de alpacas (*Vicugna pacos*)



Fig. 2. Diagnóstico de preñez en alpacas



Fig. 3. Hemostasia y extracción de sangre



Fig. 4. Extracción de muestra sanguínea con tubo vacutainer

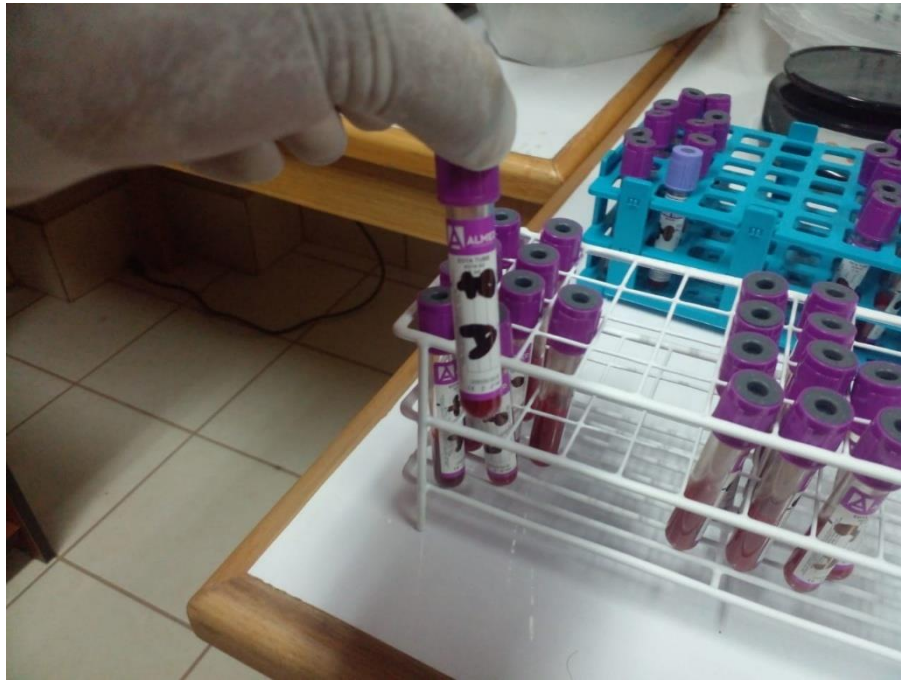


Fig. 5. Inicio de análisis en laboratorio de hematología de la UNAMBA



Fig. 6. Encendido del analizador hematológico veterinario



Fig. 7. Homogenizado de la muestra, antes de la lectura



Fig. 8. Lectura de muestras

Reporte Analisis			
ID:00000000011			
Master:			
Animal:VICUÑA			
Pat. Name:alpaca hembra 2			
Tel.:			
Hora:25/08/2024 16:10			
Param.	Result.		Info
LEU	7.22	10 ³ /uL	L
LIN%	28.47	%	
MON%	4.29	%	
NEU%	65.16	%	
EOS%	1.22	%	
BASO%	0.86	%	
LIN#	2.055	10 ³ /uL	
MON#	0.309	10 ³ /uL	
NEU#	4.706	10 ³ /uL	
EOS#	0.088	10 ³ /uL	L
BASO#	0.062	10 ³ /uL	
ERT	11.00	10 ⁶ /uL	H
HGB	12.5	g/dL	
HCT	26.4	%	L
VCM	24.0	fL	
HCM	11.3	pg	
CHCM	47.3	g/dL	
RDW_CV	16.2	%	H
PLQ	2583	10 ⁹ /L	H
VPM	8.7	fL	H
PDW	2.5	fL	L
PCT	2.24	%	H
P_LCR	77.58	%	H
P_LCC	2003	10 ⁹ /L	H
*NRBC%	4.53	%	
*NRBC#	0.32	10 ³ /uL	
*ALY%	0.72	%	
*ALY#	0.051	10 ³ /uL	
*LIC%	0.44	%	
*LIC#	0.031	10 ³ /uL	
ID:00000000012			
Master:			
Animal:VICUÑA			
Pat. Name:alp. hem. 3			
Tel.:			
Hora:25/08/2024 16:12			
Param.	Result.		Info
LEU	5.03	10 ³ /uL	L
LIN%	24.74	%	
MON%	5.37	%	
NEU%	69.07	%	
EOS%	0.52	%	
BASO%	0.30	%	
LIN#	1.244	10 ³ /uL	
MON#	0.270	10 ³ /uL	
NEU#	3.475	10 ³ /uL	
EOS#	0.026	10 ³ /uL	L
BASO#	0.015	10 ³ /uL	
ERT	14.83	10 ⁶ /uL	H
HGB	13.0	g/dL	
HCT	37.0	%	
VCM	25.0	fL	
HCM	8.7	pg	L
CHCM	35.1	g/dL	L
RDW_CV	17.9	%	H
PLQ	3407	10 ⁹ /L	H
VPM	8.0	fL	H
PDW	2.8	fL	L
PCT	2.72	%	H
P_LCR	72.39	%	H
P_LCC	2466	10 ⁹ /L	H
*NRBC%	3.98	%	
*NRBC#	0.20	10 ³ /uL	
*ALY%	0.78	%	
*ALY#	0.039	10 ³ /uL	
*LIC%	0.46	%	
*LIC#	0.023	10 ³ /uL	

Fig. 9. Ticket de reporte de análisis hematológico en alpacas Huacaya hembras

Reporte Analisis				Reporte Analisis			
ID:00000000022				ID:00000000023			
Master:				Master:			
Animal:VICUÑA				Animal:VICUÑA			
Pat. Name:alp.macho 2				Pat. Name:alp.macho 3			
Tel.:				Tel.:			
Hora:25/08/2024 16:37				Hora:25/08/2024 16:40			
Param.	Result.		Info	Param.	Result.		Info
LEU	6.84	10 ³ /uL	L	LEU	6.62	10 ³ /uL	L
LIN%	43.50	%		LIN%	31.04	%	
MON%	6.20	%		MON%	5.53	%	
NEU%	47.90	%		NEU%	62.41	%	
EOS%	1.74	%		EOS%	0.84	%	
BASO%	0.66	%		BASO%	0.18	%	
LIN#	2.975	10 ³ /uL		LIN#	2.054	10 ³ /uL	
MON#	0.424	10 ³ /uL		MON#	0.366	10 ³ /uL	
NEU#	3.277	10 ³ /uL	L	NEU#	4.134	10 ³ /uL	L
EOS#	0.119	10 ³ /uL	L	EOS#	0.055	10 ³ /uL	L
BASO#	0.045	10 ³ /uL		BASO#	0.011	10 ³ /uL	
ERT	14.84	10 ⁶ /uL	H	ERT	17.30	10 ⁶ /uL	H
HGB	16.3	g/dL		HGB	18.7	g/dL	
HCT	36.9	%		HCT	47.7	%	
PCV	24.9	fL		VCM	27.6	fL	
HCM	10.9	pg		HCM	10.8	pg	
CHCM	44.1	g/dL		CHCM	39.2	g/dL	L
RDW_CV	15.6	%		RDW_CV	13.2	%	H
PLQ	3492	10 ⁹ /L	H	PLQ	2324	10 ⁹ /L	H
VPM	8.1	fL	H	VPM	7.8	fL	H
PDW	2.5	fL	L	PDW	2.5	fL	L
PCT	2.82	%	H	PCT	1.81	%	H
P_LCR	73.50	%	H	P_LCR	70.92	%	H
P_LCC	2566	10 ⁹ /L	H	P_LCC	1648	10 ⁹ /L	H
*NRBC%	1.90	%		*NRBC%	1.18	%	
*NRBC#	0.12	10 ³ /uL		*NRBC#	0.07	10 ³ /uL	
*ALY%	0.00	%		*ALY%	1.12	%	
*ALY#	0.000	10 ³ /uL		*ALY#	0.074	10 ³ /uL	
*LIC%	0.62	%		*LIC%	0.34	%	
*LIC#	0.042	10 ³ /uL		*LIC#	0.022	10 ³ /uL	

Fig. 10. Ticket de reporte de análisis hematológico en alpacas Huacaya macho

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

INSTRUMENTO N° 1

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LAS CONSTANTES FISIOLÓGICAS DE ALPACAS HUACAYA MACHOS

N°	Temperatura corporal °C	Frecuencia cardiaca lat/min	Frecuencia de pulso pul/min	Frecuencia respiratoria resp/min
1	37.9	63	72	23
2	37.6	77	77	28
3	38.5	68	78	20
4	37.5	65	70	19
5	37.7	78	79	25
6	38.1	73	77	27
7	38.3	70	79	21
8	37.5	71	73	27
9	37.9	77	78	22
10	37.7	78	78	21
11	37.6	75	78	26
12	37.5	79	75	22
13	37.6	77	74	27
14	37.9	71	79	29
15	37.7	77	73	26
16	37.8	69	74	25
17	37.6	72	76	22
18	38.3	68	71	20
19	38.6	71	77	24
20	37.6	74	79	26

Fig. 11. Constantes fisiológicas en alpacas Huacaya macho

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

INSTRUMENTO N° 1

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LAS CONSTANTES
 FISIOLÓGICAS DE ALPACAS HUACAYA HEMBRAS**

N°	Temperatura corporal °C	Frecuencia cardiaca lat/min	Frecuencia de pulso pul/min	Frecuencia respiratoria resp/min
1	37.8	72	66	28
2	37.5	69	75	22
3	38.1	75	68	24
4	37.6	64	69	27
5	37.7	69	72	23
6	37.6	68	70	26
7	37.9	67	66	28
8	37.5	66	74	21
9	37.8	68	78	24
10	38.5	73	71	26
11	38.2	75	73	28
12	37.9	71	68	26
13	37.7	72	68	25
14	37.5	75	74	26
15	38.3	68	71	22
16	37.7	66	68	20
17	38.5	72	73	27
18	37.6	77	75	28
19	37.9	69	70	27
20	37.7	64	69	25

Fig. 12. Constantes fisiológicas en alpacas Huacaya hembra