

ANÁLISIS HEMATOLÓGICO RETROSPECTIVO EN BOVINOS MUESTREADOS EN
EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL, NARIÑO

ANDRÉS FELIPE IBARRA RUIZ
JESSICA JERALDINE MERA SOLARTE

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
SAN JUAN DE PASTO
2021

ANÁLISIS HEMATOLÓGICO RETROSPECTIVO EN BOVINOS MUESTREADOS EN
EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL, NARIÑO

ANDRÉS FELIPE IBARRA RUIZ
JESSICA JERALDINE MERA SOLARTE

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO

Directora
KATIA LUZ ANDREA BENAVIDES ROMO
M.V., Esp., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
SAN JUAN DE PASTO
2021

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”.

Artículo 1° del Acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación.

Katia Luz Andrea Benavides Romo
Directora

Guillermo Arturo Cárdenas Caycedo
Jurado delegado

Bolívar Lagos Figueroa
Jurado evaluador

San Juan de Pasto, enero de 2021

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	14
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	21
4.1 HEMATOPOYESIS.....	21
4.1.1 Eritrocitos..	21
4.1.1.1 Eritropoyesis.....	23
4.1.1.2 Parámetros de glóbulos rojos.	23
4.1.1.3 Hematocrito (HCT)	24
4.1.1.4 Recuento de glóbulos rojos (GR).	24
4.1.1.5 Hemoglobina (Hgb).....	24
4.1.1.6 Índices eritrocitarios:.....	25
4.1.1.7 Morfología de glóbulos rojos.....	26
4.1.1.8 Patología clínica.	29
4.1.2 Leucocitos.	33
4.1.2.1 Leucopoyesis.....	33
4.1.2.2 Interpretación del leucograma..	35
4.1.3 Plaquetas.	42
4.1.3.1 Trombopoyesis..	42
4.1.3.2 Hemostasia primaria.....	43
4.1.3.3 Recuento de plaquetas.	43
4.1.3.4 Morfología plaquetaria.....	44
4.1.3.5 Alteraciones plaquetarias..	45
4.2 DETERMINACIÓN DE HEMOPARÁSITOS.	46
4.3 RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA.....	48
4.3.1 Toma de muestra sanguínea.....	48
4.3.2 Venopunción en vena coccígea..	49
4.3.3 Extendido de sangre.....	50
4.3.4 Tinción de Wright y Giemsa	51
4.3.5 Muestra de sangre en capilar.	51
5. DISEÑO METODOLOGICO.....	52
5.1 TIPO DE ESTUDIO	52
5.2 LOCALIZACIÓN	52

5.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO	53
5.4 TAMAÑO DE MUESTRA.....	54
5.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	55
5.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	55
5.7 VARIABLES DEL ESTUDIO	56
5.7.1 Cuantitativa.	56
5.7.2 Cualitativa.....	56
5.8 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	56
5.8.1 Toma de muestra sanguínea y procesamiento de muestras.....	56
5.8.2 Procesamiento de datos.....	56
5.8.3 Valores de referencia.	56
6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	58
6.1 ANALISIS DEL HEMOGRAMA.....	59
6.1.1 Análisis de la línea roja.....	62
6.1.1.1 HTC, VCM, CHCM.....	66
6.1.1.2 Anemia.....	67
6.1.2 Análisis de la línea blanca..	71
6.1.3 Análisis de la línea plaquetaria..	81
6.2 SEROPREVALENCIA DE HEMOPARÁSITOS.	83
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
7.1 CONCLUSIONES	86
7.2 RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA	85

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Vista general de la hematopoyesis	22
Figura 2. Vista general de la eritropoyesis.	23
Figura 3. Células rojas normales de bovino.	26
Figura 4. Proceso de formación de los leucocitos.	34
Figura 5. Apariencia normal en leucocitos en vaca.	35
Figura 6. Frotis de sangre bovina: Neutrófilo maduro.	36
Figura 7. Variación sustancial en tamaño y apariencia de linfocitos bovinos.	38
Figura 8. Morfología normal de un monocito.	39
Figura 9. Eosinófilo bovino.	40
Figura 10. Basófilo bovino.	41
Figura 11. Vista general de la trombopoyesis.	42
Figura 12. Agregado plaquetario en sangre de bovino.	44
Figura 13. Reconocimiento de Babesia bovis en frotis sanguíneos capilares y venosos.	47
Figura 14. Reconocimiento de Anaplasma marginale en extendidos sanguíneos.	47
Figura 15. Reconocimiento de Trypanosoma vivax en un extendido sanguíneo de un bovino.	48
Figura 16. Método de inmovilización de la cola para la obtención de muestras de sangre de la vena coccígea.	49
Figura 17. Técnica de frotis sanguíneo con portaobjetos.	50
Figura 18. Mapa del departamento de Nariño. En rojo municipio de Guachucal.	52
Figura 19. Animales cuyos valores hematológicos se encontraron	

dentro y fuera del rango de referencia.	58
Figura 20. Machos cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia.	58
Figura 21. Hembras cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia.	58
Figura 22. Animales cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia según la edad	59
Figura 23. Porcentaje de animales con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica.	60
Figura 24. Porcentaje de machos con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica.	60
Figura 25. Porcentaje de hembras con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica.	60
Figura 26. Porcentaje de animales con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica según el rango etario.	61
Figura 27. Valores de línea roja por variable en animales menores de 1 año.	62
Figura 28. Valores de línea roja por variable en animales mayores de 1 año.	62
Figura 29. Valores de línea roja por variable en machos menores de 1 año.	63
Figura 30. Valores de línea roja por variable en machos mayores de 1 año.	63
Figura 31. Valores de línea roja por variable en hembras menores de 1 año.	64
Figura 32. Valores de línea roja por variable en hembras mayores de 1 año.	64
Figura 33. Valores de línea roja por variable en animales menores de 1 año.	64
Figura 34. Valores de línea roja por variable en animales de 1-2 años.	65
Figura 35. Valores de línea roja por variable en animales de 2-3 años.	65
Figura 36. Valores de línea roja por variable en animales mayores a 3 años.	65
Figura 37. Clasificación de anemias en animales mayores a 1 año.	68

Figura 38. Clasificación de anemias en machos y hembras mayores a 1 año.	68
Figura 39. Clasificación de anemias por rango etario.	68
Figura 40. Valores de línea blanca en animales menores y mayores de 1 año.	71
Figura 41. Valores de línea blanca en machos menores y mayores de 1 año.	71
Figura 42. Valores de línea blanca en hembras menores y mayores de 1 año.	71
Figura 43. Valores de línea blanca en animales según grupo etario.	72
Figura 44. Valores de línea blanca en animales menores de 1 año.	72
Figura 45. Valores de línea blanca en animales mayores de 1 año.	73
Figura 46. Valores de línea blanca en machos menores de 1 año.	73
Figura 47. Valores de línea blanca en machos mayores de 1 año.	73
Figura 48. Valores de línea blanca en hembras menores de 1 año.	74
Figura 49. Valores de línea blanca en hembras mayores de 1 año.	74
Figura 50. Valores de línea blanca en animales menores de 1 año.	74
Figura 51. Valores de línea blanca en animales de 1-2 años.	75
Figura 52. Valores de línea blanca en animales de 2-3 años.	75
Figura 53. Valores de línea blanca en animales mayores a 3 años.	75
Figura 54. Recuento plaquetario en animales menores y mayores de 1 año.	81
Figura 55. Recuento plaquetario en machos y hembras.	81
Figura 56. Recuento plaquetario en los diferentes grupos etarios.	82
Figura 57. Seroprevalencia de hemoparásitos a nivel general.	83
Figura 58. Seroprevalencia de hemoparásitos en machos.	83
Figura 59. Seroprevalencia de hemoparásitos en hembras.	84
Figura 60. Seroprevalencia de hemoparásitos en diferentes grupos etarios.	84

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Recuento leucocitario en Bovinos raza Holstein.	35
Tabla 2. Causas de trombocitopenia en bovinos.	45
Tabla 3. División de grupos de estudio según edad y sexo	53
Tabla 4. Conformación de los grupos de estudio.	53
Tabla 5. Distribución de la población a estudio.	54
Tabla 6. Valores de referencia en novillas de 6 meses y vacas adultas sanas de la raza Holstein en altitud superior a 3.000 msnm.	57
Tabla 8. Comparación de porcentaje de animales con alteraciones en conteo leucocitario según el sexo en animales menores y mayores de 1 año	79
Tabla 9. Medias de variables hematológicas en animales menores de un año, según grupo etario y sexo.	79
Tabla 10. Medias de variables hematológicas en animales mayores a un año, según subdivisión etaria y sexo.	80

LISTA DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Morfología anormal eritrocitaria .	26
Cuadro 2. Principales causas de anemia regenerativa y no regenerativa en bovinos.	29
Cuadro 3. Clasificación de la anemia según los índices eritrocitarios.	31

ABSTRACT

To make an approach to the different diseases and a work diagnosis, there are clinical laboratory tests, which consist of taking samples from patients, processing them and interpreting their findings, with this it is possible to delimit the list of differential diagnoses for each individual. In veterinary medicine, as in human medicine, the hemogram is used as one of the main diagnostic aids, this helps the professional to direct the treatment.

On the other hand, Nariño is one of the most important dairy basins in Colombia, therefore, its milk production and guaranteeing its health is of vital importance; in the field, the hemogram helps to direct a correct diagnosis to correct pathologies present in dairy herds in time and thus avoid economic losses of the farmers. So far, in the area there are no studies of reported hematological variables, for which reason there are no epidemiological data that evidence the current situation of animal health

For this study, 1,027 animals were taken from 134 farms in 21 villages in the municipality of Guachucal (95% confidence level and a 5% margin of error), based on the results obtained through the "pilot project of sanitary excellence in dairy farming" carried out by VECOL, University of Nariño, Mayor's Office of Guachucal, UMATA de Guachucal, FEDEGAN, COLACTEOS, AGROSAVIA (CORPOICA) and ZOOLAB in 2014.

In this case, hematological variables were analyzed in bovine hemograms obtained in the aforementioned project. Blood samples were taken from the study population to analyze alterations and establish possible causes of them. After carrying out the cellular quantification of the samples taken, the data was tabulated in Excel tables, taking into account sex and the four age ranges proposed for this study. The groups formed for this study were: animals younger than 1 year and older than 1 year, males and females younger and older than 1 year, animals 1 to 2 years, 2 to 3 years and older than 3 years.

Regarding the hematological analysis, it was possible to conclude that the animals older than 3 years of age presented the greatest number of alterations such as: normochromic normocytic anemia, decreased Hgb, neutropenia, lymphocytosis, eosinophilia and thrombocytosis, the monocytes, band neutrophils and basophils did not present alterations. Additionally, the presence of haemoparasites was determined in 0.6% of the animals studied, with greater involvement in males under 1 year old and animals with ages between 2 to 3 years. These findings could be associated with: stress, early infection, hemoparasitism and changes associated with the age of the cattle studied. Additionally, it is shown that sex is not an influencing factor in the results of the hemogram, since there are no numerical differences between males and females of the different age groups.

RESUMEN

Para realizar un acercamiento a las diferentes enfermedades y un diagnóstico de trabajo, existen exámenes de laboratorio clínico, que consisten en tomar muestras de los pacientes, procesarlas e interpretar sus hallazgos, con esto se logra delimitar la lista de diagnósticos diferenciales para cada individuo. En la medicina veterinaria, como en la medicina humana, se usa el hemograma como una de las principales ayudas diagnósticas, esta ayuda al profesional a encaminar el tratamiento.

Por otra parte, Nariño es una de las cuencas lecheras más importantes de Colombia, por lo tanto, su producción lechera y el garantizar la sanidad de la misma se hace de vital importancia; en campo, el hemograma ayuda a encaminar un diagnóstico correcto para corregir a tiempo patologías presentes en los hatos lecheros y así evitar pérdidas económicas de los ganaderos. Hasta el momento, en la zona no existen estudios de variables hematológicas reportados, por lo cual no se cuenta con datos epidemiológicos que evidencien la situación actual de salud animal

Para este estudio, se tomaron 1.027 animales de 134 predios en 21 veredas del municipio de Guachucal (nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%), tomando como base los resultados obtenidos por medio del “proyecto piloto de excelencia sanitaria en ganadería de leche” realizado por VECOL, Universidad de Nariño, Alcaldía de Guachucal, UMATA de Guachucal, FEDEGAN, COLACTEOS, AGROSAVIA (CORPOICA) y ZOOLAB en el año 2014.

En este caso se analizaron variables hematológicas en hemogramas bovinos obtenidos en el proyecto anteriormente mencionado. Se tomó muestras de sangre de la población de estudio para analizar alteraciones y establecer posibles causas de las mismas. Luego de realizar la cuantificación celular de las muestras tomadas, se procedió a tabular los datos en tablas de Excel teniendo en cuenta el sexo y los cuatro rangos etarios propuestos para este estudio. Los grupos formados para este estudio fueron: animales menores de 1 año y mayores de 1 año, machos y hembras menores y mayores de 1 año, animales de 1 a 2 años, de 2 a 3 años y mayores de 3 años.

Respecto al análisis hematológico se pudo concluir que los animales mayores de 3 años de edad presentaron el mayor número de alteraciones como: anemia normocítica normocrómica, Hgb disminuida, neutropenia, linfocitosis, eosinofilia y trombocitosis, los monocitos, neutrófilos en banda y basófilos no presentaron alteración. Adicionalmente, se determinó la presencia de hemoparásitos en el 0,6% de los animales estudiados, con mayor afectación en machos menores de 1 año y animales con edades entre los 2 a 3 años. Estos hallazgos se podrían asociar a: estrés, infección temprana, hemoparasitismo y cambios asociados a la edad de los bovinos estudiados. Adicionalmente se demuestra que el sexo no es un factor influyente en los resultados del hemograma, puesto que no se presentan diferencias numéricas entre machos y hembras de los diferentes grupos etarios.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al análisis de las diferentes alteraciones hematológicas presentadas en bovinos, principalmente de la raza Holstein, en el municipio de Guachucal, Nariño. Se define alteraciones hematológicas a todos aquellos casos en los cuales valores de cada variable se encuentran aumentados o disminuidos con respecto a los intervalos de referencia establecidos para este estudio.

Guachucal, es un municipio principalmente agropecuario, con una extensa zona productora de leche, tal como lo muestran los últimos censos bovinos realizados por FEDEGAN Y SAGÁN¹, en Guachucal se concentra la mayor cantidad de bovinos productores de leche y de igual forma, es el principal productor a nivel departamental.

En Nariño, al año se tienen millones de pesos en pérdidas debido al bajo asesoramiento técnico y profesional en la zona, desconociéndose afectaciones clínicas existentes, además, de un bajo uso de pruebas diagnósticas por parte de los profesionales pecuarios. El hemograma, es una de las principales y primordiales, herramientas diagnósticas en cualquier especie, con su correcto análisis y procesamiento, se pueden identificar diversas patologías y descartar otras.

El principal interés de este trabajo es determinar el estado hematológico en los bovinos de esta zona, dado que se encuentran en condiciones de altitud, que, en la literatura, no son muy recomendadas. Además, determinar las diferentes alteraciones en cuatro grupos etarios conformados de la siguiente forma: grupo 1, animales menores a 1 año; grupo 2, entre 1 a 2 años; grupo 3, de 2 a 3 años; grupo 4, mayores a 3 años.

Todos los resultados aquí descritos tienen como base los datos obtenidos por medio del proyecto piloto de excelencia sanitaria y fueron confrontados con valores de referencia propuestos para bovinos en condición de altura clínicamente sanos.

¹ FEDEGAN y SAGÁN. Encuesta de leche (producción diaria) departamento de Nariño año 2019(mayo y junio de 2019) [en línea]. San Juan de Pasto, 2019. [Consultado: 23 de mayo de 2020]. Disponible en <https://drive.google.com/drive/folders/1QJZtrVgOdbcElplipV-tbJHw6-fEPIVR>.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El sector pecuario es de gran importancia en el departamento de Nariño, ya que, como manifiesta Bravo² el 47% de la población del departamento se encuentra ubicada en las zonas rurales. De igual forma, Bravo expresa que, “en cuanto a la producción de leche, el departamento de Nariño ha tenido un crecimiento, convirtiéndose en una cuenca lechera de gran importancia en el país. En el departamento, la ganadería es el sector más importante, aporta un 27% del PIB agropecuario; genera 90.000 empleos directos y un sin número de indirectos; cerca de 160.000 personas derivan su sustento del negocio de la ganadería de leche en Nariño”³. El Conpes 3876 determina que “Nariño es la región 4 en producción de leche a nivel nacional, la cual aporta el 7% de la producción de leche en el país, en este mismo grupo se encuentra Cauca, Valle del Cauca, Tolima, Huila, Meta, Orinoquía y Amazonia”⁴.

Benavides, alcalde de Guachucal en 2013, denota que “la economía del municipio de Guachucal se basa principalmente en la actividad agropecuaria, siendo la producción de leche y sus derivados el primer renglón”⁵; lo anterior apoyado en los resultados de la encuesta de leche realizada por Fedegan y Sagán⁶ que posiciona a Guachucal como el principal productor de leche a nivel departamental, con una producción de 153.975 litros/día, correspondiente al 16,5% de la producción del departamento hasta el año 2019, consolidándose, así como el primer productor lechero de Nariño.

En el año 2014, el municipio de Guachucal contaba con 29.407 cabezas de ganado repartidas en 3.216 predios, es decir, un promedio de 9,14 bovinos por predio, número que hasta 2019 ha incrementado en 31.536 animales en 3.595 predios con un promedio de 8,7 bovinos por predio, según el último censo agropecuario. De esta población bovina, en el año 2014 el 89.4% de los animales estaban destinados a la producción de leche, mientras que para el 2019 este porcentaje disminuyó hasta el 79,8%, aunque la

² BRAVO, Eudoro. Contexto regional de la ganadería en Nariño [en línea]. En: Foros regionales de ganadería sostenible: región Nariño. (15 de noviembre de 2017: San Juan de Pasto). Memorias. P. 4. [Consultado: 23 de mayo de 2020]. Disponible en <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2017/11/Relator%C3%ADa-Foro-Ganader%C3%ADa-Sostenible-Pasto.pdf>.

³ Ibid., p. 5.

⁴ REPUBLICA DE COLOMBIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Documento Conpes 3876: Consolidación de la política sanitaria y de inocuidad para las cadenas láctea y cárnica [en línea]. Bogotá D.C., 19 de julio de 2010. p. 11. [Consultado: 23 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.ica.gov.co/getattachment/3b31038a-72ba-40f9-a34d-cecd89015890/2010cp3676.aspx>.

⁵ BENAVIDES, José. Comunicado de pequeños productores de leche del municipio de Guachucal, Nariño. En: Federación colombiana de municipios [en línea]. Bogotá D.C., 11 de marzo de 2013. [Consultado: 23 de mayo de 2020]. Disponible en https://www2.fcm.org.co/index.php?id=89&no_cache=1&L=2&tx_ttnews%5Bpointer%5D=38&tx_ttnews%5Btt_news%5D=12377&tx_ttnews%5BbackPid%5D=86&cHash=b76b3d7bffb2538493be8c02321a6564.

⁶ FEDEGAN y SAGÁN, Op. Cit.

producción de leche diaria ha aumentado con respecto al año 2014 (131.142 litros/día), la producción de leche no ha decrecido debido al mejoramiento genético observado en el promedio de producción por vaca de 10,1¹⁷ a 10,9¹⁴ litros/vaca/día, para el año 2014 y 2019 respectivamente, superior al promedio nacional.^{7 8 9}

Pinto afirma que, “en Colombia, solo el 20% de las granjas lecheras cuentan con más de 15 animales, mientras que el 80% de los productores cuentan con menos (minifundios)”¹⁰. Esta situación se evidencia en Guachucal, ya que Contexto ganadero reporta que “el 96% de la ganadería se concentra en minifundios”¹¹, los cuales tienen escasos recursos para acceder a asesoramiento técnico profesional que eduque en la prevención de enfermedades que conllevan a pérdidas en producción y consecuentes pérdidas económicas que llevan la quiebra a estas pequeñas, pero importantes, productoras de leche.

Mediante los Conpes 3741, 3804 y 3826, se destinaron parte de las utilidades de VECOL S.A. para el fomento, la transformación y competitividad del sector agropecuario, estos recursos fueron para el desarrollo de proyectos piloto en las zonas de excelencia sanitaria declaradas por el ICA en el Conpes 3676 de 2010, donde se incluye a Nariño como cuenca lechera de importancia y se realiza el proyecto piloto en Guachucal, al ser el mayor productor de leche en el departamento.

Por esta razón, es importante conocer el estado sanitario de los bovinos destinados a la producción de leche con el fin de corregir en lo posible estas alteraciones por medio de asesoría médico veterinaria. Dentro de las ayudas diagnósticas más asequibles y rutinarias está el hemograma, esta, con una correcta interpretación, aporta mucha información para el diagnóstico de diferentes enfermedades que van desde enfermedades carenciales, parasitarias e infecciosas.

⁷ FEDEGAN e ICA. Censo final: predios según número de bovinos departamento de Nariño y Putumayo - año 2014 [en línea]. Bogotá D.C., 2014. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en https://drive.google.com/drive/folders/16q7sSA1IHMIG_TV4ayrfcP594khJJrHq.

⁸ FEDEGAN e ICA. Censo final: predios según número de bovinos/bufalinos del departamento de Nariño y Putumayo - año 2019 [en línea]. Bogotá D.C., 2019. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en https://drive.google.com/drive/folders/16q7sSA1IHMIG_TV4ayrfcP594khJJrHq.

⁹ FEDEGAN y SAGÁN. Encuesta de leche (producción diaria) departamento de Nariño año 2014 (noviembre y diciembre de 2014) [en línea]. San Juan de Pasto, 2014. [Consultado: 23 de mayo de 2020]. Disponible en <https://drive.google.com/drive/folders/1QJZtrVgOdbcElplipV-tbJHw6-fEPIVR>.

¹⁰ PINTO, Andrés. Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado [en línea]. Agronegocios e industria alimentaria, UNIANDES. 22 de septiembre de 2017. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/>.

¹¹ CONTEXTO GANADERO. Nariño, cuenca lechera fortalecida por el Fondo Nacional del Ganado [en línea]. Bogotá D.C. 11 de agosto de 2015. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/narino-cuenca-lechera-fortalecida-por-el-fondo-nacional-del-ganado>.

Es indispensable la correcta interpretación de los resultados obtenidos al compararlos con valores de referencia en condiciones similares de altitud, clima y raza, dado que muchas veces los resultados son comparados con valores de referencia en condiciones completamente diferentes a las de la población de estudio, lo que conlleva a realizar diagnósticos errados. Además, otro de los grandes retos para la región es el sub diagnóstico de enfermedades por parte de los profesionales, dado que la mayoría trata síntomas y no enfermedades, lo que conlleva a reaparición de cuadros clínicos agravados que culminan con el retiro del animal de producción. El hemograma es una prueba que permite realizar medicina preventiva, con el fin de prevenir enfermedades y descubrir otras, por lo tanto, es indispensable para el diagnóstico, control, pronóstico y evolución del animal.

Por lo tanto, con el presente estudio se busca identificar las principales alteraciones hematológicas en los bovinos lecheros del municipio de Guachucal, Nariño y su posible relación con anomalías clínicas y subclínicas en bovinos de producción lechera, además de proporcionar las bases para el diagnóstico de enfermedades y el desarrollo de futuras investigaciones en pro de la salud y bienestar animal.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las cuencas lecheras más importantes del país según Fedegan¹² son la zona Atlántica con un 38% de la producción nacional seguida por la zona occidental en un 30%, zona central del país con el 20% y la zona Pacífica 6%, “son cuencas del trópico alto, con leche especializada, conformada por los departamentos de Valle del Cauca, Nariño, Cauca, y Alto Putumayo; Esta zona está conformada por tres tipos de productores: el minifundio (indígenas y campesinos), los medianos productores y un pequeño número de productores grandes”¹³.

Según Fabio Trujillo Benavides, presidente de la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño, SAGAN, en el 99 % de las fincas predomina la raza Holstein, seguida de los hatos Normando y en menor proporción de la Jersey”¹⁴, lo cual da soporte a “el inventario del hato bovino en el departamento del sur con 379 mil 422 cabezas, de acuerdo a las estadísticas consolidadas hasta 2014 por la Oficina de Planeación del Fondo Nacional del Ganado, lugar donde se estableció que se acopian entre 800 y 900 mil litros diarios de leche y el 96 % de la ganadería se concentra en minifundios”¹⁵.

Con todo, se pone en evidencia la necesidad de conocer el trasfondo en estos grandes hatos lecheros, sus enfermedades recurrentes que afectan la producción y sobre todo sus métodos diagnósticos más usados. Dentro de la ganadería las enfermedades han representado un factor importante porque disminuyen la producción, sobre todo cuando carecen de diagnóstico oportuno de las mismas.

Los veterinarios hoy en día cuentan con la posibilidad de apoyarse en diferentes ayudas diagnósticas, para definir o acortar su lista de diagnósticos diferenciales y con esto dirigir un tratamiento específico; el hemograma es un análisis de sangre completo, ya que evalúa glóbulos rojos, glóbulos blancos, hematocrito, hemoglobina y plaquetas; esta prueba es capaz de determinar el estado general de salud y hace parte de las ayudas complementarias más usadas por el personal veterinario, debido a su “alto grado de fiabilidad, resultados rápidos y su bajo costo”¹⁶ además “permite determinar normalidad, cambios fisiológicos, alteraciones asociadas a enfermedades no hematológica o trastornos hematológicos como tal pero cabe resaltar que el verdadero

¹² FEDEGAN, Cuencas lecheras más importantes en Colombia [en línea]. [Consultado: 8 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.thinglink.com/scene/670324748017729537>

¹³ Ibid.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ HUERTA, Jorge y CELA, Elena. Hematología práctica: interpretación del hemograma y de las pruebas de coagulación. En: Actualización en pediatría [en línea]. Madrid: Lúa Ediciones 3.0, 2018, p. 507-526. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.aepap.org/sites/default/files/507-526_hematologia_practica.pdf.

valor del hemograma es su correcta interpretación y correlación con una historia clínica detallada y completa del paciente”¹⁷;

Para la correcta interpretación del hemograma es necesario conocer y diferenciar aspectos importantes, cualitativos y cuantitativos de los componentes sanguíneos, los cuales presentan una variación de acuerdo a la especie, raza, tipo de producción, edad y ubicación geográfica.

En la práctica el veterinario se debe adaptar a las decisiones del propietario y a las condiciones que se presentan en campo, en repetidas ocasiones el propietario decide no acceder a las pruebas diagnósticas, porque requiere tratamientos a bajo costo y corto plazo, en lugar de tratamientos definitivos, que impliquen pérdida de tiempo y recursos, lo cual se evidencia, ya que generalmente la toma y procesamiento de muestra es muy dispendiosa, pues implica desplazarse hasta los laboratorios; al no contar con la salud total de los animales, la producción del hato se ve afectada, tendrán un rendimiento medio o bajo, por lo tanto la economía también descende, de aquí nace la necesidad de darle mayor importancia a los diagnósticos acertados anclados de un estudio que permita conocer valores de referencia adecuados, que corrobore que se han venido interpretando hemogramas con rangos de referencia inadecuados ¹⁸.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ VASSILIADES, Carolina. Importancia de los estudios complementarios. Análisis clínicos y diagnósticos veterinarios. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/estudios_complementarios.pdf.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar análisis retrospectivo de las variables hematológicas en hemogramas bovinos muestreados dentro del proyecto piloto de excelencia sanitaria en ganadería de leche entre junio y agosto de 2014 en el municipio de Guachucal, Nariño.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar las variables hematológicas generales del eritrograma, leucograma, conteo plaquetario y prevalencia de hemoparásitos en bovinos muestreados dentro del proyecto piloto Guachucal, Nariño
- ❖ Determinar las variables hematológicas del eritrograma, leucograma, conteo plaquetario y prevalencia de hemoparásitos en bovinos muestreados dentro del proyecto piloto Guachucal, Nariño teniendo en cuenta el sexo.
- ❖ Determinar las variables hematológicas del eritrograma, leucograma, conteo plaquetario y prevalencia de hemoparásitos en bovinos muestreados dentro del proyecto piloto Guachucal, Nariño, teniendo en cuenta la clasificación etaria (menores a 1 año, de 1 a 2 años, de 2 a 3 años y mayores de 3 años).

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

La hemopoyesis o hematopoyesis, como lo indica Trompetero, “es el proceso de formación, desarrollo y maduración de los elementos sanguíneos (eritrocitos, leucocitos y trombocitos); abarca la eritropoyesis (eritrocitos), leucopoyesis (leucocitos) y trombopoyesis (trombocitos), estos procesos se realizan diariamente en los animales, siendo sus cantidades específicas para las necesidades fisiológicas, cualquier variación en las mismas es indicador de anormalidades corporales”¹⁹.

4.1 HEMATOPOYESIS

Jardon²⁰ explica que la Hematopoyesis es un proceso por el cual se da origen a las células sanguíneas a partir de una célula madre pluripotencial (figura 1), este proceso se lleva a cabo en diferentes órganos en ciertas etapas del desarrollo del individuo, estos órganos son conocidos como hematopoyéticos. En la etapa intrauterina la hematopoyesis se da en el saco vitelino, el hígado, en el bazo y la medula ósea, siendo este el principal órgano hematopoyético antes del nacimiento. En la vida post natal, la hematopoyesis se restringe a la medula ósea roja, aunque el hígado y el bazo conservan su potencial hematopoyético, a pesar de estar inactivos. Una vez el individuo alcanza la madurez, la medula ósea roja es reemplazada por la medula ósea amarilla y el proceso de hematopoyesis se da en los huesos planos y en la epífisis de los huesos largos.

4.1.1 Eritrocitos. Rave y Trheebilcock explican que “el eritrón está conformado por la masa de eritrocitos, o glóbulos rojos, circulantes”²¹; y, como lo explica Jones y Allison, “los eritrocitos se producen en la médula ósea como respuesta a los niveles séricos de eritropoyetina, producida principalmente a nivel renal”²². Jones et al.²³, Rave et al.²⁴ y Mondragón et al.²⁵ explican que la principal función de los eritrocitos dentro del

¹⁹ TROMPETERO, Andrea. Comportamiento de los indicadores de eritropoyesis y el estado del hierro en población universitaria colombiana a diferentes alturas [en línea]. Maestría tesis. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina. Departamento de ciencias fisiológicas. 2014, p. 16. [Consultado: 19 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51857?show=full>.

²⁰ JARDON, Genaro. Hematopoyesis. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 25-26. [Consultado: 9 de mayo de 2020].

²¹ RAVE, Gustavo y TRHEEBILCOCK, Enrique. Valores hematológicos en Bovinos del Valle del Sinú. Contribución del Programa Nacional de Patología-Toxicología. Instituto Colombiano agropecuario. En: Revista ICA [en línea]. Bogotá, Colombia, junio, 1980 vol. 15, nro. 2, p. 91. [Consultado: 24 de marzo de 2020]. CK-ISSN 0018-8794.

²² JONES, Meredyth y ALLISON, Robin. Evaluation of the ruminant complete blood cell count. En: Vet Clin Food Anim [en línea]. Elsevier Inc., 2007, vol. 23, p. 378. [Consultado: 24 de marzo de 2020]. DOI 10.1016/j.cvfa.2007.07.002.

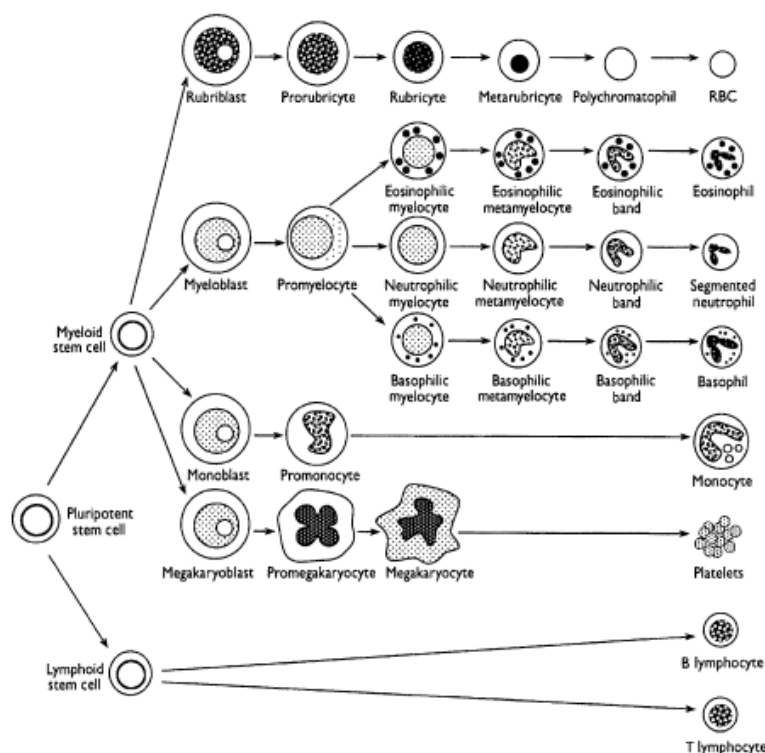
²³ Ibíd.

²⁴ RAVE. Op. Cit.

²⁵ MONDRAGON, Rosa y ROBLES, Patricia. Eritrocitos. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 33. [Consultado: 3 de marzo de 2020].

organismo es el intercambio gaseoso, transportando oxígeno y dióxido de carbono en su estructura hemo. Mondragón et al. afirma, “los eritrocitos maduros no contienen ADN ni ARN. Están compuestos en un 65% de agua y 35% de hemoglobina, enzimas, carbohidratos y otras sustancias como minerales. El estroma tiene una forma de disco bicóncavo anucleado, en la especie bovina tiene un diámetro de 5,5 micrómetros”²⁶ y, “bajo condiciones fisiológicas, la vida media de un eritrocito en un bovino adulto es de 160 días”²⁷, como lo afirma Benavides.

Figura 1. Vista general de la hematopoyesis



Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Vista general de la hematopoyesis [Imagen]. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 1. [Consultado el 13 de mayo de 2020].

Rave et al. dice, “circunstancias como, respuestas fisiológicas y patologías pueden causar alteraciones en el eritrón evidenciadas en hipertrofia o atrofia, dilución o

²⁶ Ibíd.

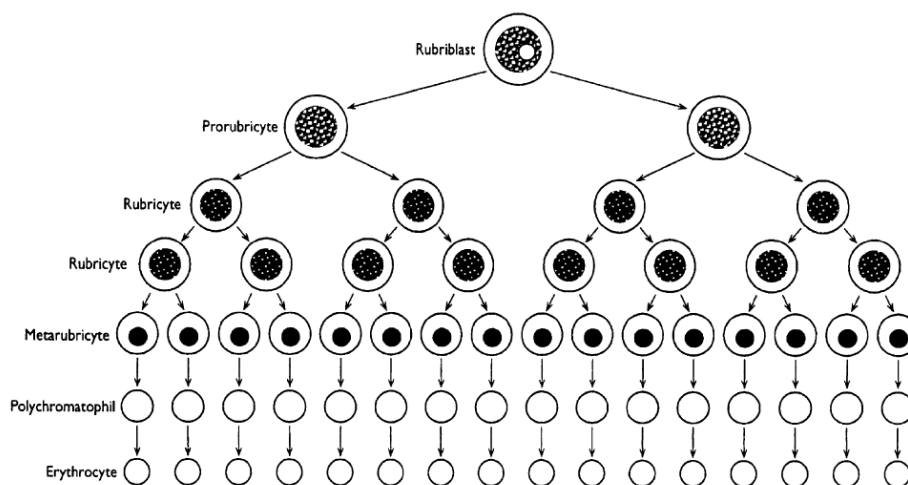
²⁷ BENAVIDES, Janeth. Eritrocitos [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 97 diapositivas. [Consultado: 06 de mayo de 2020].

concentración de los niveles eritrocitarios normales, además de la presencia de formas eritrocitarias inmaduras”²⁸.

El proceso fisiológico por el cual se da origen a la línea roja, o eritrón, se conoce como eritropoyesis.

4.1.1.1 Eritropoyesis. Mondragón et al.²⁹ explica, los eritrocitos provienen de una célula indiferenciada pluripotencial, la cual en la médula ósea produce células unipotenciales que darán origen a los eritrocitos, granulocitos y monocitos. Los eritrocitos son producidos por división mitótica siguiendo una secuencia de maduración definida, iniciando como rubriblasto, el cual puede dar origen de 8 a 16 células maduras, prorubricito, rubricito basófilo, rubricito policromático, rubricito normocrómico, metarubricito, reticulocito y eritrocito maduro, como se muestra en la figura 2. Proporcional a la maduración las células se hacen más pequeñas, su núcleo se condensa y desaparece, y su citoplasma cambia de azul oscuro a rojo naranja.

Figura 2. Vista general de la eritropoyesis.



Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Vista general de la hematopoyesis [Imagen]. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 3. [Consultado el 13 de mayo de 2020].

4.1.1.2 Parámetros de glóbulos rojos. La evaluación completa de la línea roja, eritrograma, debe incluir la determinación de: hematocrito (HCT), recuento de glóbulos rojos, hemoglobina (Hgb), índices eritrocitarios: Volumen Corpuscular Medio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Media (HCM), Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM) y el análisis citológico en placa del extendido sanguíneo. Los valores de

²⁸ RAVE, Op. cit., p. 91.

²⁹ MONDRAGON, Op. cit., p. 30-32.

referencia de estos parámetros en condiciones similares a las del estudio se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de referencia en bovinos a una altura de 3876 msnm.

Variable	Valor de referencia
HTC (%)	33 – 43
GR (10 ⁶ /ul)	4,5 - 9,3
Hgb (g/dl)	11,9 - 14,7
VCM (ft)	36,9 - 75,8
HCM (pg)	12,2 - 27,2
CHCM (g/dl)	29,9 - 38,7

Fuente: TICONA, Henry. Valores nuevos encontrados de la serie roja en bovinos a 3786 msnm [Tabla]. Determinación de valores de serie roja y serie blanca en bovinos (*Bos taurus*) de la raza Holstein adaptados a la altura, en la estación experimental Choquenaira. En: Revista Estudiantil Agro-Vet [en línea]. Julio – diciembre, 2018, vol. 2, nro. 2, p. 194. [Consultado: 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/304>. ISSN 2523-2037.

4.1.1.3 Hematocrito (HCT). Mondragón et al.³⁰ y Jones et al.³¹ coinciden explicando que el HCT se determina mediante centrifugación de sangre en un tubo de microhematocrito. Este valor indica el porcentaje de eritrocitos por volumen de sangre, además, proporciona información valiosa antes de la evaluación completa del paquete celular sanguíneo. Una disminución de los niveles eritrocitario es conocido como anemia y un aumento de estos es conocido como policitemia.

4.1.1.4 Recuento de glóbulos rojos (GR). Jones et al. comenta que “el recuento de glóbulos rojos (GR) hace referencia al número absoluto de eritrocitos por microlitro de sangre. Este valor, al igual que el HTC pueden verse disminuidos falsamente debido a la hemólisis in vitro”³², por lo cual las muestras deben ser conservadas en óptimas condiciones y procesadas lo más pronto posible.

4.1.1.5 Hemoglobina (Hgb). La Hgb, como lo explica Jones et al. “es una proteína formada por cuatro cadenas de globina, unidas por un grupo hemo (donde se contiene un ion ferroso); esta molécula proporciona el pigmento rojo del eritrocito, además, es la encargada de transportar el oxígeno de los pulmones a los tejidos y el dióxido de carbono en dirección opuesta, participando de este modo en el proceso de equilibrio ácido-base”³³. Benavides explica que “los niveles de Hgb se determinan mediante el

³⁰ Ibíd., p. 32.

³¹ JONES, Op. cit., p. 379.

³² Ibíd.

³³ MONDRAGON, Op. cit., p. 36-37.

método espectrofotométrico de cianometahemoglobina, el cual presenta un margen de error del 2%. Este método consiste en la adición de una solución ferrocianuro de potasio – cianuro de potasio; el ferrocianuro de potasio convierte el hierro de la hemoglobina del estado ferroso al férrico, formando así metahemoglobina, que posteriormente se une al cianuro de potasio para producir la cianometahemoglobina, un pigmento estable”³⁴.

4.1.1.6 Índices eritrocitarios: VCM, HCM y CHCM. Jones et al. señala, “el VCM, la HCM y la CHCM son características que indican el tamaño celular promedio, el contenido de Hgb celular y la concentración promedio de Hgb dentro del eritrocito, respectivamente, ayudando en el diagnóstico diferencial de la anemia y elección de una terapia adecuada”³⁵. “Estos valores son calculados a partir del HTC, la Hgb y el GR, de la exactitud de estos datos depende la validez de los índices eritrocitarios calculados”³⁶ sostiene Mondragón et al.

Las fórmulas por las cuales se calcula los índices eritrocitarios son las siguientes.

$$\text{VCM} = \frac{\text{HTC} \times 10}{\text{GR}} \quad \text{HCM} = \frac{\text{Hgb} \times 10}{\text{GR}} \quad \text{CHCM} = \frac{\text{Hgb} \times 100}{\text{HTC}}$$

La disminución del VCM se conoce como microcitosis; un aumento como macrocitosis y los niveles normales como normocitosis. Jones et al. sostiene que “en terneros sanos se puede observar una microcitosis en comparación con los valores normales en adultos”³⁷.

Los términos para referirse a niveles bajos, normales y altos de CHCM son hipocrómico, normocrómico e hiperocrómico, respectivamente; aunque no existe una hiperocromasia real. La hipocromasia se observa en cuadros de anemia fuertemente regenerativa, debido a la presencia de eritrocitos inmaduros (policromatofilos), y también en anemia por deficiencia de hierro. Los valores superiores a los parámetros indican error en la medición del HCT o de la Hgb o por la presencia de hemolisis únicamente in vivo, lipemia, hiperproteinemia o leucocitosis marcadas, o muchos cuerpos de Heinz³⁸.

En terneros de menos de 5 semanas de edad los niveles de CHCM son bajos en comparación con los niveles en adultos; entre las 10 a 12 semanas alcanzan valores normales en adultos³⁹.

³⁴ BENAVIDES, Janeth. Hematología: Pruebas básicas [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 118 diapositivas. [Consultado: 06 de mayo de 2020].

³⁵ JONES, Op. cit., p. 379.

³⁶ MONDRAGON, Op. cit., p. 39.

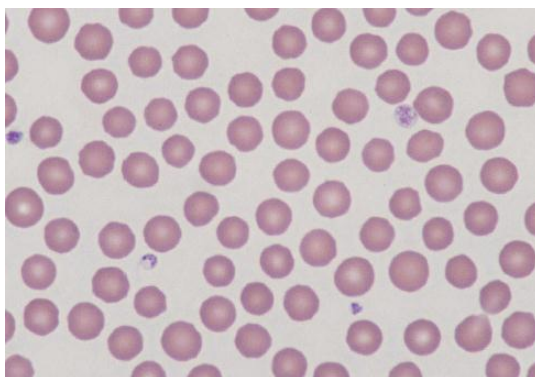
³⁷ JONES. Op. Cit.

³⁸ Ibíd.

³⁹ BRUN-HANSEN, Hege; KAMPEN, Annette y LUND, Arve. Hematologic values in calves during the first 6 months of life. En: Vet Clin Pathol [en línea]. Wiley-Blackwell, 2006, vol. 35, nro. 2, p. 182-187. [Consultado: 24 de marzo de 2020]. DOI 10.1111/j.1939-165X.2006.tb00111.x.

4.1.1.7 Morfología de glóbulos rojos. Brun-Hansen, Kampen y Lund reportan que “los eritrocitos normales en la especie bovina son discoides no nucleados y carecen de la palidez central, presente en otras especies” ⁴⁰ (figura 3). Mondragón et al. ⁴¹ complementa que, en comparación con otras especies, son más pequeños al tener un diámetro medio de 5,5 micrómetros.

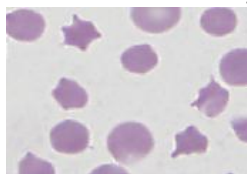
Figura 3. Células rojas normales de bovino.



Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Vista general de la hematopoyesis [Imagen]. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 12. [Consultado el 13 de mayo de 2020].

Las diferentes formas anómalas y sus características se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Morfología anormal eritrocitaria ^{42 43}.

Forma	Características morfológicas	Causas	Imagen
Acantocitos	Glóbulos rojos con proyecciones de membrana espaciadas irregulares de longitud variable.	Anormalidades en la membrana lipídica, asociadas a enfermedad hepática.	

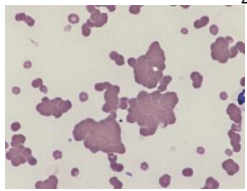
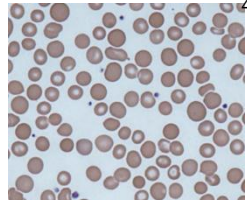
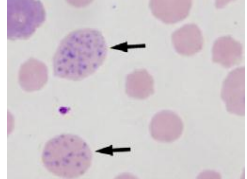
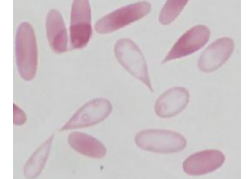
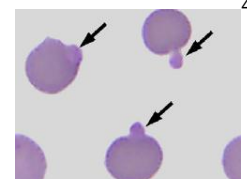
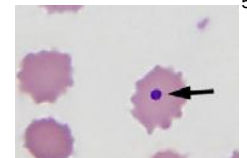
⁴⁰ JONES, Op. cit., p. 380.

⁴¹ MONDRAGON, Op. cit., p. 33.

⁴² JONES, Op. cit., p. 380-385.

⁴³ MONDRAGON, Op. cit., p. 33-35.

⁴⁴ JONES, Op. cit., p. 382, f. 1A

Aglutinación	Pueden ser visibles como racimos de uva. Se presentan porque los eritrocitos han sido recubiertos con anticuerpos.	Anemia Hemolítica Inmunomediada (AHIM). Hemoparásitos.	
Anisocitosis	Hace referencia a la variación de tamaño, microcitosis o macrocitosis. La anisocitosis leve a moderada es normal.	Anisocitosis marcada se atribuye a la presencia de eritrocitos policromatófilos grandes, asociados a una respuesta regenerativa de la médula ósea.	
Punteado basófilo	Ribosomas agregados que aparecen como pequeños puntos basófilos.	Anemia regenerativa. Acompañados de eritrocitos inmaduros y con anemia leve o ausente sugiere toxicidad con plomo.	
Dacriocitos	Eritrocitos en forma de lagrimea.	Anemia hemolítica inducida por fenilhidrazina en terneros.	
Cuerpos de Heinz	Pequeñas formas circulares dentro del eritrocito visibles con tinción vital (nuevo azul de metileno).	Deficiencias de fósforo, selenio y cobre. Ingestión de cebolla. Toxicidad del cobre.	
Cuerpos de Howell-Jolly	Pequeños restos nucleares basófilos redondos. Pueden confundirse con <i>Anaplasma marginale</i> .	Acompañan a la anemia regenerativa. Se ven en disfunción esplénica.	

⁴⁵ REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y DeNICOLA, Dennis. Veterinary hematology: Atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc., 2019. p. 17, f. 3.7. [Consultado: 13 de mayo de 2020]. ISBN 9781119065005.

⁴⁶ LEUCOCITOS. Anisocitosis. [en línea]. 2018. [Consultado: 13 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://leucocitos.org/anisocitosis/>.

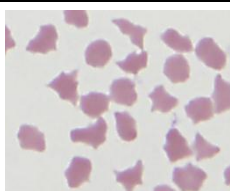
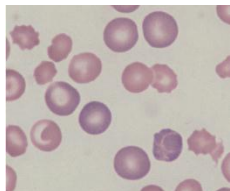
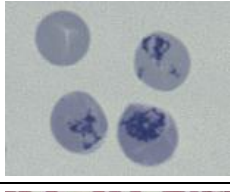
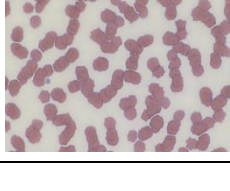
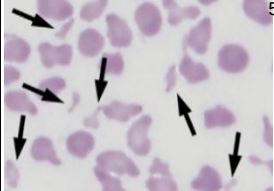
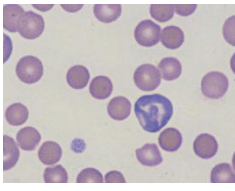
⁴⁷ JONES, Op. cit., p. 382, f. 1B

⁴⁸ Ibid., p. 382, f. 1C.

⁴⁹ Ibid., p. 382, f. 1F.

⁵⁰ Ibid., p. 382, f. 1D.

Continuación cuadro 1.

Poiquilocitos	Eritrocitos con una variedad de formas anormales		 51
Policromatófilos	Reticulocitos que se identifican con una tinción vital (nuevo azul de metileno)	Indica una respuesta regenerativa	 52
Reticulocitos	Eritrocitos inmaduros con gránulos precipitados cuando se realiza tinción vital.	Es un indicador sensible de anemia regenerativa	 53
Rouleaux	Apilamiento de eritrocitos (rollo de monedas)		 54
Esquistocitos	Fragmentos de glóbulos rojos resultado del trauma intravascular.	Coagulación Intravascular Diseminada (CID). Vasculitis, glomerulonefritis y deficiencia de hierro. Shock séptico en terneros. Hemolisis inducida por fármacos.	 55
Esferocitos	Eritrocitos en forma de esfera a causa de la pérdida de la membrana celular. Son difíciles de detectar debido al tamaño normal de los eritrocitos	Se ven en AHIM. Se han reportado en anaplasmosis.	 56

⁵¹ JONES, Op. cit., p. 384, f. 2A.

⁵² REAGAN, Op. cit., p. 16, f. 3.1

⁵³ Ibíd., p. 16, f. 3.2.

⁵⁴ Ibíd., p. 17, f. 3.8.

⁵⁵ JONES., Op. cit., p. 384, f. 2B.

⁵⁶ REAGAN., Op. cit., p. 17, f. 3.6.

4.1.1.8 Patología clínica.

○ **Anemia.** Jones et al.⁵⁷ explica que la anemia se define como un signo clínico el cual se caracteriza por una reducción de la capacidad de la sangre para transportar oxígeno debido a una disminución del HTC inferior al 24%, Hgb inferior a 8 g/dl y eritrocitos. Como señala Ramírez, “como primera respuesta compensatoria, el organismo incrementa la frecuencia cardíaca y respiratoria, además hay un aumento de la 2,3-DPG con el fin de realizar una rápida liberación del oxígeno por parte de la Hgb”⁵⁸.

Tal como lo reportan Ramírez⁵⁹ y Jones et al.⁶⁰, las principales manifestaciones clínicas de anemia son mucosas pálidas, debilidad, depresión e intolerancia al ejercicio.

Ramírez⁶¹ explica que la anemia se clasifica de acuerdo con: la presentación clínica de la hemorragia, la respuesta medular y los índices eritrocitarios.

○ **Presentación clínica de las hemorragias.** Ramírez señala que “la presentación clínica de la anemia se basa en el tiempo de presentación de la hemorragia; se usan dos términos para clasificar la hemorragia: aguda, si se presenta en las primeras 48 horas, y crónica, cuando la hemorragia es paulatina por lo que la anemia es gradual”⁶².

○ **Respuesta medular.** Como lo muestra Jones et al., “según la respuesta medular, la anemia se subdivide en regenerativa y no regenerativa utilizando la morfología de los eritrocitos y el recuento de reticulocitos, lo cual permite limitar la lista de diagnósticos diferenciales”⁶³. Algunas de las principales causas de anemia se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Principales causas de anemia regenerativa y no regenerativa en bovinos.

Anemia regenerativa	Pérdida de sangre total	Interna (Cavidad corporal)	Hemoabdomen, hemotórax – por absceso o neoplasia, ruptura de arteria uterina media.
		Externa	Úlcera abomasal, parásitos externos (piojos chupadores), enteritis hemorrágica, trauma

⁵⁷ JONES, Op. cit., p. 385.

⁵⁸ RAMÍREZ, Guadalupe. Anemia. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p. 47. [Consultado: 20 de marzo de 2020].

⁵⁹ Ibíd.

⁶⁰ JONES. Op. Cit.

⁶¹ RAMÍREZ. Op. Cit.

⁶² Ibíd.

⁶³ JONES, Op. cit., p. 386.

	Hemólisis		externo.
		Hemoparásitos	<i>Anaplasma spp</i> , <i>Babesia spp</i> , <i>Mycoplasma spp</i> .
		Bacterias	<i>Clostridium haemolyticum</i> , <i>Leptospira spp</i> .
		Toxinas	Cobre, cebolla.
Anemia no regenerativa	Por enfermedad inflamatoria crónica	Deficiencias	Fósforo (hemoglobinuria postparto).
		Desordenes gastrointestinales	Linfosarcoma, lesión crónica por VDVB.
		Abscesos crónicos	
		Enfermedades hepáticas	Abscesos hepáticos.
	Por insuficiencia renal crónica	Enfermedades endocrinas	
		Deficiencias	Hierro, cobre y cobalto
		Enfermedad intrínseca de la médula ósea	Toxicidad por helecho macho, mielofibrosis

Fuente: JONES, Meredyth y ALLISON, Robin. Evaluation of the ruminant complete blood cell count. En: Vet Clin Food Anim [en línea]. Elsevier Inc., 2007, vol. 23, p. 386. [Consultado: 29 de marzo de 2020]. DOI 10.1016/j.cvfa.2007.07.002.

Jones et al.⁶⁴ y Ramírez⁶⁵ coinciden al afirmar que la presencia de policromasia o de reticulocitos indica cierto grado de regeneración, dado que las formas eritrocitarias inmaduras no se encuentran presentes en condiciones normales, mientras que la ausencia de estas puede indicar la no regeneración de glóbulos rojos. Hallazgos como punteado basófilo, cuerpos de Howell-Jolly, aumento de VCM y disminución de CHCM también son indicativos de regeneración. En rumiantes, la respuesta medular tarda de 2 a 4 días, presentando la máxima respuesta de 4 a 7 días.

○ **Anemia regenerativa.** Existen dos causas principales de anemia regenerativa, hemorragia y hemólisis.

Hemorragia: se caracteriza por una pérdida en igual medida de glóbulos rojos y proteínas plasmáticas (PPT), la cual es evidenciada en el hemograma por una disminución del HTC proporcional a una disminución de las PPT. Cuando el animal sufre

⁶⁴ Ibíd., p. 386-387.

⁶⁵ RAMÍREZ, Op. cit., p. 47-48.

una hemorragia interna, el organismo recicla algunos componentes de los glóbulos rojos y el hierro, ayudando a que el proceso de regeneración no sea tan demandante; cuando se presenta una hemorragia externa, el organismo no puede reciclar ningún componente, por lo cual el proceso de regeneración se vuelve más demandante, ocasionando tiempo después una anemia por deficiencia de hierro⁶⁶.

Hemolisis: como lo referencia Jones et al., “en el hemograma se observa HTC disminuido acompañado de PPT en niveles normales o aumentados, dado que solo se sufre de pérdida de eritrocitos y no de proteínas plasmáticas”⁶⁷.

La hemolisis es un proceso fisiológico o patológico por el cual eritrocitos viejos, dañados, parasitados o morfológicamente anormales son eliminados por el organismo a través de dos rutas, por el bazo (hemolisis extravascular) o por lisis dentro de los vasos sanguíneos (hemolisis intravascular). La hemolisis extravascular puede estar acompañada de ictericia, bilirrubinemia, bilirrubinuria, eritrocitos anormales y hemoparásitos; cuando la hemolisis es intravascular, adicional se puede presentar hemoglobinemia y hemoglobinuria⁶⁸.

○ **Anemia no regenerativa.** La anemia no regenerativa, como lo reporta Jones et al. “es causada por una disminución de la eritropoyesis en la medula ósea, atribuible en bovinos a un trastorno extrínseco que afecta a la medula ósea o que interviene con alguno de los mediadores de la eritropoyesis, como es el caso de la insuficiencia renal crónica que disminuye los niveles de eritropoyetina en el organismo. Cuando se presenta pérdida de sangre crónica de bajo grado, la anemia es inicialmente regenerativa, pero se vuelve no regenerativa a medida que las reservas de hierro se agotan”⁶⁹.

○ **Índices eritrocitarios.** Se clasifica teniendo en cuenta los niveles de VCM, HCM y CHCM, organizándose de la siguiente forma (cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de la anemia según los índices eritrocitarios⁷⁰.

Tipo de anemia	Características	Causas
Normocítica normocrómica	VCM, HCM y CHCM dentro del rango de referencia. Eritrocitos de tamaño y color normal.	Disminución de la síntesis de eritropoyetina renal. IRC, quimioterapia, administración de estrógenos, hemorragia aguda y

⁶⁶ JONES, Op. cit., p. 387.

⁶⁷ Ibíd.

⁶⁸ Ibíd., p. 387-388.

⁶⁹ Ibíd., p. 388-389.

⁷⁰ RAMIREZ, Op. cit., p. 49-50

		hemólisis.
Macrocítica hipocrómica	VCM aumentado, HCM y CHCM disminuidos. Eritrocitos de mayor tamaño y menor cantidad de Hgb.	Recuperación del volumen sanguíneo debida a una pérdida por procesos hemolíticos. Este tipo de anemia es la única regenerativa.
Macrocítica normocrómica	VCM aumentado, HCM y CHCM normales. Detención en la diferenciación del eritrocito en la etapa de rubricito. Ocasionando eritrocitos de mayor tamaño y con la misma cantidad de Hgb que un eritrocito normal.	Deficiencia de ácido fólico, vitamina B12 y cobalto.
Microcítica hipocrómica	VCM, HCM y CHCM disminuidos. Detención en la etapa de diferenciación de rubricito ocasionando una doble división generando eritrocitos más pequeños y menos cantidad de Hgb.	Deficiencia de hierro, piridoxina o cobre

• **Policitemia.** Ordoñez explica que “la policitemia o eritrocitosis es un hallazgo frecuente que se caracteriza por un HTC aumentado. La presentación más común es la policitemia relativa causada por deshidratación, dado que la disminución del volumen plasmático ocasiona una concentración de las células sanguíneas y proteínas plasmáticas”⁷¹. Ordoñez⁷² y Jones et al.⁷³ coinciden en que esta causa puede confirmarse clínicamente mediante la detección de turgencia cutánea prolongada (>2 segundos), membranas mucosas pegajosas, recesión del globo ocular y concentración elevada de PPT y albúmina.

Jones et al.⁷⁴ afirma que las policitemias absolutas son aquellas en las cuales se presenta un aumento real de la masa eritrocitaria, que pueden ser causadas por una hipoxia sistémica, como se observa en animales que viven a gran altura (>2500 msnm), enfermedad pulmonar crónica o derivación cardiovascular de derecha a izquierda. Dependiendo de la causa de la policitemia se la conoce como: policitemia secundaria

⁷¹ ORDOÑEZ, Luisa. Eritrocitosis. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 44. [Consultado: 21 de marzo de 2020].

⁷² Ibíd.

⁷³ JONES, Op. cit., p. 389.

⁷⁴ Ibíd., p. 389

apropiada (por hipoxia tisular) y policitemia primaria o policitemia vera (por tumores renales o trastornos mieloproliferativos).

○ **Policitemia secundaria apropiada.** En la región es muy común observar producciones lecheras a alturas superiores a los 2500 a 3000 msnm, condición que, como reporta Jones et al., “lleva a la presentación de hipoxia tisular, esta desencadena una respuesta fisiológica adaptativa que ocasiona un aumento de eritropoyetina con el fin de estimular la eritropoyesis y así maximizar la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre al aumentar la masa eritrocitaria circulante”⁷⁵.

4.1.2 Leucocitos. Los leucocitos (glóbulos blancos o serie blanca), como explican Medway, Prier y Wilkinson, “son células encargadas de principalmente de la defensa orgánica; cada tipo de estas células cumple con funciones específicas como por ejemplo la fagocitosis, detoxificación, proteólisis, producción de globulinas, histamina, heparina y ácido hialurónico”⁷⁶ “se les clasifica en polimorfonucleares, en los que se encuentran los neutrófilos, eosinófilos y basófilos; y en mononucleares, constituidos por monocitos y linfocitos”⁷⁷

4.1.2.1 Leucopoyesis. Estas células son derivadas de una célula pluripotencial, precursora de dos tipos de células madre mieloide y una célula madre linfoide; en la célula madre mieloide actúa la unidad formadora de colonias megacariocíticas (UFC-Meg) dando origen al megacarioblasto, que posteriormente se convertirá en un megacariocito y termina en circulación como trombocito (plaqueta); adicionalmente esta célula madre mieloide da origen a mieloblasto eosinofílico, precursor del eosinófilo, al mieloblasto basofílico, precursor del basófilo y ayudada de la unidad formadora de colonias de granulocitos-macrófagos (UFC-GM) originando a mieloblasto y monoblasto, llegando a circulación como neutrófilo y monocito respectivamente, adicionalmente este último se ubica en sitios diana, tomando el nombre de macrófago, teniendo un mayor tamaño y capacidad fagocitaria;

La célula madre linfoide, derivada de la célula madre pluripotencial, da origen a linfoblasto T y linfoblasto B, los cuales llegaran a torrente sanguíneo como linfocitos T. Cabe resaltar que solo las células madres mieloide y linfoide son multipotentes y no tienen capacidad de auto renovación como la célula madre pluripotente. Las células progenitoras específicas de cada linaje tienen capacidad unipotente. Las células madres de los linfocitos B (linfoblasto B) permanecen en la medula ósea, mientras que la célula madre de linfocitos T (linfoblasto T) abandona la medula ósea y son

⁷⁵ Ibíd.

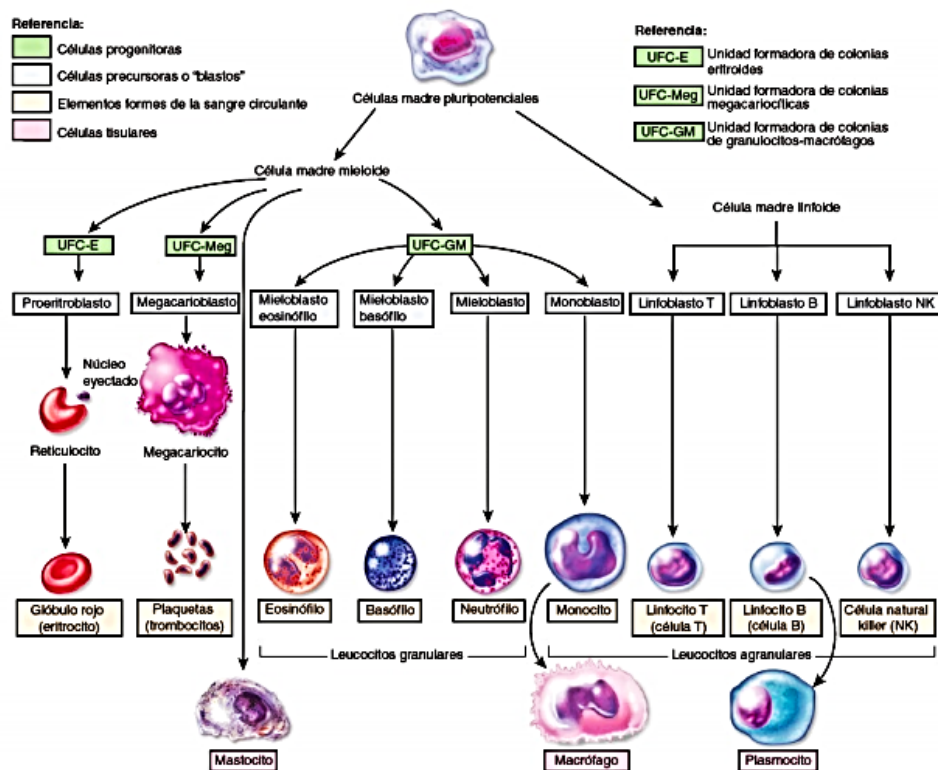
⁷⁶ MEDWAY, W; PRIER, J.E y WILKINSON, J.S. Textbook of Veterinary Clinical Pathology. The Williams and Wilkins Co; 1969, p. 205-246. GREATOR, J.C. Studies on the Hematology of Calves from Birth to One Year of Age. Brit Vet. J. 110:120, 1954. Citados por: RAVE, Op. cit., p. 2.

⁷⁷ JARDON, Op. cit., p. 26.

transportadas por torrente sanguíneo al timo, donde maduran los linfocitos T vírgenes ⁷⁸ (figura 4).

4.1.2.2 Interpretación del leucograma. Weiser⁷⁹ recalca que para tener una correcta interpretación del leucograma se debe centrarse en los valores absolutos del recuento celular. Primero se debe observar la concentración total de leucocitos (esta solo se usa para calcular concentraciones diferenciales absolutas) así, si esta disminuye o aumenta se pasa a revisar la concentración absoluta de cada tipo celular para determinar los cambios cuantitativos en las mismas, para esto tener en cuenta valores de referencia en bovinos (tabla 2).

Figura 4. Proceso de formación de los leucocitos.



⁷⁸ MOORE, Keith. Hematopoyesis: Resumen embriología clínica. Histología y embriología. Universidad nacional del litoral, 2016. [Consultado: 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-litoral/histologia-y-embriologia/resumenes/hematopoyesis-resumen-embriologia-clinica-studentconsult/2854592/view>.

⁷⁹ WEISER, Glade. Introduction to leukocytes and the leukogram, En: Veterinary Hematology and Clinical Chemistry [libro digital]. Segunda Edición. Oxford: John Wiley & Sons, Inc., 2012, p. 122. (776 t). [Consultado: 13 de mayo de 2020]. ISBN 13 978-0-8138-1027-0/2012.

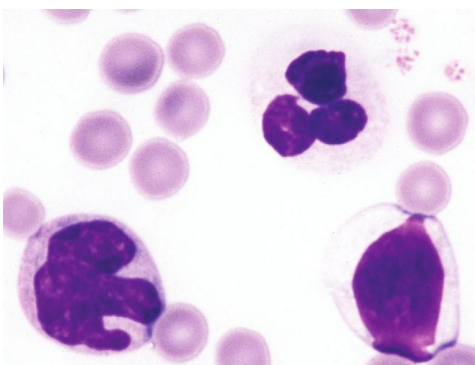
Fuente: SANTOS, Sandra. Proceso de formación de células leucocíticas [Imagen]. Ontogenia de la respuesta inmune. Universidad Albert Einstein. Inmunología. Ed. Medicina y farmacia. 2018. p. 2. [Consultado: 30 de mayo de 2020].

Tabla 1. Recuento leucocitario en Bovinos raza Holstein.

Tipo de célula	Valores según Ticona H ⁸⁰
Leucocitos totales	6,4 - 13, 2
Neutrófilos segmentados	23,0 – 38,0
Linfocitos	52,0 – 67,0
Monocitos	2,0 – 8,0
Eosinófilos	1,0 – 8,0
Basófilos	0 – 2,0

Fuente: TICONA, Henry. Determinación de los valores de serie roja y serie blanca en bovinos (Bos Taurus) de la raza Holstein adaptados a la altura, en la estación experimental Choquenaira⁸¹. hembras sanas, condición corporal 3-4, pelaje liso brillante, con certificados de control sanitario, de 12.69 meses de edad, en Choquenaria, departamento de la Paz.

Figura 5. Apariencia normal en leucocitos en vaca.



Fuente: HARVEY, John. Estados de desarrollo de megacariocitos [imagen]. Veterinary hematology: a diagnostic guide and color atlas. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc. 2012. p.137. [Consultado: 31 de mayo de 2020]. ISBN 978-1-4377-0173-9.

- **Neutrófilos.** Jardon señala que “los neutrófilos y monocitos son producidos en la

⁸⁰ RAVE; Op. Cit, p. 92.

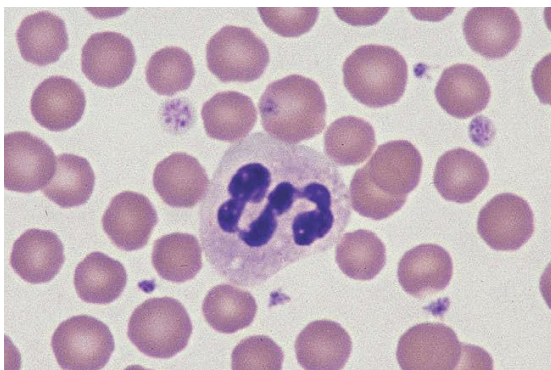
⁸¹ TICONA, Henry. Determinación de valores de serie roja y serie blanca en bovinos (Bos taurus) de la raza Holstein adaptados a la altura, en la estación experimental Choquenaira. En: Revista estudiantil Agro-Vet [en línea]. Julio-diciembre de 2018, vol. 2, nro. 2, p. 193. [Consultado: 20 de mayo de 2020]. ISSN 2523-2037.

medula ósea a partir de la unidad progenitora de granulocitos-monocito, ya maduros son liberados en sangre, luego entran a los tejidos y cavidades corporales donde realizan sus funciones fisiológicas. La medula ósea recibe un estímulo para transformar la célula progenitora pluripotencial en célula progenitora comprometida para producir granulocitos”⁸².

Weiser añade que “por medio de la quimio atracción los neutrófilos participan en respuestas inflamatorias en los sitios de inflamación y fagocitosis de organismos y otros materiales extraños; después de la fagocitosis, los gránulos lisosomales se fusionan con fagosomas para matar organismos y luego realizar su degradación enzimática”⁸³.

Los neutrófilos tienen numerosos gránulos pequeños, muy poco teñidos, esto varía entre animales individuales de incoloro a gránulos que se tiñen ligeramente. Los gránulos de neutrófilos de la vaca a menudo se tiñen ligeramente de rosa, dando al citoplasma un tinte naranja-rosado en general; cuando se observan neutrófilos en muestras citológicas en ocasiones se observa alterada la tinción de sus gránulos, estos pueden aparecer más prominentes y se tiñen de rosa. Este cambio es más probable que se observe en neutrófilos exudados en las vías respiratorias⁸⁴.

Figura 6. Frotis de sangre bovina: Neutrófilo maduro.



Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Frotis sanguíneo, vista en 100x de un neutrófilo maduro [Imagen]. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 36. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

En algunos casos pueden observarse cambios tóxicos (inclusiones citoplasmáticas, granulaciones, basofilia citoplasmática, formas gigantes, vacuolización citoplasmática y citoplasma espumoso) en el recuento diferencial, lo que indica cambios en su morfología y es resultado de una producción y maduración acelerada en la medula ósea,

⁸² JARDON, Op. cit., 28.

⁸³ WEISER, Op. cit., p.118.

⁸⁴ Ibíd.

lo que se asocia con una inflamación severa y a menudo es causada por bacterias Gram negativas y shock séptico; además hay cambios importantes cuando hay exposición prolongada a EDTA, esto produce vacuolización citoplasmática e hipersegmentación del núcleo⁸⁵.

Jones et al., aclara que “la neutrofilia está causada por la presencia de inflamación leve a moderada, como, recuperación de un proceso inflamatorio grave, procesos infecciosos, lesiones tisulares, enfermedades neoplásicas y condiciones no inflamatorias. Existen 3 principales patrones de respuesta leucocitaria que pueden dar como resultado una neutrofilia: leucograma inflamatorio, leucograma de stress y una excitación o respuesta fisiológica”⁸⁶.

Jones et al. añade, “la neutropenia (niveles bajos de neutrófilos) es causada por enfermedades inflamatorias agudas graves en el caso del ganado vacuno, incluyendo sepsis por bacterias Gram (-), metritis, mastitis, neumonía, infección por *Salmonella* etc., también se puede observar por injurias sobre la médula ósea, por ejemplo: la intoxicación con hebrecho, la cual a menudo se acompaña de anemia y trombocitopenia no regenerativa”⁸⁷.

“Los rumiantes jóvenes cuentan con una célula predominante, los neutrófilos, sin embargo, al aumentar la edad, los linfocitos se transforman en la célula blanca dominante, produciéndose una relación neutrófilos/linfocitos 1:2 en animales adultos”⁸⁸ comenta Jones et al.

- **Linfocitos.** Como lo reporta Jardon, “los linfocitos son producidos en la médula ósea y en los órganos linfoides, en los que se incluyen el timo, los nódulos linfoides, el bazo y el tejido linfoide asociado al intestino, en el que se encuentran las placas de Peyer, las tonsilas y el apéndice”⁸⁹.

Weiser et al. dice, “los linfocitos de la sangre representan un conjunto diverso de linfocitos. subpoblaciones, pero estas subpoblaciones no se pueden distinguir por examen de sangre o por técnicas de rutina utilizado en laboratorios clínicos veterinarios. Las subpoblaciones incluyen linfocitos B, que son responsables para la inmunidad humoral y los linfocitos T, que son responsables de la inmunidad celular y la citosina”⁹⁰.

⁸⁵ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Franco. Parámetros hematológicos y bioquímicos en Bovinos naturalmente infectado con *Fasciola hepática* en Valle de Uco [en línea]. Universidad Juan Agustín Maza, Facultad de ciencias veterinaria y ambientales. Abril de 2016. p.12. [Consultado: 21 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/187>.

⁸⁶ JONES, Op. cit., p. 377.

⁸⁷ Ibíd.

⁸⁸ Ibíd., p. 391.

⁸⁹ JARDON, Op. cit., p. 29.

⁹⁰ WEISER, Op. cit., p.119.

Los linfocitos T pueden diferenciarse en células T-inductoras o auxiliares, las cuales son portadoras de CD4 y T-citotóxicas o células supresoras los cuales contienen CD8, además este grupo cuenta con una tercera población de células nulas presente en pequeñas concentraciones (células natural killer y otras células con actividad asesina); Esto también lo expresa Cremaschi et al.⁹¹ Citando a Weiser et al.⁹² y Jones et al.⁹³ quienes afirman que, al observar gránulos azurófilos en linfocitos pequeños, se cree que éstos representan a las células Natural Killer, los linfocitos más grandes, son reactivos y son normalmente encontrados en vacas, cuando tienen rasgos atípicos se trata de alguna malignidad, pero esto solo lo interpretan patólogos con experiencia .

Jones et al. citado por Cremaschi afirma que “en ganado bovino existen 3 tamaños de linfocitos que se pueden observar en los extendidos de sangre periférica y se clasifican como pequeños, medianos y grandes”⁹⁴.

Estas células poseen un núcleo redondo a ovalado y una cantidad mínima o variable de citoplasma claro, casi incoloro, con diámetro menor con respecto a los neutrófilos. En rumiantes, los linfocitos son irregulares en tamaño y diámetros iguales a los de los neutrófilos; además poseen linfocitos reactivos (probablemente células B) y linfocitos granulares que son formas menos comunes. En jóvenes, de la mayoría de las especies, los linfocitos granulares son grandes, tienen una pequeña cantidad de gránulos de color rosa-púrpura, algunos de los cuales se cree que son asesinos naturales, estos son observados en sangre normal de rumiantes⁹⁵.

Cremaschi al citar a Jones et al. añade que “la linfocitosis patológica es inusual en los rumiantes, pero puede estar asociada con infecciones virales crónicas, enfermedades piógenas crónicas o enfermedades autoinmunes”⁹⁶ mientras que “la linfopenia se observa con la presencia de stress o la administración de corticoides, infección viral o bacteriana aguda, endotoxemia, infección por el virus de la Diarrea Viral Bovina y por último las inmunodeficiencias (muy raras en bovinos, adicionalmente cabe resaltar que los animales mayores de 5 años de edad pueden experimentar una disminución en el número de linfocitos y por lo general mantienen la misma relación Neutrófilos/Linfocitos”⁹⁷.

Figura 7. Variación sustancial en tamaño y apariencia de linfocitos bovinos.

⁹¹ Ibíd., p.118-122. Citado por: CREMASCHI, Op. cit., p.13.

⁹² WEISER, Op. cit., p.119.

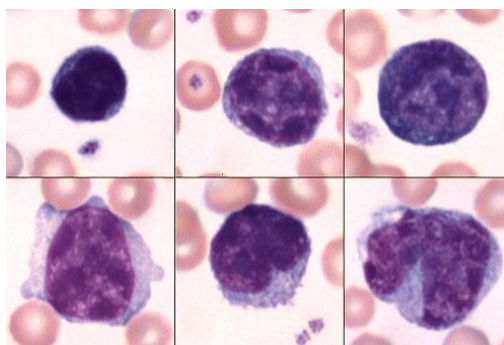
⁹³ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Op. cit., p.14.

⁹⁴ Ibíd., p.14.

⁹⁵ WEISER, Op. cit., p.119.

⁹⁶ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Op. cit., p.14.

⁹⁷ Ibíd., p.14

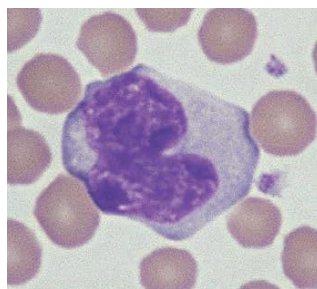


Fuente: ECLNPAT. Morfología normal de los linfocitos bovinos [Imagen]. Cornell University College of Veterinary Medicine. Leave the textbook. 2017. p. 1. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

- **Monocitos.** Weiser⁹⁸ sostiene que los monocitos también participan en las respuestas inflamatorias, al encontrarse en sangre se consideran en desarrollo intermedio, es decir, en maduración continua. Los monocitos migran a los tejidos, donde continúan desarrollándose en macrófagos. Los fagocitos mononucleares pueden fagocitar bacterias, organismos complejos más grandes (p. ej., levadura y protozoos), células lesionadas, restos celulares y partículas extrañas; estas células juegan un papel importante como inmunoregulador, presentando el antígeno procesado a los linfocitos T, adicionalmente son responsables del equilibrio celular, pues se encargan de la destrucción patológica de eritrocitos y el reciclaje metabólico de hierro.

Además, Weiser añade “el núcleo de los monocitos puede tener cualquier forma, ovalada, de frijol, ameboidea, o en forma de herradura (como los neutrófilos). La cromatina puede estar menos condensada que en los neutrófilos. Poseen mayor diámetro y coloración más grisácea en el citoplasma que los neutrófilos. Las diferencias de especies en la morfología de los monocitos no son notables”⁹⁹.

Figura 8. Morfología normal de un monocito.



⁹⁸ WEISER, Op. cit., p.120.

⁹⁹ Ibíd.

Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Frotis sanguíneo observado a 100x. Monocito bovino. [Imagen]. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 36. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

- **Eosinófilos.** Según Weiser et al. “las funciones de los eosinófilos no se comprenden bien, incluso aunque un número considerable de estudios y observaciones ha sido reportado”¹⁰⁰. Cremaschi, citando a Jones et al., afirma que “los eosinófilos poseen la función de mediar la respuesta inmune contra los parásitos, alérgenos y otros procesos inflamatorios. Sus gránulos poseen una proteína citotóxica contra una variedad de helmintos, protozoos, hongos y bacterias”¹⁰¹.

Según Weiser, “la morfología de los eosinófilos varía según la especie. El núcleo está segmentado (como el de los neutrófilos). El sello distintivo característico de los eosinófilos son gránulos prominentes de color rojo anaranjado que son de tono similar a los eritrocitos. En rumiantes los eosinófilos tienen gránulos redondos y uniformes”¹⁰².

Weiser aclara que “el ganado bovino normalmente posee un mayor número de eosinófilos que otras especies, pero la presencia de eosinofilia puede ser resultado de migración parasitaria”¹⁰³, “neumonía intersticial atípica, enfisema pulmonar agudo y aún más raro por la formación de anticuerpos en la leche del ganado lechero”¹⁰⁴. como añade Cremaschi, citando a Jones et al; Cremaschi, al citar a Jones et al. añade, “la eosinopenia es difícil de apreciar en el ganado, ya que su intervalo de referencia toma como valor normal al cero; sin embargo, puede acompañar a los procesos inflamatorios agudos, en respuesta al stress o bien puede ser relacionado con la edad porque los terneros por lo general poseen un número menor de eosinófilos que los bovinos adultos”¹⁰⁵

Figura 9. Eosinófilo bovino.

¹⁰⁰ Ibíd., p.121.

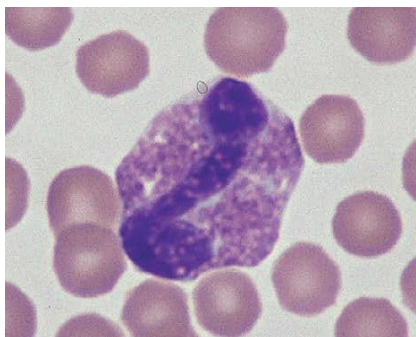
¹⁰¹ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Op. cit., p. 15-16.

¹⁰² WEISER, Op. cit. p.121.

¹⁰³ Ibíd., p.118-122.

¹⁰⁴ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Op. cit., p. 15-16.

¹⁰⁵ Ibíd.



Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Frotis sanguíneo observado a 100x. Eosinófilo bovino normal. [Imagen]. *Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species*. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 36. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

- **Basófilos.** Weiser explica que “los basófilos contienen histamina y heparina. La membrana citoplasmática tiene inmunoglobulina E unida, como los mastocitos; sin embargo, si se desconoce el papel fisiopatológico en la circulación. No Se ha informado evidencia convincente de que los basófilos sanguíneos migran a los tejidos y se convierten en mastocitos tisulares; las concentraciones de basófilos en la circulación son muy bajas, y generalmente no se encuentran en el diferencial de rutina”¹⁰⁶.

Weiser continúa, “los basófilos tienen un diámetro mayor que en los neutrófilos. El núcleo está segmentado (como los de otros granulocitos). La morfología de los gránulos varía según la especie. Perros tiene una pequeña cantidad de gránulos de color violeta oscuro, los gatos tienen gránulos grandes de color gris tenue que forman una piedra, los basófilos de grandes animales están llenos de gránulos violeta oscuro, gránulos que son tan numerosos que a menudo oscurecen porciones del núcleo”¹⁰⁷. Cremaschi afirma al citar a Jones et al. que “los gránulos de los basófilos poseen heparina e histamina, la cuales se liberan durante reacciones de hipersensibilidad inmediata. Su número puede aumentar en el transcurso de dermatosis alérgicas y reacciones de hipersensibilidad”¹⁰⁸. Weiser finaliza aclarando que “en algunos casos la basofilia puede acompañarse de eosinofilia”¹⁰⁹.

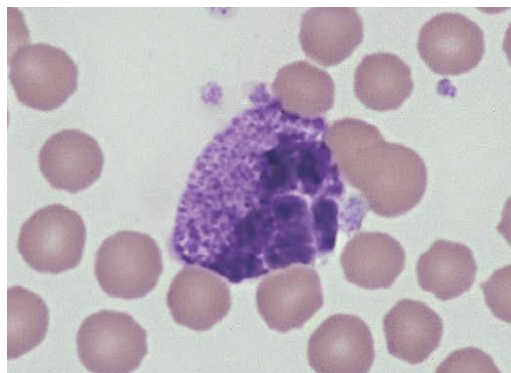
Figura 10. Basófilo bovino.

¹⁰⁶ WEISER, Op. cit., p.121.

¹⁰⁷ Ibíd.

¹⁰⁸ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Op. cit., p.16.

¹⁰⁹ WEISER, Op. cit., p.118-122.



Fuente: REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y De NICOLA, Dennis. Frotis sanguíneo observado a 100x. Eosinófilo bovino normal. [Imagen]. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. 2019. p. 36. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

4.1.3 Plaquetas. Jones¹¹⁰ et al, explica que las plaquetas o trombocitos, son fragmentos citoplasmáticos de megacariocitos. Estos fragmentos son los encargados de formar el tapón hemostático inicial ante un daño de la vasculatura y así mantener la integridad vascular.

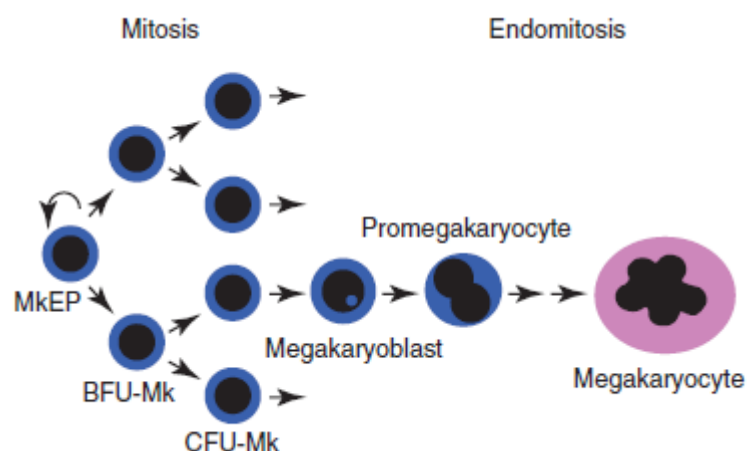
4.1.3.1 Trombopoyesis. Como lo explican Harvey¹¹¹ y Boudreaux¹¹², las plaquetas se producen a partir de células gigantes multinucleadas en la médula ósea llamadas megacariocitos. La trombopoyesis se da por mitosis, inicialmente, seguida de una endomitosis. Por medio de la mitosis, la célula pluripotencial da origen a una célula progenitora bipotente megacariocito-eritroide (PME) capaz de dar origen tanto a eritrocitos como a megacariocito; la PME da origen a UFE-Mk (unidad de formación de estallido de megacariocito), la correcta estimulación de esta conlleva a la diferenciación en UFC-Mk (unidades formadoras de colonias de megacariocitos). A través de endomitosis, la formación de plaquetas sigue la siguiente línea de maduración definida: UFC-Mk, megacarioblasto, promegacarioblasto y megacariocito, el cual se ubica en la médula ósea (figura 11).

Figura 11. Vista general de la trombopoyesis.

¹¹⁰ JONES, Op. cit., p. 397.

¹¹¹ HARVEY, John. Hematopoiesis. En: Veterinary hematology: a diagnostic guide and color atlas [libro digital]. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc., 2012. p. 45. ISBN 978-1-4377-0173-9. [Consultado: 12 de mayo de 2020].

¹¹² BOUDREAUX, Mary. Thrombopoiesis. En: Schalm's veterinary hematology [libro digital]. 6 ed. Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 56-60. ISBN 978-0-8138-1798-9. [Consultado: 11 de mayo de 2020].



Fuente: HARVEY, John. Estados de desarrollo de megacariocitos [imagen]. Veterinary hematology: a diagnostic guide and color atlas. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc. 2012. P. 45. [Consultado: 12 de mayo de 2020]. ISBN 978-1-4377-0173-9.

4.1.3.2 Hemostasia primaria. García¹¹³ explica que la hemostasia primara está dada por la interacción entre el vaso sanguíneo y los trombocitos, fundamental para el adecuado y equilibrado funcionamiento de la hemostasia primaria. Las plaquetas, fragmentos citoplasmáticos de megacariocitos, reaccionan ante una lesión de un vaso sanguíneo uniéndose entre sí con el fin de formar un tapón plaquetario mediante procesos de adhesión y agregación, deteniendo así la hemorragia.

Añade, “la hemostasia primaria se inicia cuando hay un daño vascular, lesión endotelial y exposición subendotelial del tejido conectivo a la sangre, y dependiendo del tamaño de la lesión. Al existir una lesión, los trombocitos son activados por el estímulo de los agonistas plaquetarios (trombina, troboxano A2, epinefrina, vasopresina, ADP y el colágeno), una vez llegan al sitio de la lesión, se adhieren el endotelio y junto con las fibras de colágeno, forman un tapón que da fin a la hemorragia”¹¹⁴.

4.1.3.3 Recuento de plaquetas. Jones et al.¹¹⁵ y García¹¹⁶ coinciden al afirmar que la presencia de petequias y sangrado de la mucosa son signos clínicos que sugieren la evaluación de los niveles de plaquetas en el animal. Benavides complementa al afirmar que “para su evaluación, la muestra de sangre debe ser fresca, obteniéndose resultados confiables en las primeras 4 a 6 horas post recolección”¹¹⁷. Jones et al. comenta que “en bovinos es frecuente observar aglomeración plaquetaria causada por

¹¹³ GARCIA, Rosa. Hemostasia. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 66. [Consultado: 10 de mayo de 2020].

¹¹⁴ Ibíd., p. 67-69.

¹¹⁵ JONES, Op. cit., p. 397.

¹¹⁶ GARCIA, Op. cit., p. 69.

¹¹⁷ BENAVIDES, Janeth. Hemostasia. [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 122 diapositivas. [Consultado: 10 de mayo de 2020].

la exposición prolongada al EDTA, lo que altera el recuento automatizado”¹¹⁸. La evaluación plaquetaria debe incluir conteo y evaluación de la morfología plaquetaria.

Según Benavides, “existen dos métodos para la medición cuantitativa de las plaquetas: un método directo y uno indirecto”¹¹⁹.

- **Método directo.** Como lo afirma Benavides¹²⁰, se puede realizar utilizando un contador automatizado que este calibrado para la medición en la especie bovina, o de forma manual por medio del uso de una cámara de Newbauer. En la medición manual se buscan estructuras refringentes que manifiestan movimiento browniano en el área de recuento de los eritrocitos en ambos lados de la cámara, el valor obtenido es usado como dato en la siguiente fórmula.

$$\text{Plaquetas contadas en las dos cámaras} \times \frac{10}{2} \times 200 = \text{plaquetas/mm}^3$$

- **Método indirecto.** Benavides señala que el método manual es más práctico. “Se realiza un extendido de sangre con tinción y se observa en objetivo de inmersión; se realiza el conteo del número de plaquetas que se encuentran en 10 campos y se suma estos valores. Una vez realizado el conteo se aplica la siguiente formula, en la cual 20.000 corresponde al número de campos en 1 mm³”¹²¹.

$$\text{Plaquetas/mm}^3 = \frac{\text{Número total de plaquetas}}{10 \text{ campos}} \times 20.000$$

4.1.3.4 Morfología plaquetaria. Benavides¹²² explica que el extendido sanguíneo permite determinar si las plaquetas se encuentran agrupadas, formando conglomerados o grupos, o en forma individual (indicativo de inactividad plaquetaria). Boudreaux¹²³ y Jones et al.¹²⁴ afirman, independientemente, que la presencia de muchas plaquetas gigantes sugiere la producción acelerada de plaquetas, causada por una alta demanda de plaquetas en el organismo o CID. En la figura 12 se muestra la morfología normal de las plaquetas en los bovinos.

Figura 12. Agregado plaquetario en sangre de bovino.

¹¹⁸ JONES, Op. cit., p. 397.

¹¹⁹ BENAVIDES. Op. Cit.

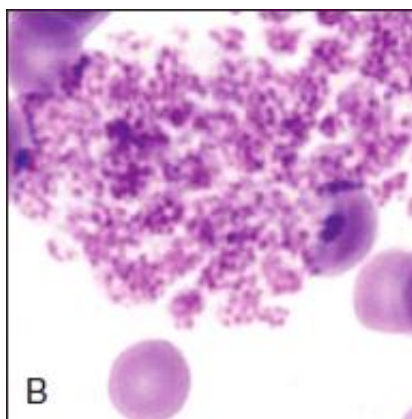
¹²⁰ BENAVIDES. Op. Cit.

¹²¹ BENAVIDES. Op. Cit.

¹²² BENAVIDES. Op. Cit.

¹²³ BOUDREAUX, Op. cit., p. 601.

¹²⁴ JONES, Op. cit., p. 397.



Fuente: HARVEY, John. Morfología plaquetaria normal en películas de sangre teñidas de animales domésticos [imagen]. Veterinary hematology: A diagnostic guide and color atlas. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc. 2012. p. 192. f. 7-1B. [Consultado: 12 de mayo de 2020]. ISBN 978-1-4377-0173-9.

4.1.3.5 Alteraciones plaquetarias. El nivel bajo de plaquetas con respecto a los valores de referencia se conoce como trombocitopenia, mientras que un valor por encima del referente se conoce como trombocitosis.

- **Trombocitosis.** Según Núñez¹²⁵, se determina como trombocitosis a un recuento plaquetario por encima de $800 \times 10^3/\text{mm}^3$. Jones et al. afirma que “la trombocitosis suele ser secundaria (trombocitosis reactiva) y puede ocurrir con ejercicio, estrés o afecciones inflamatorias. En los rumiantes, algunos analizadores automáticos pueden producir una elevación falsa en el recuento de plaquetas debido al recuento de pequeños glóbulos rojos como plaquetas”¹²⁶.

- **Trombocitopenia.** Núñez¹²⁷ comenta que la trombocitopenia se define como un recuento de plaquetas de menos de $100 \times 10^3/\text{mm}^3$, en cuadros de sangrado prolongado el recuento puede bajar hasta $40 \times 10^3/\text{mm}^3$ y en sangrado espontáneo a menos de $10 \times 10^3/\text{mm}^3$. La hemorragia extensa puede provocar trombocitopenia leve debido a la pérdida de plaquetas en la sangre completa. Las principales causas de trombocitopenia en bovinos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Causas de trombocitopenia en bovinos.

Categoría general		Causa específica
Infeciosa	Virus	DVB

¹²⁵ NÚÑEZ, Luis; QUIROZ, Gerardo. Valores de referencia. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 332. [Consultado: 24 de mayo de 2020].

¹²⁶ JONES, Op. cit., p. 397.

¹²⁷ NÚÑEZ. Op. Cit., p. 332.

	Bacterias	Metritis/mastitis séptica, endotoxemia, salmonelosis	septicemia,
	Protozoarios	Babesiosis, teileriosis	
Fármacos/toxinas	Toxicidad por helecho (<i>Pteridium aquilinum</i>), micotoxinas (tricoteceno)		
Otras	Trombocitopenia	inmuno-mediada (TIM),	CID,
	desplazamiento abomasal		

Fuente: THOMAS, Jennifer. Causas reportadas de trombocitopenia en perros, gatos, caballos y vacas [digital]. Non-immune-mediated thrombocytopenia. En: Schalm's veterinary hematology. 6 ed. Blackwell Publishing Ltd. 2010. p. 601. [Consultado: 13 de mayo de 2020]. ISBN 978-0-8138-1798-9.

4.2 DETERMINACIÓN DE HEMOPARÁSITOS.

Benavides et al.¹²⁸ afirma que para lograr un diagnóstico adecuado en cuanto a parasitosis se debe realizar una adecuada recolección de la muestra, la cual en campo es un poco complicada, por falta de infraestructura, falta asepsia, etc; posteriormente el envío de las muestras al laboratorio, al obtener los resultados es importante a la interpretación correcta de los mismos y con esto lograr una apropiada intervención en campo.

El cuadro clínico desencadenado por hemoparásitos solo se presenta en animales que tienen el primer contacto con el organismo, mientras que en zonas endémicas los animales desarrollan inmunidad coinfecciosa y se mantiene como portadores sanos. También es importante resaltar que al aumentar la edad aumenta la susceptibilidad de contraer estas enfermedades parasitarias y que en adultos se desencadenan brotes por movilizar animales¹²⁹.

Para establecer un correcto diagnóstico de hemoparasitosis hay que establecer la condición clínica de los animales y contrarrestarla con la parasitemia y el hematocrito¹³⁰. Colombia ofrece condiciones ambientales favorables para la multiplicación de artrópodos, especialmente garrapatas y moscas picadoras, los cuales son vectores importantes de hemoparásitos. En el país la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* es el principal vector de los protozoarios *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* y

¹²⁸ BENAVIDES, Efraín; POLANCO, Natalia; VIZCAÍNO, Otoniel y BETANCUR, Oscar. Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. En: Revista de Ciencias Animales [en línea]. Bogotá D.C. nro. 5, p. 31-49. [Consultado: 26 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/234047003_Criterios_y_protocolos_para_el_diagnostico_de_hemoparasitos_en_bovinos.

¹²⁹ Ibíd.

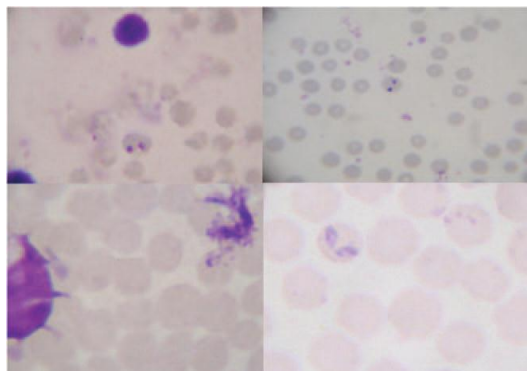
¹³⁰ Ibíd.

la rickettsia *Anaplasma marginale*¹³¹.

En el campo estas son conocidas genéricamente como “fiebre de garrapatas”; antiguamente, en el campo se referían a estas enfermedades de forma genérica como las “ranillas”, conociéndose como ranilla roja a la enfermedad asociada con *Babesia bigemina* por la producción de orina coloreada de ese color (hemoglobinuria), y ranilla blanca a la enfermedad asociada con *Anaplasma marginale* que no cursa con hemoglobinuria, sino con anemia e ictericia. En el caso de anaplasmosis no se presenta hemoglobinuria, pues los eritrocitos son capturados por el sistema retículo-endotelial y no hay hemólisis intravascular. Se debe aclarar que, en campo, también se llama ranilla a casos de hematuria principalmente asociados con el consumo de helecho¹³².

El protozooario *B. bovis* generalmente no causa hemoglobinuria, debido a que tiende a aglutinarse en los capilares, principalmente del cerebro, causando la condición conocida como babesiosis cerebral, asociada con signos nerviosos en los animales¹³³.

Figura 13. Reconocimiento de Babesia bovis en frotis sanguíneos capilares y venosos.



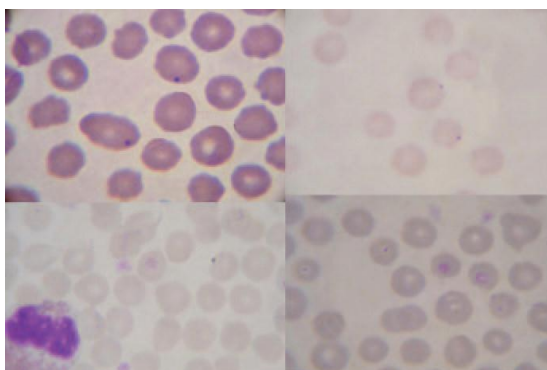
Fuente: BENAVIDES, Efrain; POLANCO, Natalia; VIZCAÍNO, Otoniel y BETANCUR, Oscar. Reconocimiento de *Babesia bovis* en frotis sanguíneos capilares y venosos. [imagen] Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. 2012. p.31 [Consultado: 31 de mayo de 2020].

Figura 14. Reconocimiento de Anaplasma marginale en extendidos sanguíneos.

¹³¹ Ibíd.

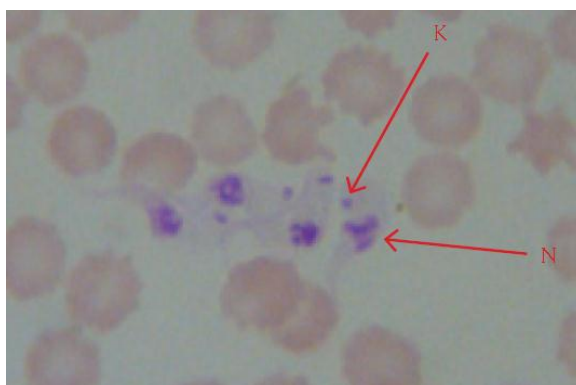
¹³² Ibíd.

¹³³ Ibíd.



Fuente: BENAVIDES, Efraín; POLANCO, Natalia; VIZCAÍNO, Otoniel y BETANCUR, Oscar. Reconocimiento de *Anaplasma marginale* en extendidos sanguíneos. [imagen] Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. 2012. p.37. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

Figura 15. Reconocimiento de *Trypanosoma vivax* en un extendido sanguíneo de un bovino.



Fuente: BENAVIDES, Efraín; POLANCO, Natalia; VIZCAÍNO, Otoniel y BETANCUR, Oscar. Reconocimiento de *Trypanosoma vivax* en un extendido sanguíneo de un bovino. [imagen] Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. 2012. p.41. [Consultado: 31 de mayo de 2020].

4.3 RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

4.3.1 Toma de muestra sanguínea. La muestra de sangre venosa con EDTA es utilizada para evaluar los parámetros hematológicos, como lo es hematocrito, morfología celular y la identificación de hemoparásitos (por medio de frotis sanguíneo). En bovinos, la muestra de sangre para evaluación hematológica se toma preferiblemente de la vena coccígea, aunque en caso tal de dificultarse la toma, también se la puede realizar de la vena yugular. La muestra de sangre se recolecta en

tubo con anticoagulante EDTA (tapa lila), en el rotulado se pone datos como: identificación del animal, identificación del predio y fecha del muestreo.

4.3.2 Venopunción en vena coccígea. Weaver et al.¹³⁴ explica la técnica. Se levanta la cola del animal con suavidad, sujetándola en el tercio medio, hasta ponerla casi en posición vertical. Con la mano libre, mediante palpación, se localiza la vena en la línea media a nivel del espacio entre las vértebras coccígeas 6-7. Una vez ubicada la vena, se realiza antisepsia con alcohol 70% en una zona de 10 cm de diámetro alrededor del sitio de punción. Se introduce la aguja 18G 2 cm, con la jeringa puesta, craneal a la protuberancia ósea del proceso laminar a una profundidad de 8-12 mm en ángulo recto (90°). Estabilizar la aguja con la mano y tirar del embolo de la jeringa suavemente; tomar la cantidad de sangre necesaria. Retirar la jeringa y hacer presión con un trozo de algodón en el sitio de punción. La sangre colectada se trasvasa a tubo con anticoagulante EDTA (tapa lila) suavemente por las paredes del tubo, para evitar hemolisis, y se llena a 3/4 partes de su capacidad. La figura 16 muestra la correcta sujeción de la cola, al igual que el posicionamiento del operario.

Figura 16. Método de inmovilización de la cola para la obtención de muestras de sangre de la vena coccígea.

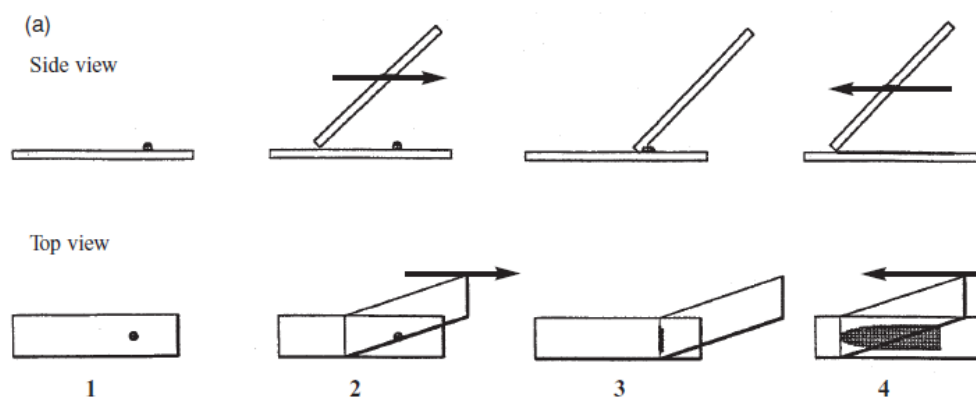


Fuente: WEAVER, David; ATKINSON, Owen; JEAN, Guy y STEINER, Adrian. Restricción para obtener muestra de sangre de la vena coccígea [figura]. Bovine surgery and lameness. 3 ed. Jonh Wiley & Sons Ltd. 2018. p. 88. [Consultado: 29 de mayo de 2020]. ISBN 9781119040491.

¹³⁴ WEAVER, David; ATKINSON, Owen; JEAN, Guy y STEINER, Adrian. Diagnostic techniques and procedures. En: Bovine surgery and lameness [libro digital]. 3 ed. Jonh Wiley & Sons Ltd., 2018. p. 87-89. ISBN 9781119040491. [Consultado: 29 de mayo de 2020].

4.3.3 Extendido de sangre. Voigt y Swist¹³⁵ explican. Se coloca una lámina portaobjetos sobre una superficie plana o se lo sostiene con la mano no dominante. Sobre este, colocar una pequeña gota de sangre directamente del paciente, un tubo capilar o jeringa. La gota debe ser ubicada en un extremo de la lámina. Inmediatamente después de colocar la gota de sangre, se ubica un segundo portaobjetos frente a la gota de sangre en ángulo de 30° hacia la gota, este portaobjeto será llamado esparcidor. Posteriormente, el esparcidor se retrae para hacer contacto con la gota de sangre, en cuyo punto la sangre se extenderá entre el borde del esparcidor y la superficie del portaobjetos. Cuando la sangre se ha extendido tres cuartos del camino, el esparcidor se empuja rápidamente en dirección opuesta hacia el extremo abierto del portaobjetos, tirando de la gota de sangre que se extiende detrás de él. El borde del esparcidor debe permanecer plano sobre la superficie del portaobjetos y solo se hace suficiente presión hacia abajo para garantizar un contacto continuo con la superficie. En la figura 17 se muestra el proceso paso a paso anteriormente descrito.

Figura 17. Técnica de frotis sanguíneo con portaobjetos.



Fuente: VOIGT, Gregg y SWIST, Shannon. Técnicas para hacer un frotis de sangre con una monocapa adecuada para la evaluación celular [figura]. Hematology techniques and concepts for veterinary technicians. 2 ed. John Wiley & Sons Inc. 2011. p. 35. [Consultado: 28 de mayo de 2020]. ISBN 13: 9780813814568/2011.

Una vez realizado el estudio de sangre, se procede a realizar tinción de Wright y Giemsa con el fin de evaluar morfología hematológica y la presencia de parásitos intracelulares (hemoparásitos).

¹³⁵ VOIGT, Gregg, SWIST, Shannon. Blood smears and staining. En: Hematology techniques and concepts for veterinary technicians [libro digital]. 2 ed. John Wiley & Sons Inc. 2011. p. 34-36. ISBN 13: 9780813814568/2011. [Consultado: 28 de mayo de 2020].

4.3.4 Tinción de Wright y Giemsa ¹³⁶.

1. Dejar secar el extendido de sangre.
2. Sumergir la muestra con metanol durante 3 a 5 minutos, posteriormente, dejar secar al ambiente.
3. Cubrir con colorante de Wright y dejar por 2 minutos. Posteriormente, cubrir con agua destilada por 2 minutos.
4. Lavar la muestra y eliminar el exceso de agua.
5. Cubrir la muestra con colorante de Giemsa por 1 minuto. Lavar y sumergir en ácido acético 0,5%.
6. Lavar la muestra y dejar secar al ambiente.

4.3.5 Muestra de sangre en capilar. Este método es utilizado para la identificación de hemoparásitos. Para realizar esta prueba se depila la punta de la cola del animal y se realiza antisepsia con alcohol 70% en una zona de 10 cm de diámetro. Se realiza una punción en la punta de la cola con una aguja estéril. Realizar la colecta directamente en un tubo capilar heparinizado. Tapar un extremo del tubo capilar y centrifugar durante 10 minutos. Se rompe el tubo capilar y se examina motilidad adicionando una gota de sangre. En otro portaobjeto adicionar una gota de sangre y realizar el extendido y posterior tinción (previamente descritos). Observar la laminilla en 40X ^{137 138}.

¹³⁶ ABNOVA. Wright and Giemsa stain [video]. YouTube. Abnova Corporation. (31 de diciembre de 2010). 3:18 minutos. [Consultado: 31 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9xBcm-1NMqk>.

¹³⁷ BENAVIDES, Efraín. Abordaje laboratorio y epidemiológico para el diagnóstico de hemoparásitos de importancia veterinaria [diapositivas]. 2014. 124 diapositivas. [Consultado: 27 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/EVBenavides/hemox-dxbveqcn>.

¹³⁸ BENAVIDES, Op. cit., p 31-49.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio de tipo retrospectivo descriptivo analizando datos estadísticos de la base de datos obtenidos previamente en el “Proyecto piloto de excelencia sanitaria en ganadería de leche” realizado por VECOL, Universidad de Nariño, Alcaldía de Guachucal, UMATA de Guachucal, FEDEGAN, COLACTEOS, AGROSAVIA (CORPOICA) y ZOOLAB en el año 2014 llevado a cabo en el municipio de Guachucal, Nariño.

5.2 LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó con los datos obtenidos en diferentes predios del municipio de Guachucal, Nariño, el cual, como reporta la alcaldía de Guachucal¹³⁹, limita con: al norte, con el municipio de Sapuyes; al sur, con los municipios de Cumbal y Cuaspud; al oriente, con los municipios de Aldana y Pupiales y al occidente con los municipios de Mallama y Cumbal.

Figura 18. Mapa del departamento de Nariño. En rojo municipio de Guachucal.



Fuente: Milenioscuro. Guachucal: Ubicación geográfica del municipio de Guachucal en el departamento de Nariño. [imagen]. Guachucal. [Consultado: 14 de abril de 2020]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Guachucal#/media/Archivo:Colombia_-_Nari%C3%B1o_-_Guachucal.svg.

¹³⁹ ALCALDIA DE GUACHUCAL. Localización y límites geográficos del municipio de Guachucal [sitio web]. Guachucal; [Consultado: 10 de abril de 2020]. Disponible en: <http://www.guachucal-narino.gov.co/municipio/localizacion-del-municipio-de-guachucal>.

5.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Animales y predios incluidos dentro del “proyecto piloto de excelencia sanitaria en ganadería de leche” realizado por VECOL en el año 2014. Estos predios cumplían con las características de: baja cantidad de animales por predio, presencia de comunidades indígenas y alta organización de la comunidad para la participación en el proyecto ¹⁴⁰.

La población incluida en el estudio se catalogó de la siguiente forma:

Tabla 3. División de grupos de estudio según edad y sexo

Terneras	< 1 año	Terneros	< 1 año
Hembras	1 – 2 años	Machos	1 – 2 años
Hembras	2 – 3 años	Machos	2 – 3 años
Hembras	> 3 años	Machos	> 3 años

Se evidenciaron las principales alteraciones hematológicas en un total de 1.027 bovinos muestreados, para fines de este estudio, los datos agruparon de la siguiente manera:

- Análisis general: se divide en dos grupos, animales menores de 1 año y animales mayores de 1 año.
- Análisis según el sexo: se agruparon los datos en machos menores de 1 año y machos mayores a 1 año, de igual forma, se agruparon a las hembras en menores de 1 año y mayores de 1 año.
- Análisis según la edad: se distribuyeron en 4 grupos de estudio conformados por animales menores a 1 año, animales entre 1 y 2 años, animales entre los 2 y 3 años y animales mayores a 3 años.

En la Tabla 5 se muestra la división de los grupos de estudio y el número de animales que conforma cada grupo.

Tabla 4. Conformación de los grupos de estudio.

Grupo de estudio		Número de animales	Total
Análisis general	< 1 año	223	1027
	> 1 año	804	
Análisis por sexo	Machos < 1 año	57	89
	Machos > 1 año	32	

¹⁴⁰ VECOL. Proyecto piloto Guachucal [en línea]. [Consultado: 24 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.VECOL.com.co/proyectos/proyecto-piloto-guachucal>.

	Hembras < 1 año	166	938
	Machos > 1 año	772	
Análisis por edad	< 1 año	223	1027
	1 – 2 años	175	
	2 – 3 años	83	
	> 3 años	546	

5.4 TAMAÑO DE MUESTRA

Aunque la población bovina para el año 2014 en el municipio de Guachucal era de 29.407 animales¹⁴¹, se tomó como población global 10.185 bovinos distribuidos en 1.936 predios, distribuidos en 22 veredas, que cumplieran las condiciones previamente expuestas.

Para determinar el tamaño de la muestra para estudio, se aplicó la siguiente fórmula matemática:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N - 1) + Z^2 \sigma^2}$$

Donde, n corresponde al tamaño de muestra; Z es el nivel de confianza, el cual, para un 95% de confianza, equivale a 1,96; σ corresponde a la desviación estándar cuyo valor constante es de 0,5; e corresponde al margen de error, que para este estudio es estimado en el 3%, igual a 0,03; y N, que corresponde a la población total. Al reemplazar la fórmula, se obtiene lo siguiente:

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,5)^2 (10.185)}{(0,03)^2 (10.185 - 1) + (1,96)^2 (0,5)^2} = \frac{9781,67}{10,13} = 966$$

Por lo anterior, la unidad mínima de animales a muestrear es de 966 animales, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Se tuvo la oportunidad de tomar 1.027 hemogramas de animales distribuidos en 134 predios en 21 veredas del municipio de Guachucal. En la Tabla 6 se muestra el número de predios por vereda, al igual que el número de animales muestreados por vereda.

Tabla 5. Distribución de la población a estudio.

Vereda	Total Predios	Predios muestra	Tra <1	H 1-2	H 2-3	H >3	Tro <1	M 1-2	M 2-3	M >3	Total
--------	---------------	-----------------	--------	-------	-------	------	--------	-------	-------	------	-------

¹⁴¹ FEDEGAN e ICA. Censo final: predios según número de bovinos departamento de Nariño y Putumayo - año 2014 [en línea]. Bogotá D.C., 2014. [Consultado: 22 de mayo de 2020]. Disponible en https://drive.google.com/drive/folders/16q7sSA1IHMIG_TV4ayrfcP594khJJrHq.

			año	años	años	Años	año	años	años	años	
Animas	57	6	6	6	6	22	2	2	1	0	45
Carmen	19	2	3	2	1	9	0	0	0	0	15
Cascajal	40	6	9	6	5	28	2	0	0	0	50
Chapud	118	14	20	16	14	49	3	3	1	0	106
Consuelo	13	1	2	0	0	5	0	0	0	0	7
Cristo alto	107	10	8	8	8	20	4	3	0	1	52
Cristo bajo	124	10	13	13	6	52	4	2	0	0	90
Cualapud	11	2	3	3	1	8	0	0	0	0	15
Cuatines	71	9	9	10	6	28	5	2	1	0	61
Cuatines Sayalpud	30	2	5	3	1	8	1	1	0	0	19
Guan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guan Comunidad	109	11	11	17	6	55	5	3	0	0	97
Guan Puente alto	167	15	11	9	5	53	7	1	0	0	86
Mayo	29	4	5	4	1	14	1	0	0	0	25
Molino	38	4	5	3	2	18	1	0	0	0	29
Niguala	55	5	5	6	2	14	4	1	0	0	32
Riveras	54	5	7	7	1	18	3	1	0	0	37
San Diego	97	9	11	7	6	36	5	2	1	0	68
Santa Rosa	76	5	11	12	3	39	4	1	1	0	71
Siberia	41	2	5	3	1	19	2	0	0	0	30
Simancas	112	12	14	11	1	42	3	3	0	0	74
Tinta	27	3	3	3	2	8	1	1	0	0	19
Total	1.396	134									1028

H: Hembras; M: Machos; Tra: Terneras; Tro: Terneros.

5.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- ❖ Animales que se encuentran en la base de datos.
- ❖ Animales de 0-3 años y mayores de tres años.
- ❖ Bovinos que se encuentren correctamente digitados.
- ❖ Animales que tengan las vacunas de control oficial.

5.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- ❖ Animales que no se encuentren en la base de datos.

- ❖ Animales que no se encuentran correctamente digitados.
- ❖ Animales que no tengan la vacuna de control oficial.

5.7 VARIABLES DEL ESTUDIO

5.7.1 Cuantitativa.

- ❖ Número de animales con alteraciones hematológicas (discreta).
- ❖ Edad (continua).
- ❖ Seroprevalencia de hemoparásitos

5.7.2 Cualitativa.

- ❖ Sexo

5.8 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

5.8.1 Toma de muestra sanguínea y procesamiento de muestras. Las muestras de sangre luego de la correcta sujeción del semoviente fueron tomadas de la vena coccígea, siguiendo los protocolos del manual de procedimientos de laboratorio veterinario de la Universidad de Nariño para toma y envío de muestras, la toma se realizó en tubo tapa lila con anticoagulante EDTA, fueron debidamente identificadas y transportadas en refrigeración hacia la ciudad de Bogotá para ser procesadas en el laboratorio ZOOLAB, utilizando equipo de hematología automatizada.

Para la determinación de la presencia de hemoparásitos se realizó la técnica de análisis de extendido sanguíneo.

El procesamiento de las muestras sanguíneas para hemograma se realizó en equipo automatizado en el laboratorio ZOOLAB, laboratorio con registro ICA No. 110010080 como laboratorio de diagnóstico veterinario

5.8.2 Procesamiento de datos. Los resultados de hemograma fueron tabulados en una hoja de cálculo Excel® de Microsoft. Se dispuso en la primera fila el ítem hematológico evaluado y en su respectiva columna los valores que se obtuvieron. En la primera columna se colocó la identificación del paciente.

5.8.3 Valores de referencia. Para la interpretación de los resultados en este estudio se utilizó como valores de referencia los citados en la tabla 5. Estos valores de referencia son tomados de dos estudios realizados en novillas (< 1 año) a 2.600 y en vacas adultas a 3.786 msnm.

Tabla 6. Valores de referencia en novillas de 6 meses y vacas adultas sanas de la raza Holstein en altitud superior a 3.000 msnm.

Parámetro	Intervalos de referencia	
	Jóvenes (<1 año)¹⁴²	Adultos ¹⁴³
HTC (%)	20,8 – 35	33 – 43
Hgb (g/dl)	10,2 – 15,7	11,9 – 14,7
VCM (ft)	33,7 – 40,8	36,9 – 75,8
HCM (pg)	18,4 – 24,3	12,2 – 27,2
CHCM (g/dl)	42,5 – 52,2	29,9 – 38,7
GR (10⁶/ul)	4,32 – 8,14	4,5 – 9,3
GB (10³/ul)	11,4 – 74,3	6,4 – 13,2
Linfocitos (10³/ul)	2,7 – 64,1	3,3 – 8,8
Monocitos (10³/ul)	0 – 7,4	0 – 1,1
Eosinófilos (10³/ul)	0 – 5,9 ¹⁴⁵	0 – 1,1
Neutrófilos (10³/ul)	2,6 – 28,2 ¹⁴⁵	1,5 – 5
Basófilos (10³/ul)	0 – 1,5 ¹⁴⁵	0 – 0,3
Bandas (10³/ul)	0 – 1,5 ¹⁴⁵	0 – 0,3
Plaquetas (10³/ul)	100 – 800 ¹⁴⁶	100 – 800 ¹⁴⁴

HTC: Hematocrito; Hgb: Hemoglobina; VCM: Volumen Corpuscular Medio; HCM: Hemoglobina Corpuscular Media; CHCM: Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media; GR: Recuento de glóbulos rojos; GB: Recuento de glóbulos blancos.

¹⁴² SIGUA, JENNY. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos hembras de raza Holstein en condiciones de altura [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de medicina veterinaria y zootecnia. 2019. p. 67. [Consultado: 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18240/1/UPS-CT008663.pdf>.

¹⁴³ TICONA, Op. cit., p. 192-198.

¹⁴⁴ JONES, Op. cit., p. 380.

6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Se analizaron los resultados contenidos en la base de datos del “Proyecto piloto de excelencia sanitaria en ganadería de leche” realizado por VECOL, Universidad de Nariño, Alcaldía de Guachucal, UMATA de Guachucal, FEDEGAN, COLACTEOS, AGROSAVIA (CORPOICA) y ZOOLAB en el año 2014 llevado a cabo en el municipio de Guachucal, Nariño.

Figura 19. Animales cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia.

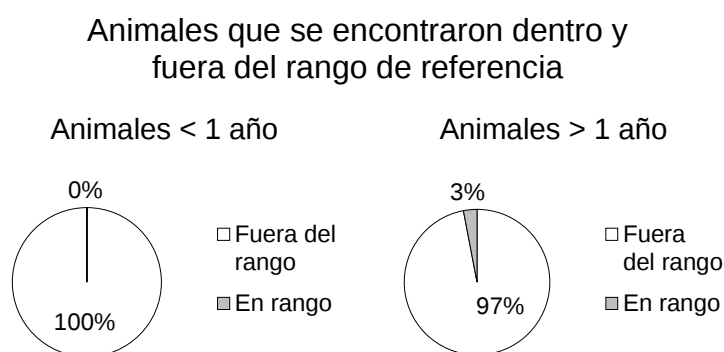


Figura 20. Machos cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia.

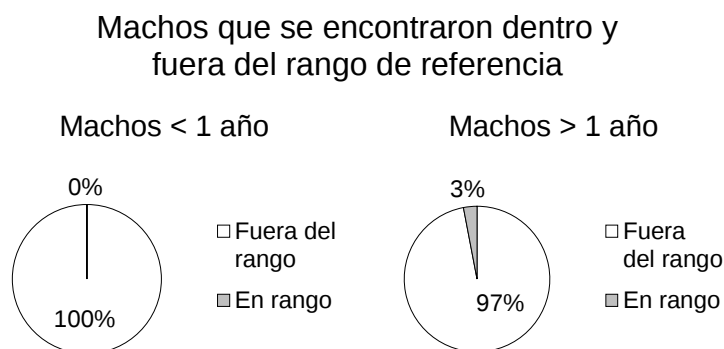


Figura 21. Hembras cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia.

Machos que se encontraron dentro y fuera del rango de referencia

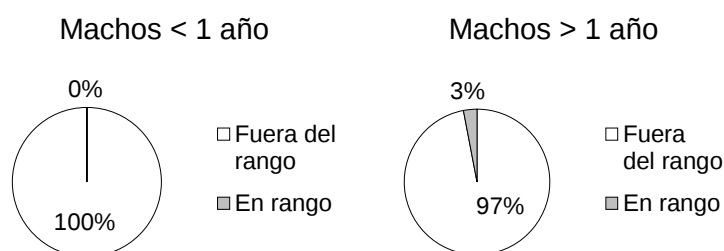
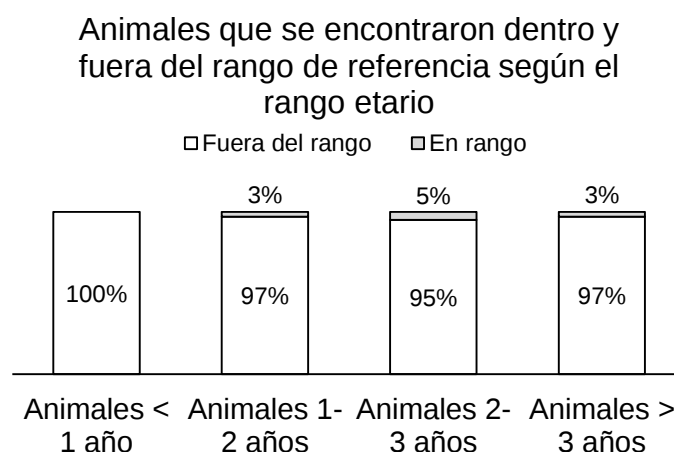


Figura 22. Animales cuyos valores hematológicos se encontraron dentro y fuera del rango de referencia según la edad



En el estudio realizado, se encontró un alto grado de alteración hematológica, situación preocupante, dado que estas alteraciones ocasionan disminución en los parámetros productivos, esto reflejado en pérdidas económicas para el productor como un déficit en el bienestar animal.

En cuanto al sexo, no se observó una relación directa de las alteraciones con el sexo de los animales, dado que, tanto machos como hembras, fueron afectados de igual forma en los dos grupos (menores de 1 año y mayores de 1 año).

Se observó que todos los animales que conformaban el grupo de menores de 1 año presentaron alteración en al menos una de las variables evaluadas; en el caso de los animales del grupo con edades comprendidas entre los 2 a 3 años, presentó el porcentaje más bajo de animales con alteraciones hematológicas, representado por el 95% de los animales que comprenden este grupo.

6.1 ANALISIS DEL HEMOGRAMA

Dentro del hemograma se analiza los cambios cuantitativos de las células hemáticas, principalmente el análisis se puede dividir en tres componentes: línea roja (GR, HTC, Hgb, VCM, HCM, CHCM), línea blanca (GB, leucocitos, linfocitos, granulocitos, monocitos, células en banda) y línea plaquetaria (plaquetas).

Figura 23. Porcentaje de animales con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica.

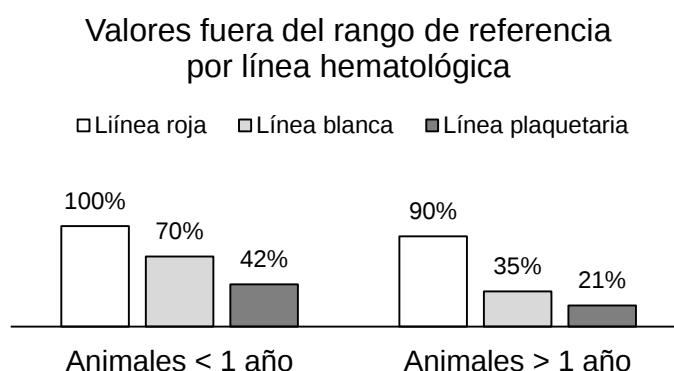


Figura 24. Porcentaje de machos con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica.

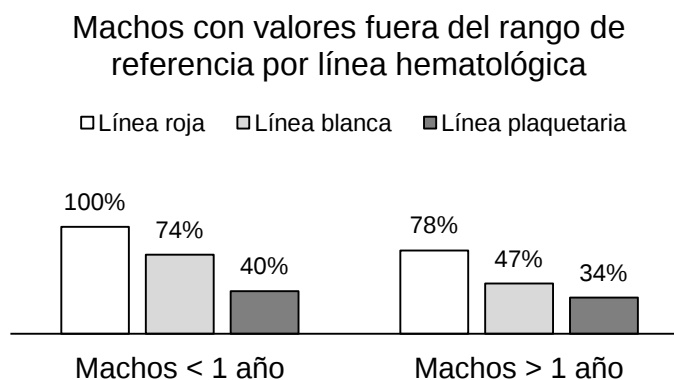


Figura 25. Porcentaje de hembras con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica.

Hembras con valores fuera del rango de referencia por línea hematológica

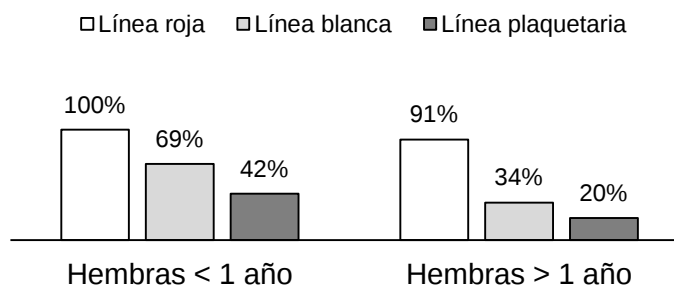
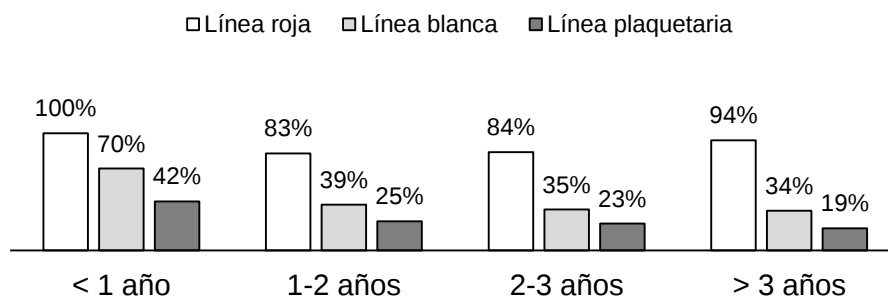


Figura 26. Porcentaje de animales con valores hematológicos fuera del rango de referencia por línea hematológica según el rango etario.

Valores fuera del rango de referencia por línea hematológica según el rango etario



En un análisis general del grupo de estudio, se determinó que la línea hematológica que presentó mayor alteración en el recuento de al menos una variable que la compone, fue la línea roja, seguida de la línea blanca y finalmente la línea plaquetaria; este patrón se observó en todos los grupos conformados, tanto por sexo como por edad.

Se encontró mayor afectación en el grupo de animales menores de 1 año, en comparación con los animales mayores a 1 año.

Los machos de este estudio presentaron un porcentaje menor de animales con alteraciones en sus analitos, en comparación con las hembras de este estudio, las cuales presentaron porcentajes más altos de alteraciones en la línea roja, blanca y plaquetaria. Como menciona Ramírez et al., al citar a Schalm et al., y Jones et al., “las variaciones en los valores hematológicos de los bovinos se han atribuido a distintos estados fisiológicos de los animales, tales como el sexo, la edad, fase de lactación,

gestación, entre otras”¹⁴⁵, además añade, “en estudios reportados por D’Angelino et al., se señalaron variaciones en la composición sanguínea durante el periodo periparturiento”¹⁴⁶. Lo que se reporta anteriormente, presenta una posible explicación a la diferencia en la presentación de las alteraciones entre machos y hembras, sin embargo, no existen estudios en la región que corroboren esta explicación.

Al realizar el análisis de los diferentes grupos etarios se encontró que los animales menores de un año tenían sus valores hematológicos más alterados, al igual que los mayores de 3 años. Los bovinos entre 1 y 2 años, y 2 a 3 años, presentaron los porcentajes más bajos de alteraciones hematológicas en este estudio.

Cabe resaltar que se considera alteraciones hematológicas los valores que se encontraron por encima o por debajo de los rangos de referencia para este estudio. A continuación, se muestra los resultados por variable hematológica y se presenta el porcentaje de casos que se encontraron por encima del rango referencial o por debajo de este mismo.

6.1.1 Análisis de la línea roja. La línea roja comprende los valores de GR, HTC, Hgb, VCM, HCM y CHCM.

Figura 27. Valores de línea roja por variable en animales menores de 1 año.

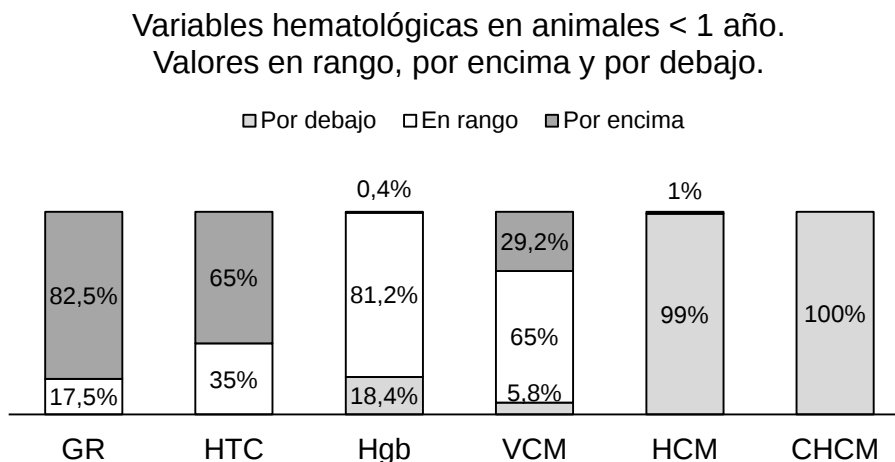


Figura 28. Valores de línea roja por variable en animales mayores de 1 año.

¹⁴⁵ HEMATOLOGÍA Y PERFILES METABÓLICOS EN HEMBRAS PERIPARTORIENTAS CON PREDOMINANCIA RACIAL CARORA, Ramírez-Iglesia. L N, Soto-Belloso, E., Morillo, L, J. G y Díaz de Ramírez, A

¹⁴⁶ Ibíd

Variables hematológicas en animales > 1 año.
Valores en rango, por encima y por debajo.

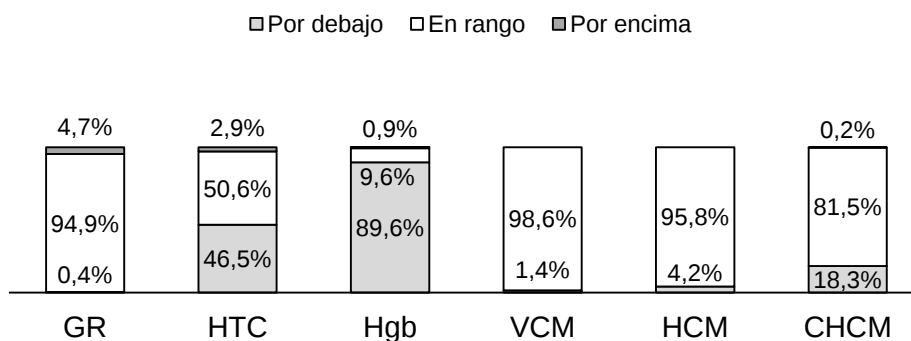


Figura 29. Valores de línea roja por variable en machos menores de 1 año.

Variables hematológicas en machos < 1 año.
Valores en rango, por encima y por debajo.

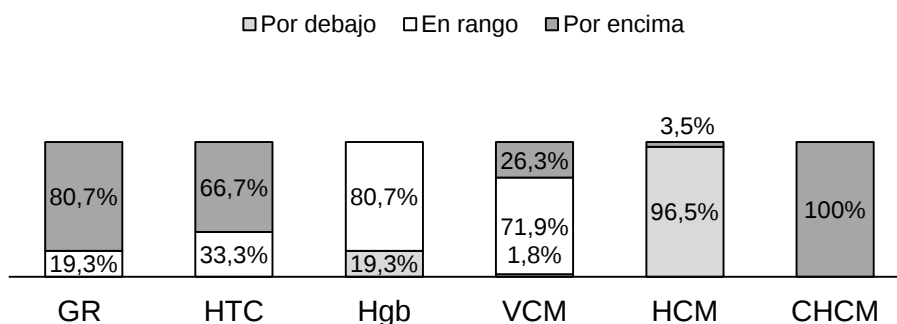


Figura 30. Valores de línea roja por variable en machos mayores de 1 año.

Variables hematológicas en machos > 1 año.
Valores en rango, por encima y por debajo.

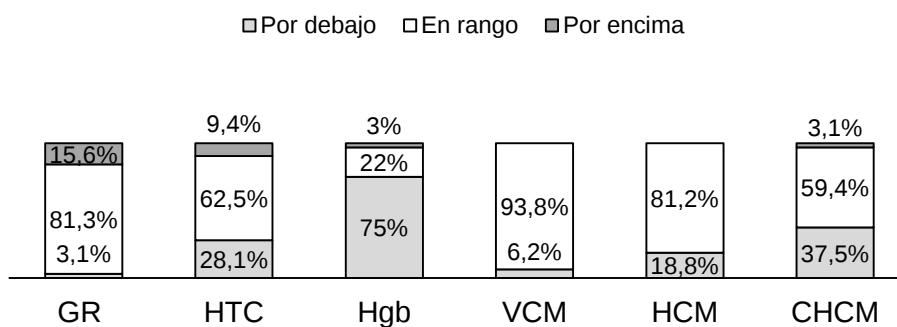


Figura 31. Valores de línea roja por variable en hembras menores de 1 año.

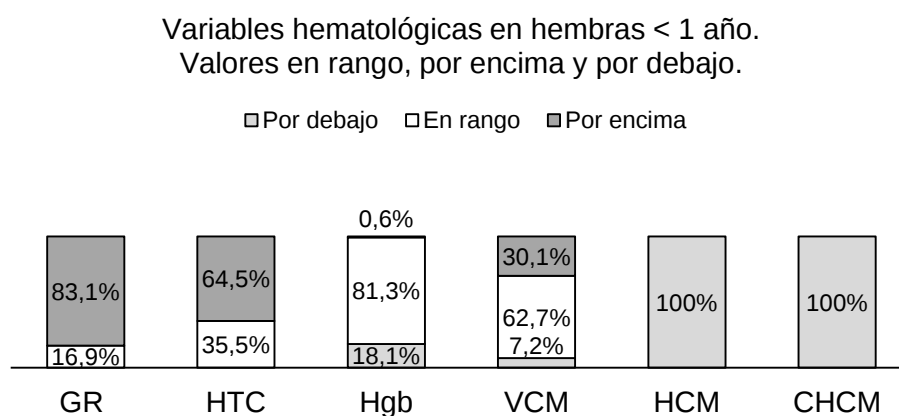


Figura 32. Valores de línea roja por variable en hembras mayores de 1 año.

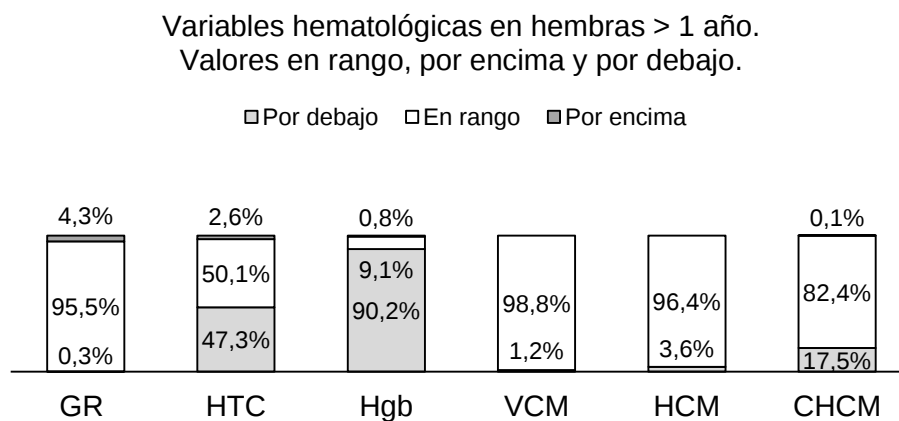


Figura 33. Valores de línea roja por variable en animales menores de 1 año.

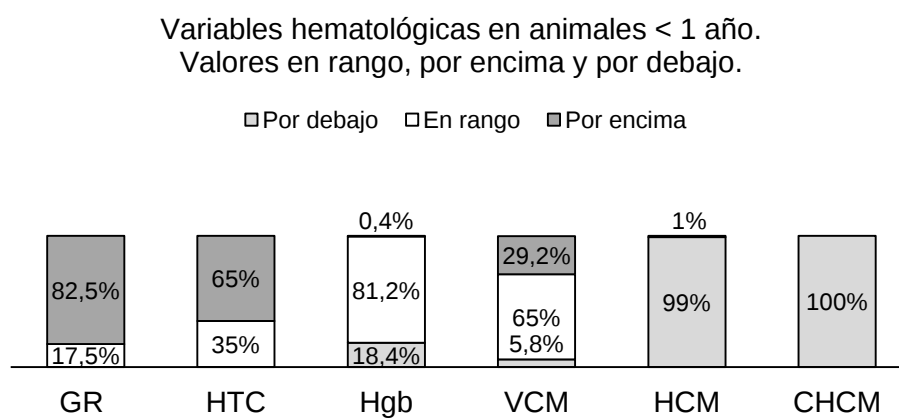


Figura 34. Valores de línea roja por variable en animales de 1-2 años.

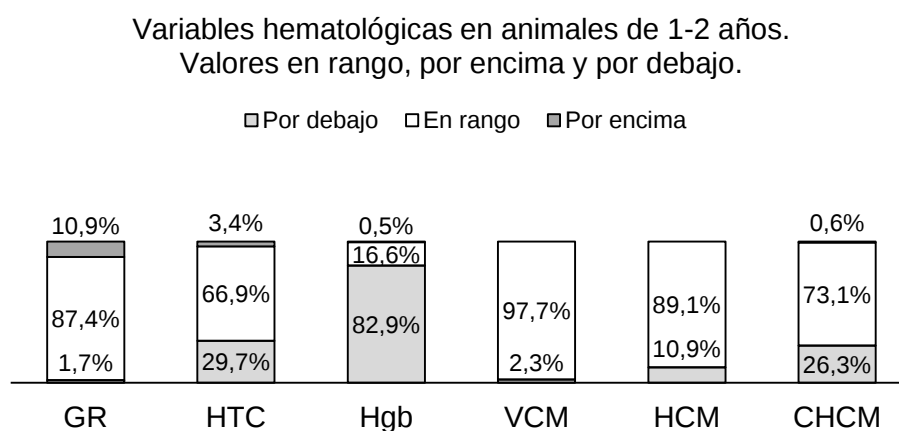


Figura 35. Valores de línea roja por variable en animales de 2-3 años.

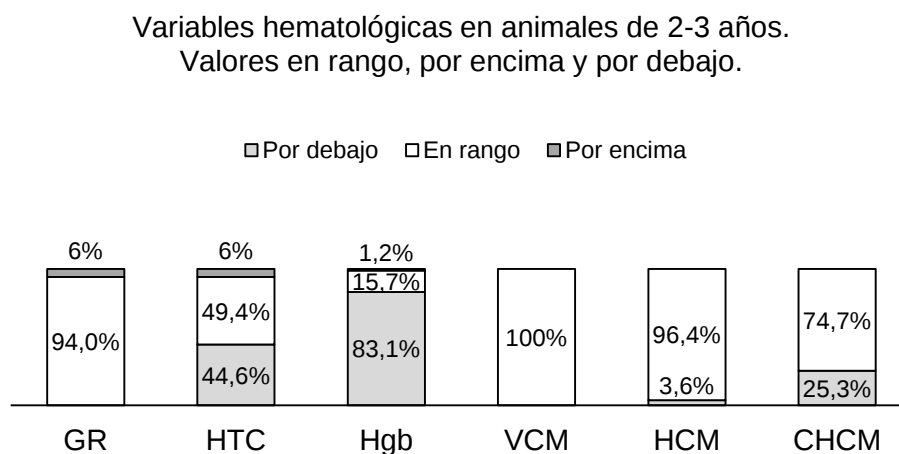
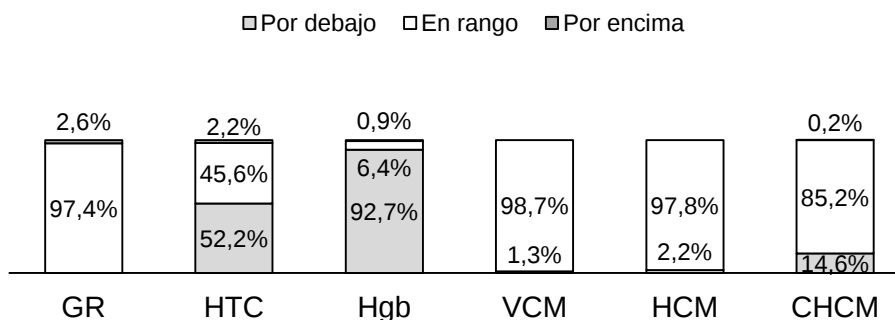


Figura 36. Valores de línea roja por variable en animales mayores a 3 años.

Variables hematológicas en animales > 3 años.
Valores en rango, por encima y por debajo.



En la línea roja, las principales alteraciones a identificar son la existencia de anemia y de eritrocitosis, cada una de estas, como se ha mostrado previamente, tiene una clasificación de acuerdo a sus características. Tal como lo manifiesta Jones et al.¹⁴⁷, las principales variables que permiten el análisis del estado eritrocitario del paciente son HTC, VCM y CHCM, dado que estas permiten un correcto análisis del contenido real de hemoglobina en el eritrocito (CHCM), su tamaño (VCM) y la concentración de eritrocitos en el organismo (HTC); variables como Hgb, permiten el cálculo de variables de mayor interés analítico, como CHCM, dado que el aumento o descenso real del contenido de Hgb solo se puede determinar conociendo sus concentraciones dentro del eritrocito (CHCM)

6.1.1.1 HTC, VCM, CHCM. Tal como se ha mencionado anteriormente, los valores de HTC por debajo de rango referencial para la especie, se conoce como anemia, y los valores por encima de este rango referencial, se conoce como eritrocitosis. Los valores de VCM y CHCM nos permiten clasificar la anemia y así hallar posibles causas a esta.

Como lo explican Stockham y Scott, “la eritrocitosis hace referencia a un aumento en los niveles eritrocitarios en sangre. Esto se evidencia principalmente con el aumento en los valores de HTC y GR”¹⁴⁸.

En la figura 27 se muestran los valores hematológicos obtenidos en animales menores de 1 año, en los cuales se observó únicamente aumento en los niveles de HTC, correspondiente al 65% de los animales que comprendían el grupo; a diferencia del grupo que comprendía a los animales mayores de 1 año, que presentaron el 2,9% de eritrocitosis (figura 28). En un análisis más exhaustivo relacionado a este aumento en HTC con el sexo de los animales estudiados, se encontró que tanto machos y hembras se vieron afectados en igual medida, dado que entre el 64 y 66% de los machos y

¹⁴⁷ JONES, Op. Cit., p. 379.

¹⁴⁸ STOCKHAM, Steven y SCOTT, Michael. Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology [libro digital]. 2 ed. Blackwell Publishing, 2008. p. 321. ISBN-13: 9780813800769. [Consultado: 20 de agosto de 2020].

hembras menores de 1 año presentaron valores superiores a los referentes para la especie en condiciones de altitud (figura 29 y 31). A diferencia del grupo de animales mayores de 1 año, en el cual se encontró una mayor afectación en los machos (9,4%) que en las hembras (2,6%) (figura 31 y 32).

Si se analiza los valores obtenidos en animales menores de 1 año, de entre 1-2 años, 2-3 años y mayores de 3 años, se encontró que los animales más jóvenes (< 1 año) eran los que contenían valores más altos de HTC (figura 33) con respecto a los valores de referencia instaurados para este estudio, mientras que los demás grupos etarios manifestaron bajos porcentajes de aumento en HTC (figura 34, 35 y 36).

Tal como lo explica Stockham y Scott, “el termino policitemia vera es usado cuando el aumento eritrocitario se debe a la proliferación neoplásica de todos los precursores de las células de la médula ósea que produce eritrocitosis, leucocitosis y trombocitosis”¹⁴⁹. Por esta razón, en los casos hallados no se habla de policitemia, sino, de eritrocitosis.

Adicionalmente, Jones et al.¹⁵⁰, comentan, cuando los animales se encuentran en condición de altura (> 2500 msnm) es normal encontrar una eritrocitosis o policitemia secundaria apropiada, como mecanismo adaptativo a los bajos niveles de oxígeno disponible, esto explicaría la razón por la cual es más acentuada en animales jóvenes, debido a que están realizando un mecanismo adaptativo a su medio. Por esta misma razón encontramos un menor número de casos en animales adultos.

Cabe aclarar que no se pueden descartar otras posibles causas a esta alteración, la eritrocitosis puede deberse a cuadros de deshidratación, lo cual se podría corroborar en próximos estudios determinando el nivel de PPT (Proteínas Plasmáticas Totales); por otra parte, es común encontrar en cuadros de estrés por diversas causas, aumentos en los valores de HTC, tal como lo reportan Stockham y Scott¹⁵¹

6.1.1.2 Anemia. La anemia, como lo explica Stockham y Scott, “es un decrecimiento en los niveles de GR, Hgb o en el valor de HTC”, y continua, “la anemia es un estado patológico más que una enfermedad y su mayor importancia es la capacidad reducida de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos”¹⁵².

A nivel general, Tan solo los animales mayores de 1 año presentaron valores por debajo de la referencia en HTC, siendo el 45,6% de los animales estudiados. De estos, el 28,1% de los machos se encontraron en esta situación, mientras que el 47,3% de las hembras presentaron niveles bajos de HTC. Los animales mayores de 3 años fueron los más afectados, dado que el 52,2% de estos presentó bajos niveles de HTC, en

¹⁴⁹ Ibíd., p. 322.

¹⁵⁰ JONES, Op. Cit., p. 389.

¹⁵¹ STOCKHAM, Op. Cit., p. 322

¹⁵² Ibíd., p. 250.

comparación, los animales menores de 1 año fueron los menos afectados con el 0% de los animales, seguido por los animales de 1 a 2 años, con el 29,7%.

Los aparentes cuadros de anemia encontrados, fueron clasificados según sus índices eritrocitarios en: anemia normocítica-normocrómica, anemia normocítica-hipocrómica, anemia microcítica-normocrómica. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Figura 37. Clasificación de anemias en animales mayores a 1 año.

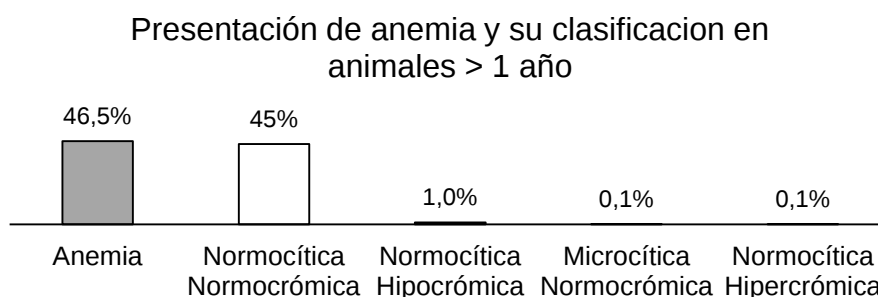


Figura 38. Clasificación de anemias en machos y hembras mayores a 1 año.

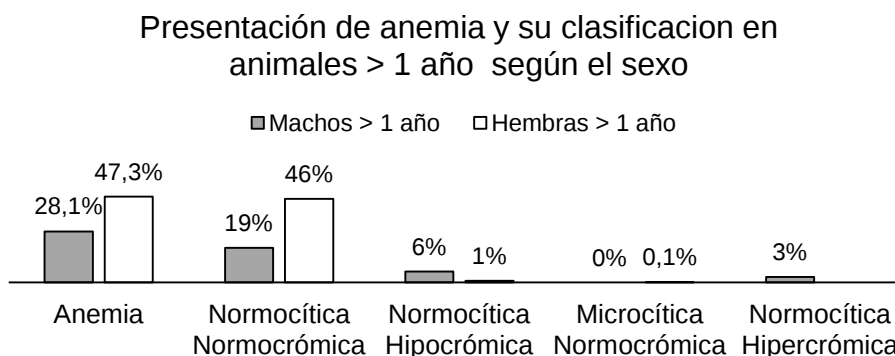
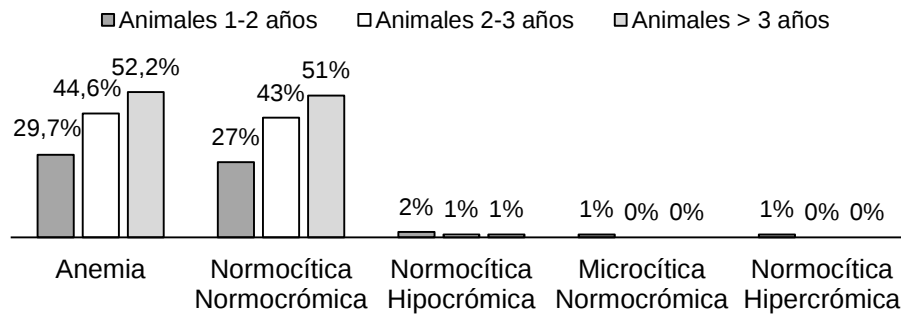


Figura 39. Clasificación de anemias por rango etario.

Presentación de anemia y su clasificación según el rango etario



Al realizar la clasificación de cada uno de los casos de anemia, se encontró un caso de anemia normocítica-hipercrómica el cual fue excluido, debido a que, como lo reporta Jones et al.¹⁵³ y Núñez¹⁵⁴, la hipercromasia es relacionada a procesos de hemólisis in vitro o in vivo y puede deberse, principalmente, a errores humanos en la toma, conservación y procesamiento de la muestra, por lo cual aclaran que la verdadera hipercromasia no existe.

- **Anemia normocítica-normocrómica.** Tal como lo explica Ramírez¹⁵⁵, este tipo de anemia se caracteriza por presentar VCM y CHCM dentro de los rangos de referencia. Este tipo de anemia fue la de mayor presentación en toda la población estudiada (figura 37, 38 y 39).

Ramírez explica que “las causas que podrían llevar a la presentación de esta son: insuficiencia renal crónica, administración de fármacos como estrógenos y el empleo de sulfas, hemorragias agudas y hemólisis”¹⁵⁶; además, Benavides complementa que este tipo de anemia “ocurre cuando hay depresión selectiva de la eritrogénesis en enfermedades crónicas: infecciones, nefritis con uremia, neoplasias, ciertas enfermedades endocrinas, en esos casos la respuesta de los reticulocitos está ausente o es insignificante; puede ser debida a deficiencia en la elaboración de eritropoyetina, depresión de la medula ósea o utilización defectuosa del hierro”¹⁵⁷.

Las posibles causas anteriormente mencionadas, no son consideradas como diagnósticos en el grupo de estudio, debido a que estas patologías requieren de métodos diagnósticos adicionales para ser determinadas, y en el caso de ser causadas por aplicación de medicamentos, debe corroborarse el uso de estos.

¹⁵³ JONES, Op. Cit., p. 379

¹⁵⁴ NÚÑEZ, Luis. Relación del hematocrito y las proteínas totales. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 41. [Consultado: 16 de agosto de 2020].

¹⁵⁵ RAMÍREZ, Op. Cit., p. 49.

¹⁵⁶ Ibíd., p. 50

¹⁵⁷ BENAVIDES, Janeth. Anemia [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 80 diapositivas. [Consultado: 16 de agosto de 2020].

- **Anemia normocítica-hipocrómica.** Benavides¹⁵⁸ explica que este tipo de anemia se caracteriza por presentar VCM dentro de los valores de referencia y CHCM disminuido.

Este tipo de anemia tuvo mayor presentación en los machos de entre 1 a 2 años. Dentro de las principales causas que podrían llevar a la presentación de este tipo de anemia, explica Benavides, se encuentran “infección por gusanos gástricos, excluyendo *Haemonchus spp.*, que causa pérdida de sangre, leucemia u otro reemplazo de la medula ósea (mieloptisis)”¹⁵⁹.

- **Anemia microcítica-normocrómica.** Según Stockham y Scott¹⁶⁰, este tipo de anemia se caracteriza por presentar niveles bajos de VCM junto a niveles de CHCM dentro de los valores de referencia.

En los animales estudiados solo se presentó un caso de este tipo de anemia, que correspondía a una hembra con edad entre 1 a 2 años. Stockham y Scott, aclaran que “las causas más probables son: deficiencia de Fe (temprana o leve), antes de causar una anemia microcítica hipocrómica, insuficiencia hepática por enfermedad hepática o derivaciones portosistémicas que conllevan a un defecto en el transporte de Fe a los precursores de eritrocitos y cambios in vitro, debido a errores en la toma, almacenamiento o procesamiento de la muestra”¹⁶¹.

Tal como se muestra en la figura 27, en los animales menores de 1 año se encontró que el 100% de los animales tenían valores de HCM y CHCM por debajo de la referencia, esto contrasta con lo reportado por Ruilova¹⁶², Sigua¹⁶³ y Moreno¹⁶⁴, los cuales encontraron valores por encima de la referencia para estos parámetros en animales en condición de altitud (> 2.500 msnm).

Además, se encontró que el 29,2% de los animales menores de 1 año, tenían los valores de VCM por encima del rango, conocido como macrocitosis, y el 5,6% con valores por debajo del rango referencial, es decir microcitosis. Una de las posibles causas de la presentación de macrocitosis en este grupo etario puede ser un conteo de

¹⁵⁸ Ibíd.

¹⁵⁹ Ibíd.

¹⁶⁰ STOCKHAM, Steven y SCOTT, Michael. Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology [libro digital]. 2 ed. Blackwell Publishing, 2008. p. 255. ISBN-13: 9780813800769. [Consultado: 20 de agosto de 2020].

¹⁶¹ Ibíd., p. 255 – 259.

¹⁶² RUILOVA, Ricardo. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos Holstein machos aparentemente sanos en condiciones de altitud [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de medicina veterinaria y zootecnia. 2019. p. 76. [Consultado: 24 de agosto de 2020].

¹⁶³ SIGUA, Op. Cit., p. 93.

¹⁶⁴ MORENO, N.P. Valoración clínico hematológica de bovinos *bos indicus* pre y post esplenectomía y post inoculación con una dosis patógena de *bebesia bovis*. 2009.

reticulocitos, muy presentes en animales jóvenes debido a su alto nivel de recambio celular y maduración de estas. Tvedten, explica que “la microcitosis en bovinos puede estar relacionada principalmente con deficiencia de hierro”¹⁶⁵.

6.1.2 Análisis de la línea blanca. En cuanto al leucograma, los animales menores de 1 año de edad, presentaron en un 70% leucopenia y tan solo el 30% de la población de estudio, tenía su leucograma dentro de rangos normales; el 88% de los animales mayores de 1 año presentan su conteo de glóbulos blancos dentro de los rangos normales, 8% de la población con leucopenia y 4% con leucocitosis.

Figura 40. Valores de línea blanca en animales menores y mayores de 1 año.

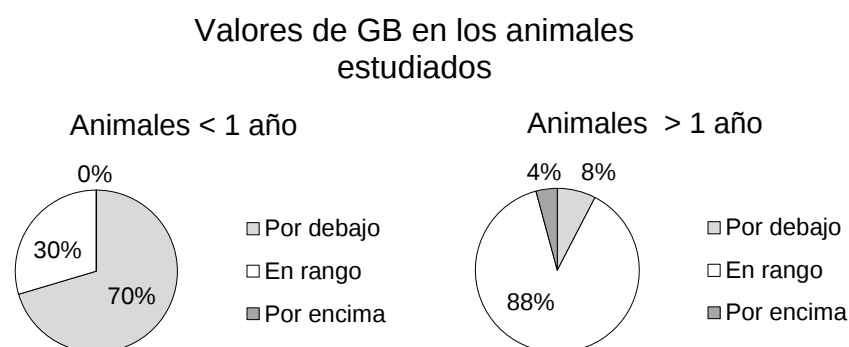


Figura 41. Valores de línea blanca en machos menores y mayores de 1 año.

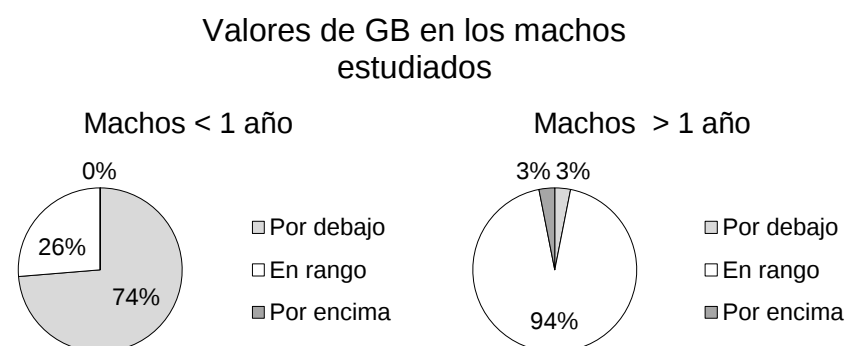


Figura 42. Valores de línea blanca en hembras menores y mayores de 1 año.

¹⁶⁵ TVEDTEN, Harold. Laboratory and Clinical Diagnosis of Anemia. En: Schalm's veterinary hematology [libro digital]. 6 ed. Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 158. ISBN 978-0-8138-1798-9. [Consultado: 24 de agosto de 2020].

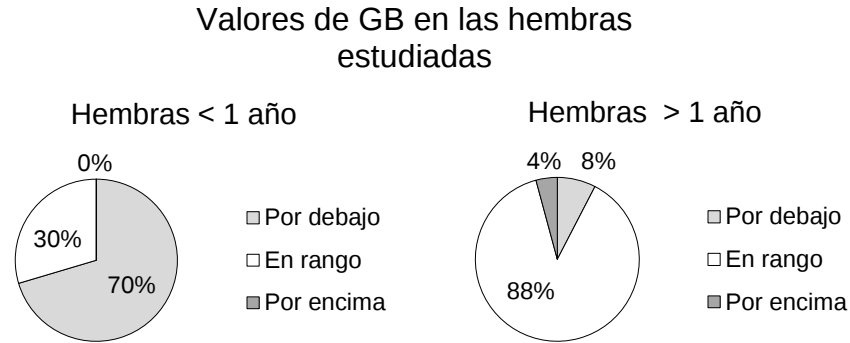


Figura 43. Valores de línea blanca en animales según grupo etario.

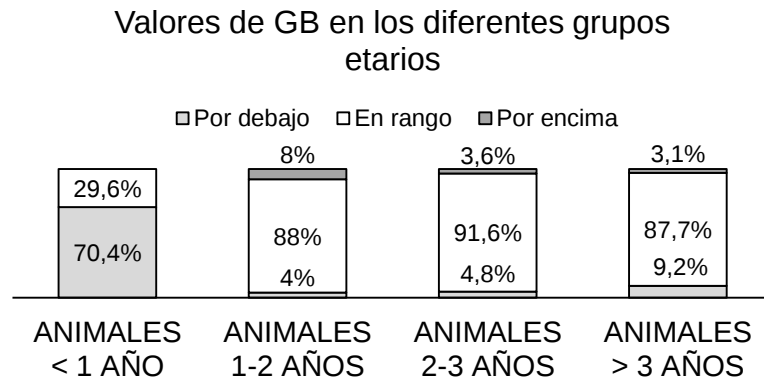


Figura 44. Valores de línea blanca en animales menores de 1 año.

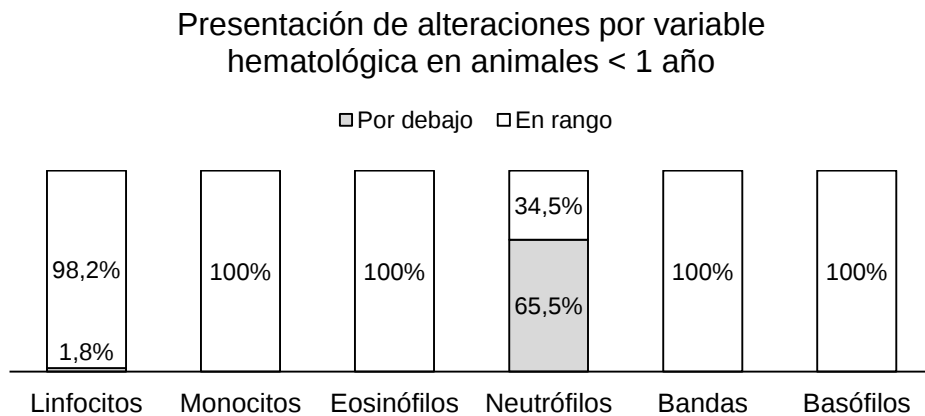


Figura 45. Valores de línea blanca en animales mayores de 1 año.

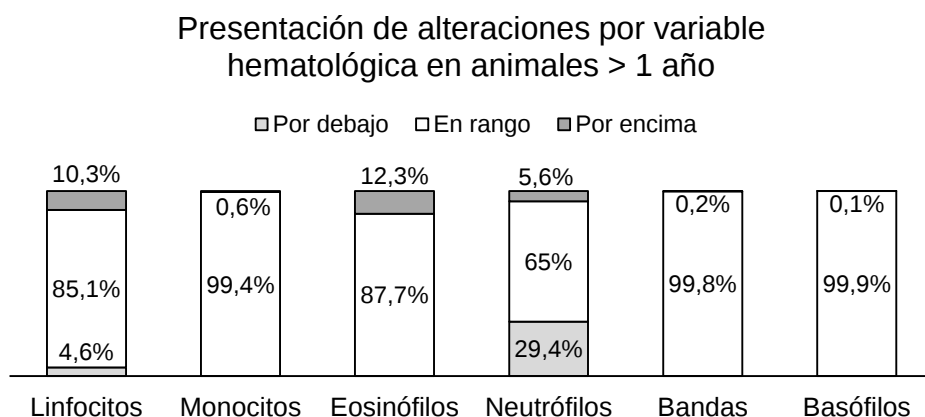


Figura 46. Valores de línea blanca en machos menores de 1 año.

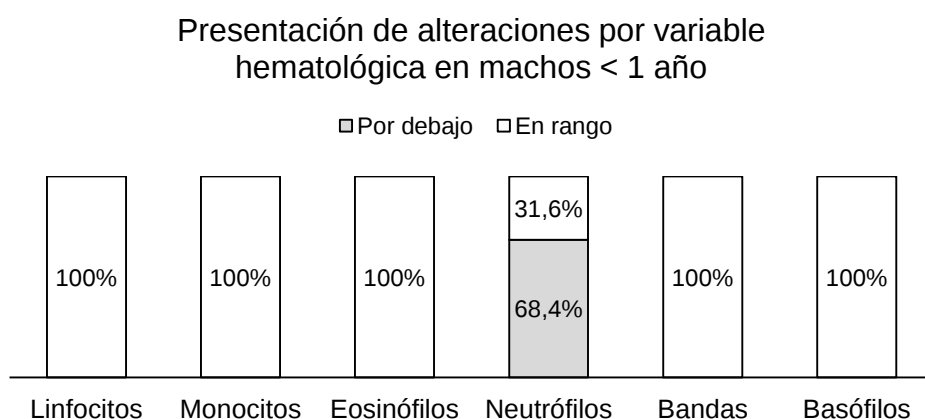


Figura 47. Valores de línea blanca en machos mayores de 1 año.

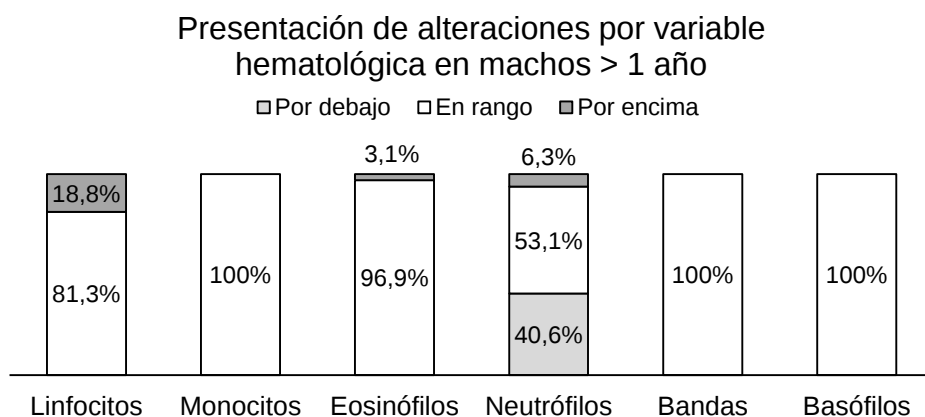


Figura 48. Valores de línea blanca en hembras menores de 1 año.

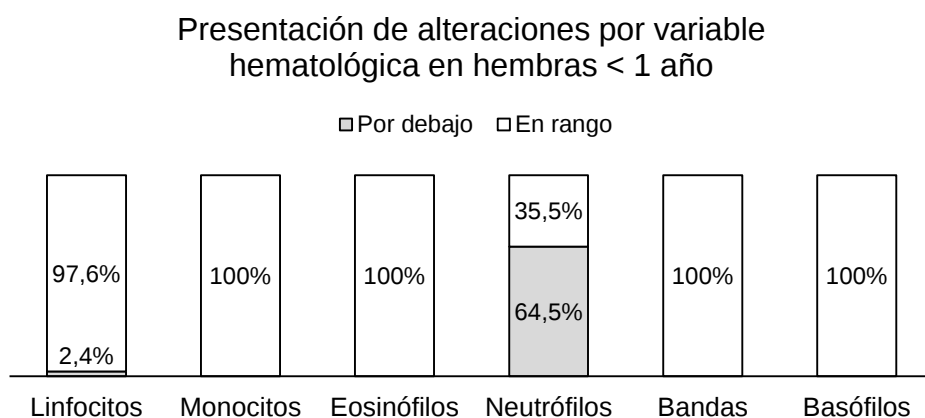


Figura 49. Valores de línea blanca en hembras mayores de 1 año.

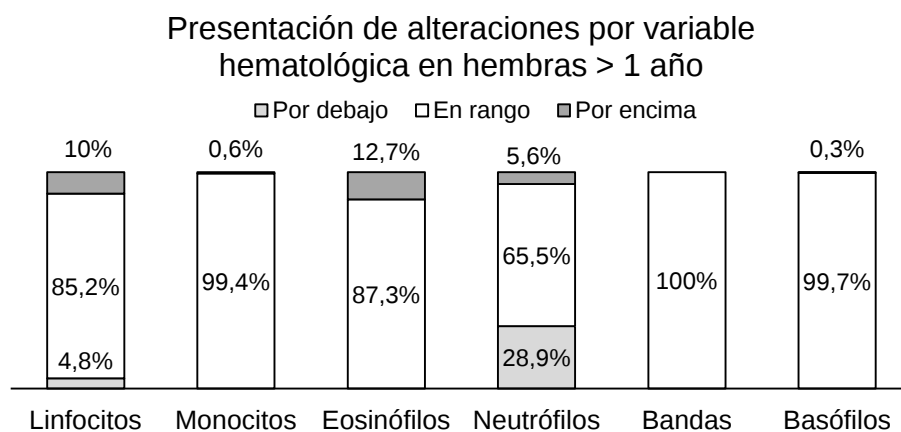


Figura 50. Valores de línea blanca en animales menores de 1 año.

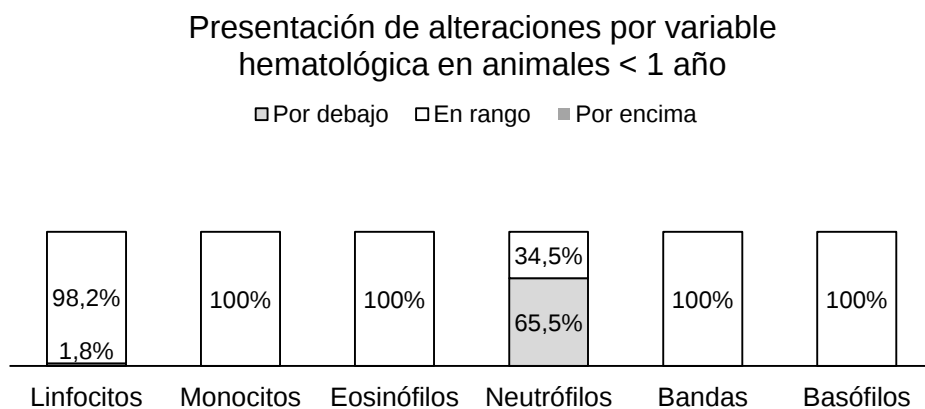


Figura 51. Valores de línea blanca en animales de 1-2 años.

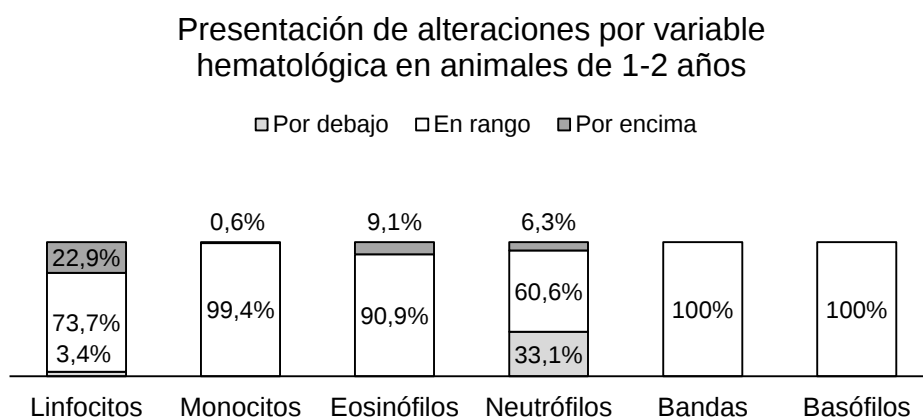


Figura 52. Valores de línea blanca en animales de 2-3 años.

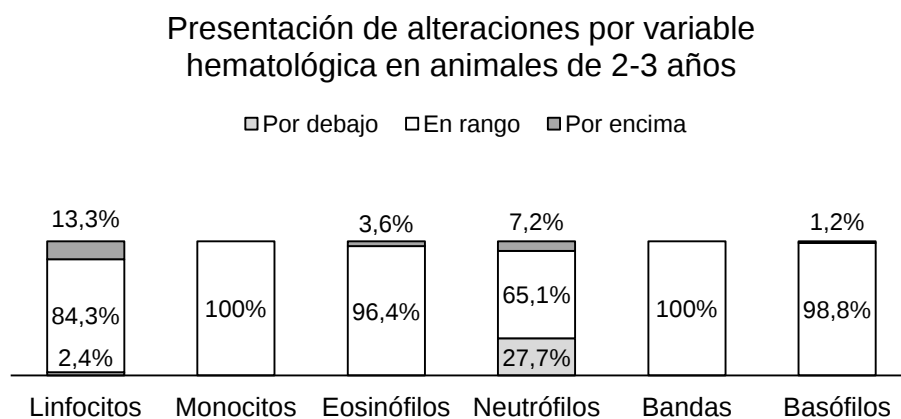
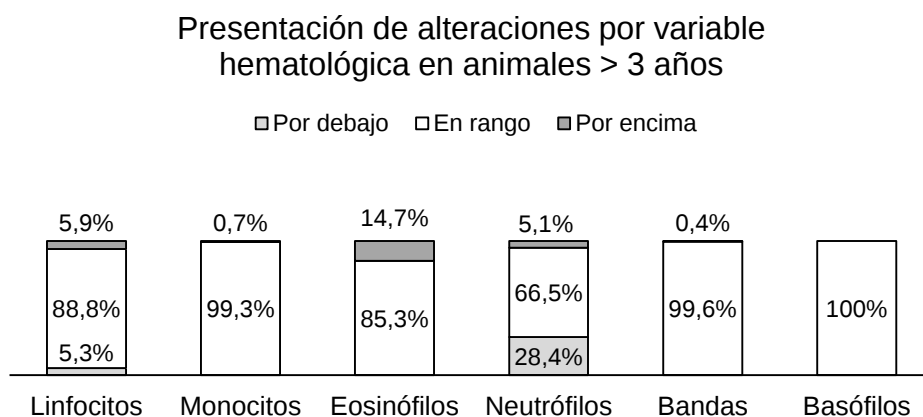


Figura 53. Valores de línea blanca en animales mayores a 3 años.



El recuento leucocitario en cuanto al grupo etario (figura 43), se encontró por debajo del rango normal en animales menores de 1 año, en un 70,4% de la población, un 4% en animales de 1-2 años, 4,8% de 2-3 años y 9,2% en mayores de 3 años de edad; en cuanto al aumento de leucocitos, un 8% de los animales de 1-2 años, 3,6% en bovino de 2-3 años y un 3,1% de animales mayores de 3 años, presentaron conteo leucocitario por encima del rango; con esto se evidencia que la leucopenia fue mayor en menores de 1 año y la leucocitosis estuvo presente en los grupos etarios mayores de 1 año, siendo mayor en animales de 1-2 años.

“De acuerdo con la función específica de cada tipo de célula leucocitaria y cumpliendo las características determinadas por la especie y la edad se produce una orgánica más o menos característica a los diversos estímulos ya sean agentes tóxicos, virales, bacterianos o parasitarios”¹⁶⁶; en el presente estudio los animales menores de 1 año no presentaron leucocitosis, lo cual no es compatible con lo que afirma Benjamin¹⁶⁷, él expresa que, “los leucocitos son células sanguíneas que cambian sus valores considerablemente después del nacimiento, por esto, en las primeras etapas de vida se encuentran valores sumamente altos, que se consideran como una leucocitosis fisiológica en terneros”, por el contrario el 70,4% de estos animales presentaron leucopenia, paralelamente un 65,5% de estos animales presentaron neutropenia y un 1,8% linfopenia (figura 44).

La leucopenia podría estar “asociada con periodos de alta parasitemia”¹⁶⁸, paralelo a esto los animales menores de 1 año no presentaron leucocitosis, pero un 10,3% de los animales mayores a 1 año de edad presentaron leucocitosis (figura 45), según Guitierrez “la elevación de leucocitos generalmente se debe a procesos infecciosos, inflamatorios o incluso, asociado con el estrés sufrido por el animal a la hora de la toma de muestra”¹⁶⁹.

La disminución de neutrófilos fue una alteración notoria en la mayoría de grupos etarios, en los animales menores de 1 año, el 65,5% de los bovinos presentaron neutropenia, en los animales mayores de 1 año se presentó neutropenia en un 29,4% de la población; dentro de este grupo de animales el 33,1% son de 1-2 años de edad, el 27,7% de 2-3 años y 28,4% mayores de 3 años. La presentación de neutrofilia, fue mayor en animales de 2-3 años de edad, con un 7,2% de sus animales, seguido por un 6,3% de los animales de 1-2 años, 5,1% de los animales mayores de 3 años; en los animales menores de 1 año no se presentaron casos de neutrofilia (figuras 44, 45, 50, 51, 52, 53).

¹⁶⁶ RAVE, Gustavo y TRHEEBILCOCK, Enrique. Op. Cit, p. 2. [Consultado: 21 de octubre de 2020]. CK- ISSN 0018-8794.

¹⁶⁷ BENJAMÍN, M. Manual de patología clínica en veterinaria. México D.F., México: Ed. Limusa. 1991. Citado por: PALACIOS, Op. Cit., p. 51-58. [Consultado: 4 de septiembre de 2020].

¹⁶⁸ Ibid.

¹⁶⁹ GUITIERREZ, C. Principios de la anatomía. Fisiología e higiene. Limusa S.A. Mexico D. F. 2004. [Consultado: 4 de septiembre de 2020].

En cuanto a los neutrófilos en banda o neutrófilos jóvenes se encontró alteración en 2 bovinos hembras mayores de 3 años, correspondientes al 0,3% de las hembras mayores de 1 año y al 0,4% de los animales mayores de 3 años (figura 49 y 53). Siendo la primera línea de defensa, los neutrófilos se pueden ver aumentados por una inflamación leve o moderada, pero “existen 3 principales patrones de respuesta leucocitaria que pueden dar como resultado una neutrofilia: leucograma inflamatorio, leucograma de stress y una excitación o respuesta leucocitaria”¹⁷⁰

En el presente estudio, no se dio una manifestación tan marcada de neutrofilia, aunque si se presentó principalmente en los animales mayores de 1 año al igual que en el estudio de Valores hematológicos en bovinos del Valle del Sinú donde Rave y Trheebilcock¹⁷¹ observaron que los animales mayores tienen más cantidad de este tipo de células que en los animales jóvenes. Cabe aclarar que si existe neutrofilia no significa que habrá una leucocitosis o de presentar una leucocitosis no siempre va a estar asociada a neutrofilia¹⁷².

Los linfocitos fueron uno de los analitos con mayor variación en sus resultados. La linfocitosis se presentó en un 22,9% de animales de 1-2 años de edad, 13,3% en bovinos de 2-3 años y 5,9% en mayores de 3 años de edad; en los animales menores de 1 año, no se presentaron casos de linfocitosis (figuras 50, 51, 52, 53). La elevación de los linfocitos fue más marcada en los animales mayores de 3 años de edad, por el contrario, en animales menores de 1 año, los casos fueron muy pocos.

La linfocitosis patológica, según Cremaschi¹⁷³, es inusual en rumiantes, pero puede estar asociada con infecciones virales crónicas, enfermedades piógenas crónicas o enfermedades autoinmunes. En un estudio sobre el leucograma en novillas y becerros de 2 años y 6 meses de edad realizado por Espinoza et al¹⁷⁴ menciona que la mayoría de estudios describen en los rumiantes infectados con *T. vivax* una leucopenia inicial, casi siempre en las tres semanas post-infección o se manifiesta una leucocitosis coligada al desarrollo de una neutropenia y linfocitosis.

En este caso el descenso de leucocitos en la mayoría de animales con alteración puede deberse a una infección temprana por hemoparásitos, ello explicaría la leucopenia y podría relacionarse con la totalidad de animales con alteraciones en leucograma, los animales que presentan neutropenia y linfocitosis podrían estar en una etapa más avanzada de infección, cabe resaltar que este punto de comparación se aplica al grupo en general de estudio y no en algún grupo en específico, como tampoco estaría relacionado directamente con *T. vivax*, si no con hemoparásitos en bovinos en general.

¹⁷⁰ JONES, Op. Cit. Citado por: CREMASCHI, Op. Cit., p. 13. [Consultado: 6 de septiembre de 2020].

¹⁷¹ RAVE, Op. Cit., p. 4. [Consultado: 6 de septiembre de 2020].

¹⁷² SIGUA, Op. Cit., p. 38. [Consultado: 17 de agosto de 2020].

¹⁷³ JONES, Op. cit. Citado por: CREMASCHI, Op. Cit., p.12. [Consultado: 5 de septiembre 36 de 2020].

¹⁷⁴ ESPINOZA, Emir; GONZÁLEZ, Nersa; ASO, Pedro; CABALLERO Henry; FUENMAYOR, Jahely e HIDALGO, Luis. Leucograma en novillas y becerros (Holstein) infectados con una cepa venezolana de *Trypanosoma Vivax*., Brasília, marzo. 2000 vol. 35, nro. 3. p. 3. [Consultado: 6 de septiembre de 2020].

Según Cremachi¹⁷⁵ el número de monocitos en ganado no son un indicador sensible de enfermedades, además pueden verse aumentados en procesos inflamatorios crónicos, necrosis tisular, hemolisis o también como respuesta a estrés y valores bajos han sido asociados con endotoxemia y viremia. En cuanto al conteo de monocitos, los bovinos menores de 1 año y de 2-3 años de edad, no presentaron alteración, en los bovinos de 1-2 años, un 0,6% de este grupo etario presento monocitosis y de los bovinos mayores a 3 años, un 0,7% de los animales. (figura 50, 51, 52 y 53).

En el estudio de tripanosomiasis Espinoza et al¹⁷⁶, citan a Anosa, Sandoval et al, Murray y Dexter, ya que en sus estudios sobre tripanosomiasis señalan la monocitosis como un hallazgo consistente en rumiantes infectados con *T. vivax*. Pero en el presente estudio solo 0,58% del total de la población presentaron monocitosis, es decir 6 animales, lo cual no es una alteración representativa dentro del leucograma. Por otra parte, Rave y Trheebilcock¹⁷⁷ afirman que los monocitos aumentan al doble durante las primeras semanas de vida, pero después parecen no estar influenciados por la edad.

Los basófilos presentaron alteraciones únicamente en un bovino (1.2%) de 2-3 años de edad (figura 52); “el bajo número de estas células en circulación no permite detectar influencia de la edad”¹⁷⁸. Estos pueden verse aumentados por dermatosis alérgicas e hipersensibilidad. La basofilia puede acompañarse de eosinofilia, pero este tampoco es el caso porque si se presentó eosinofilia, pero no un aumento de basófilos.

La eosinofilia puede ser “resultado de migración parasitaria, neumonía intersticial atípica, enfisema pulmonar agudo y rara vez, por la formación de anticuerpos en la leche del ganado lechero”¹⁷⁹; los valores de “eosinófilos también puede estar acompañando procesos inflamatorios agudos, respuesta al estrés o estar relacionados con la edad, puesto que en terneros se observa un menor número de eosinófilos que en los bovinos adultos”¹⁸⁰.

En este estudio, los bovinos mayores a 3 años presentaron el valor más alto de eosinofilia con el 14,7% de animales afectados, seguido de animales entre 1-2 años con el 9,1% de animales afectados y los animales entre los 2-3 años, con el 3,6% de los animales afectados; el 100% de los animales menores de 1 año se encontraron dentro del rango de referencia (figura 50, 51, 52 y 53); estos resultados podrían deberse a un proceso inflamatorio, estrés a la hora de la toma de muestra o presencia de nematodos en todos los grupos etarios y además el mayor número de eosinófilos en adultos mayores de 3 años se relaciona directamente con su edad. Teniendo en cuenta que en el municipio de Guachucal se manejan hatos lecheros, la eosinofilia se podría asociar a

¹⁷⁵ CREMASCHI, Op. Cit. p. 13.

¹⁷⁶ Ibíd.

¹⁷⁷ RAVE, Op. Cit., p. 93.

¹⁷⁸ Ibíd

¹⁷⁹ CREMASCHI, Op. Cit. p. 15.

¹⁸⁰ Ibíd.

que, en vacas lactantes, el incremento de estas células aparece cuando ellas desarrollan estados alérgicos contra su propia leche¹⁸¹.

Tabla 7. Comparación de porcentaje de animales con alteraciones en conteo leucocitario según el sexo en animales menores y mayores de 1 año

	Menores de 1 año		Mayores de 1 año	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Leucopenia	74%	70%	3%	8%
leucocitosis	0%	0%	3,1%	4,3%
Linfopenia	0%	2,4%	0%	4,8%
Linfocitosis	0%	0%	18.8%	10%
Monocitosis	0%	0%	0%	0,6%
Eosinofilia	0%	0%	3,1%	12,7%
Neutropenia	68,4%	64,5%	40,6%	28,9%
Neutrofilia	0%	0%	6,3%	5,6
Bandemia	0%	0%	0%	0%
Basofilia	0%	0%	0%	0,3%

En cuanto a la división por sexo, no se logra observar una variación en el conteo leucocitario, entre machos y hembras, puesto que tanto en mayores y menores de un año los conteos son similares, en cuanto a leucopenia tanto en machos como en hembras se presentó en un alto porcentaje de la población de esta edad, y estos grupos no presentaron leucocitosis; los mayores de 1 año machos y hembras, presentaron leucocitosis pero en un bajo porcentaje de la población, la leucopenia si es un poco mayor en hembras que en machos, pero la diferencia no es amplia. Se notó un aumento en la neutrofilia, tanto en machos como en hembras. La única célula de la línea blanca que parece estar relacionada con el sexo, son los linfocitos, ya que solo se presenta linfopenia en hembras mayores y menores de 1 año, pero los machos no presentan neutropenia en ninguno de los grupos etarios. tabla 8.

Tabla 8. Medias de variables hematológicas en animales menores de un año, según grupo etario y sexo.

Parámetro	Valores de referencia	Animales < 1 año		
		General	Machos	Hembras
HTC (%)	20,8 – 35	37,7	38,5	37,4
Hgb (g/dl)	10,2 – 15,7	11,3	11,6	11,2
VCM (ft)	33,7 – 40,8	39,2	38,8	39,3
HCM (pg)	18,4 – 24,3	11,9	12,2	11,9
CHCM (g/dl)	42,5 – 52,2	30,3	30,3	30,2

¹⁸¹ RAVE, Op cit. p. 3.

GR ($10^6/\text{ul}$)	4,32 – 8,14	9,7	9,9	9,6
GB ($10^3/\text{ul}$)	11,4 – 74,3	10,3	9,8	10,5
Linfocitos ($10^3/\text{ul}$)	2,7 – 64,1	7,6	7,4	7,6
Monocitos ($10^3/\text{ul}$)	0 – 7,4	0,1	0,1	0,1
Eosinófilos ($10^3/\text{ul}$)	0 – 5,9	0,3	0,2	0,3
Neutrófilos ($10^3/\text{ul}$)	2,6 – 28,2	2,4	2,1	2,4
Basófilos ($10^3/\text{ul}$)	0 – 1,5	0	0	0
Bandas ($10^3/\text{ul}$)	0 – 1,5	0	0	0
Plaquetas ($10^3/\text{ul}$)	100 – 800	755	742	759

Los animales menores a 1 año de edad, presentaron un aumento del hematocrito de 37.7%, el HCM por debajo del rango de referencia en 11,9pg, CHCM por debajo del valor normal en 30,3 g/dl, el conteo de glóbulos rojos por encima del rango en $9.7 \times 10^3/\text{ul}$; dentro de la línea blanca se presentó una disminución en neutrófilos, $2,4 \times 10^3/\text{ul}$.

Tabla 9. Medias de variables hematológicas en animales mayores a un año, según subdivisión etaria y sexo.

Parámetro	Valores de referencia	Animales > 1 año					
		General	Machos	Hembras	1-2 años	2-3 años	>3 años
HTC (%)	33 – 43	34,4	36,9	34,3	35,2	34,9	33,1
Hgb (g/dl)	11,9 – 14,7	10,6	11,2	10,6	10,8	10,6	10,3
VCM (ft)	36,9 – 75,8	48,2	41,6	48,3	45,8	48,8	50
HCM (pg)	12,2 – 27,2	14,8	12,6	15	14,1	14,9	15,6
CHCM (g/dl)	29,9 – 38,7	30,8	30,1	30,1	30,6	30,6	31,2
GR ($10^6/\text{ul}$)	4,5 – 9,3	7,2	9	7,2	7,7	7,2	6,7
GB ($10^3/\text{ul}$)	6,4 – 13,2	9,4	9,5	9,4	10	9,5	8,7
Linfocitos ($10^3/\text{ul}$)	3,3 – 8,8	6,5	7	6,4	7,1	6,6	5,7
Monocitos ($10^3/\text{ul}$)	0 – 1,1	0,1	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1
Eosinófilos ($10^3/\text{ul}$)	0 – 1,1	0,43	0,46	0,4	0,4	0,4	0,5
Neutrófilos ($10^3/\text{ul}$)	1,5 – 5	2,4	2	2,4	2,4	2,4	2,4

Basófilos (10³/ul)	0 – 0,3	0	0	0	0	0	0
Bandas (10³/ul)	0 – 0,3	0	0	0	0	0	0
Plaquetas (10³/ul)	100 – 800	629	748	618	641	626	619

En cuanto a los animales mayores a un año solo se presentó alteración en Hgb.

6.1.3 Análisis de la línea plaquetaria. El análisis de la línea plaquetaria trata de identificar los valores en rango y los que se encuentran por encima del rango referencial. Este aumento de los valores de plaquetas se conoce como trombocitosis, tal como lo explican Stockham y Scott¹⁸². A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los diferentes grupos de animales.

Figura 54. Recuento plaquetario en animales menores y mayores de 1 año.

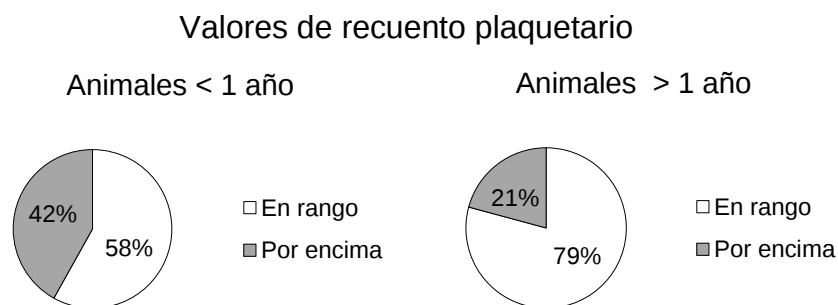
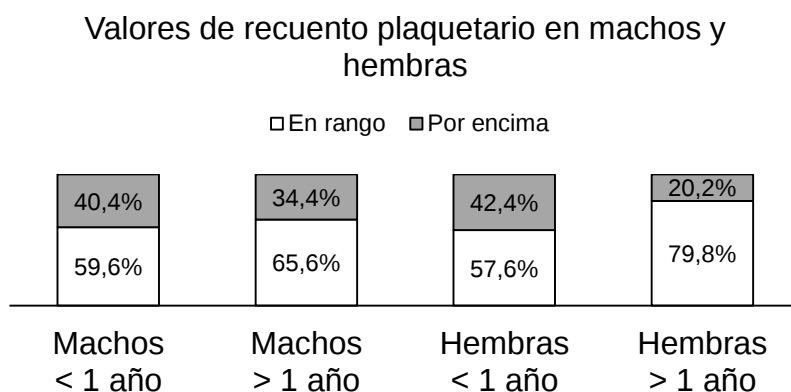
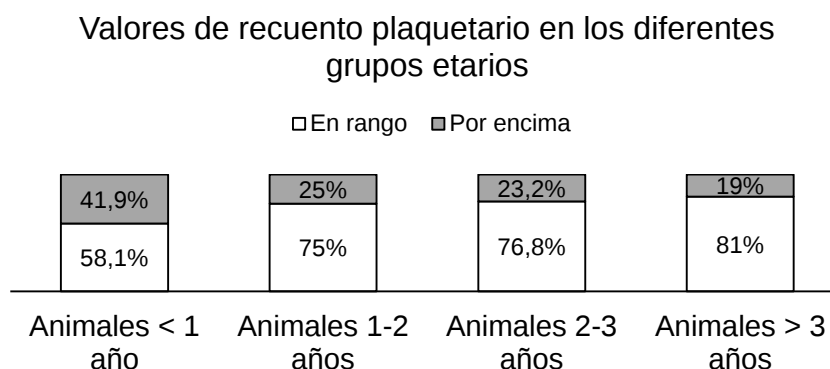


Figura 55. Recuento plaquetario en machos y hembras.



¹⁸² STOCKHAM, Op. Cit., p. 411.

Figura 56. Recuento plaquetario en los diferentes grupos etarios.



Tal como se observa en las figuras 54, 55 y 56, se presentó valores por encima de la referencia, instaurada en este estudio, en todos los grupos conformados. En general se observó un aumento más marcado en los animales menores de 1 año. Teniendo en cuenta el sexo, las hembras y machos menores de 1 año se encontraron más afectados, en comparación con los machos y hembras mayores de 1 año. En los grupos etarios, nuevamente se observó mayor afectación en animales menores de 1 año (41,9% de los animales < 1 año), mientras que los demás grupos obtuvieron porcentajes de animales afectados por debajo del 25%.

Estudios realizados en lugares con condiciones similares a las de Guachucal, han reportado valores de referencia mucho más altos en animales jóvenes, como es el caso que reporta Sigua¹⁸³, quien obtuvo valores de hasta $4.159 \times 10^3/\mu\text{l}$ en animales jóvenes completamente sanos.

En el caso de adultos, Stockham y Scott, reportan que “la trombocitosis suele asociarse con: redistribución plaquetaria, ejercicio, incremento en la producción plaquetaria debida a procesos inflamatorios, cirugías o traumas, pérdida de sangre o el uso de medicamentos como, epinefrina, vincristina o vinblastina”¹⁸⁴. Además, aclaran que, “se

¹⁸³ SIGUA, Op. Cit., p. 70.

¹⁸⁴ STOCKHAM, Op. Cit., p. 412-413.

puede presentar niveles altos de trombocitos en animales en condición de altura”¹⁸⁵, A la fecha, no se han publicado estudios que comparen el comportamiento de los niveles plaquetarios entre machos y hembras.

6.2 SEROPREVALENCIA DE HEMOPARÁSITOS.

Respecto a la Seroprevalencia de hemoparásitos, se concluye que el 0,6% de la población en general estudiada, presento hemoparásitos, de los cuales todos correspondieron a *Babesia spp.* Los casos presentados de hemoparásitos se encontraron representados por el 0,9% de los animales menores de 1 año, y el 0,5% de los animales mayores de 1 año (figura 57). Los casos en animales menores de 1 año, se concentraron en los machos, con el 2% de los animales afectados (figura 58), mientras que, en los animales mayores de 1 año, se observó mayor afectación en las hembras estudiadas (0,9% de la población) (figura 59).

Los grupos etarios en los cuales se concentraron los casos de hemoparásitos fueron, los animales menores de 1 año (1% de los animales) y los animales con edad entre los 2 a 3 años (1% de los animales), seguido de los animales de 1 a 2 años (0,6% de los animales) y finalmente los animales mayores de 3 años (0,4% de los animales) (figura 60).

Figura 57. Seroprevalencia de hemoparásitos a nivel general.

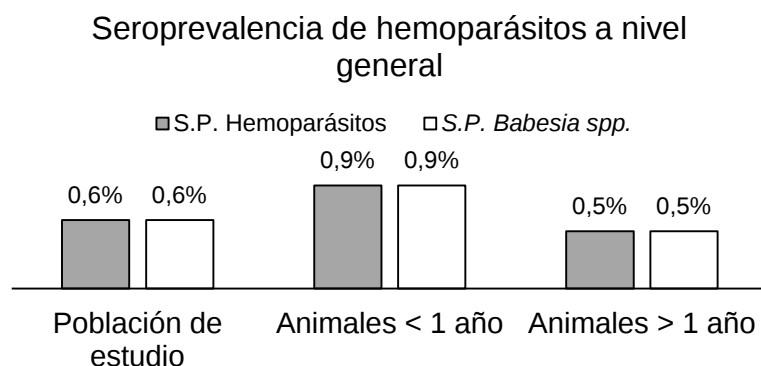


Figura 58. Seroprevalencia de hemoparásitos en machos.

¹⁸⁵ Ibíd., p. 413.

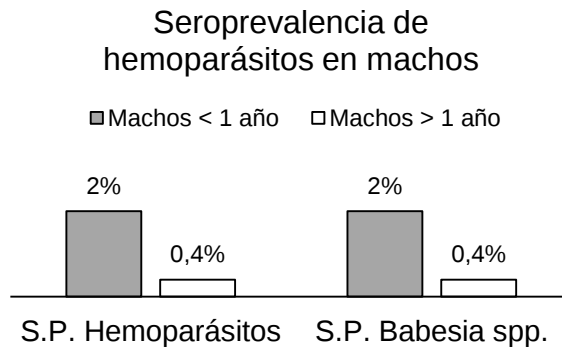


Figura 59. Seroprevalencia de hemoparásitos en hembras.

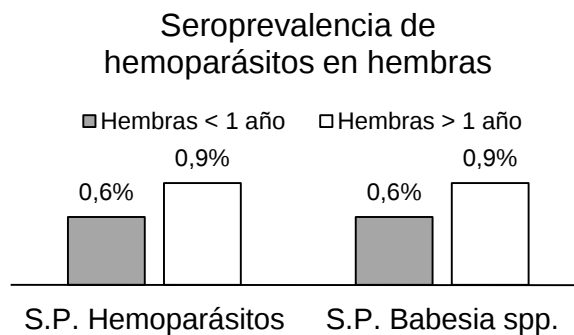
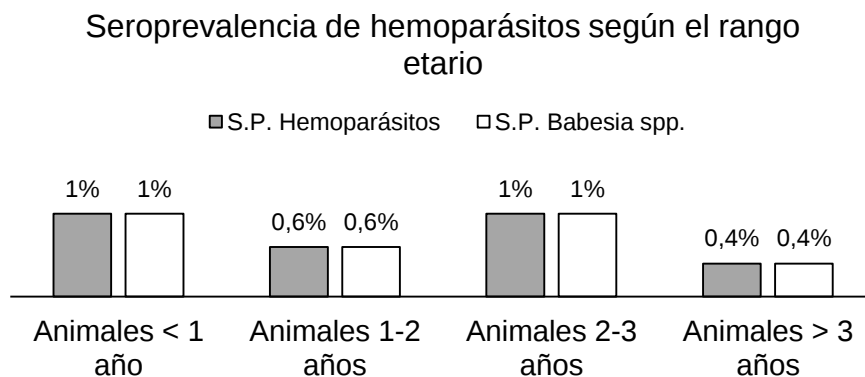


Figura 60. Seroprevalencia de hemoparásitos en diferentes grupos etarios.



En los casos de hemoparasitosis encontrados, el 50% de los casos se encontraban acompañados por anemia y HCM y CHCM dentro de los valores de referencia. El otro

50% de los casos abarca valores de HTC dentro de los rangos de referencia, mientras que CHM y CHCM se encontraban disminuida, tal como lo explica Lombardero, “esto se observa comúnmente en la etapa intraglobular, en la cual el trofozoíto se alimenta de la Hgb contenida en los eritrocitos”¹⁸⁶.

Además, se logró determinar que el 66% de los casos se encontraban en el mismo predio, por lo cual estaban en contacto directo entre ellos, lo que facilitó la infección por parte de la garrapata de la familia *Ixodidae* (huésped definitivo).

La presencia de estos parásitos llama la atención debido a que, por lo general, las garrapatas se encuentran en climas cálidos y templados, por debajo de los 2000 msnm, y es de baja a nula presentación en zonas frías o páramos (altitud > 2000 msnm), cabe recordar que el municipio de Guachucal se encuentra a una altitud promedio de 3180 msnm. Hasta la fecha, no se han realizado publicaciones que evalúen la prevalencia de *Ixodidae* en el municipio de Guachucal o municipios circundantes.

¹⁸⁶ LOMBARDERO, Oscar. Lecciones de Parasitología: 60 ciclos biológicos de interés veterinario [libro digital]. Editorial hemisferio sur. p. 10. [Consultado: 3 de septiembre de 2020].XZ

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

En el estudio se encontró mayor número de alteraciones en los valores hematológicos de bovinos menores de 1 año, aunque no difiere mucho en cuanto a los animales que presentaron conteos por fuera de rango en mayores de 1 año.

No se encontró diferencias relevantes en cuanto a la variable sexo, mientras que, por edad, se evidenció mayor alteración en animales menores de 1 año, seguido del grupo de 1 a 2 años, mayores a 3 años, finalmente los animales entre los 2 a 3 años de edad.

La línea con más alteraciones, fue la línea roja. Las alteraciones de la línea roja fueron más comunes en hembras mayores de 1 año, mientras que las alteraciones de línea blanca y plaquetaria en machos.

Según la edad, el conteo celular de línea roja y línea blanca, fue más marcada en menores de 1 año, línea blanca en bovinos de 2 a 3 años, y plaquetas en mayores a 3 años.

El tipo de anemia de mayor presentación dentro del estudio fue la anemia normocítica-normocrómica, la cual se encontró principalmente en hembras mayores de 3 años.

El estudio evidencia la presencia de hemoparásitos tipo *Babesia spp.*, en la Guachucal, los cuales se observaron en todos los grupos de estudio.

Es importante utilizar el hemograma dentro de la rutina de diagnóstico clínico, ya que permite la identificación de alteraciones de manera temprana, así como dar seguimiento de cada caso clínico.

Señalar cada variable hematológica por separado es un error ya que el hemograma se debe interpretar conjuntamente y teniendo en cuenta los valores de referencia propios de la región, para aproximarse a un diagnóstico.

La mayoría de células de la línea blanca son indicadoras de alteraciones como estrés, infección o patologías específicas que generan un desbalance en el conteo de las mismas.

Los bovinos con mayores alteraciones en línea roja, línea blanca y línea plaquetaria en el municipio de Guachucal son los bovinos de mayores de 3 años, seguidos de los bovinos menores de 1 año de edad.

En cuanto a la línea blanca, el conteo leucocitario puede variar según la edad de los animales, pues presenta notorios cambios en menores y mayores de 1 año, no ocurre lo

mismo en cuanto a la variable sexo, ya que el conteo leucocitario se mantiene en machos y hembras, los márgenes de diferencia son mínimos.

Los hallazgos hematológicos se deben complementar con ayudas diagnósticas serológicas y parasitológicas para instaurar un plan sanitario en campo

7.2 RECOMENDACIONES

Realizar un estudio que permita la determinación de los rangos hematológicos por edad y sexo para la zona, que permita mejorar la interpretación del hemograma, además de servir como base referencial de la especie para el departamento de Nariño

Investigaciones de la línea hematológica donde se analice factores de riesgo y su efecto sobre las variables hematológicas.

Evaluar la morfología celular hematológica, con el fin de determinar la cronicidad de las alteraciones y la respuesta del organismo ante estas, además de identificar células inmaduras de relevancia clínica.

Comparar varias pruebas diagnósticas con diferente sensibilidad para la detección de hemoparásitos.

Realizar trazabilidad de los semovientes positivos a hemoparásitos para determinar la fuente de contagio y la presencia del vector.

Socializar los datos encontrados con las poblaciones donde se realizó el estudio, con el fin de concientizar sobre el adecuado uso de normas de bioseguridad en las granjas, además de la importancia de la asistencia clínica veterinaria en los hatos.

BIBLIOGRAFIA

ABNOVA. Wright and Giemsa stain [video]. YouTube. Abnova Corporation. (31 de diciembre de 2010). 3:18 minutos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9xBcm-1NMqk>.

ALCALDIA DE GUACHUCAL. Localización y límites geográficos del municipio de Guachucal [sitio web]. Guachucal. Disponible en: <http://www.guachucal-nariño.gov.co/municipio/localizacion-del-municipio-de-guachucal>.

BENAVIDES, Efraín. Abordaje laboratorial y epidemiológico para el diagnóstico de hemoparásitos de importancia veterinaria [diapositivas]. 2014. 124 diapositivas. Disponible en: <https://es.slideshare.net/EVBenavides/hemox-dxbveqcn>.

BENAVIDES, Efraín; POLANCO, Natalia; VIZCAÍNO, Otoniel y BETANCUR, Oscar. Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. En: Revista de Ciencias Animales [en línea]. Bogotá D.C. nro. 5, p. 31-49. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/234047003_Criterios_y_protocolos_para_el_diagnostico_de_hemoparasitos_en_bovinos.

BENAVIDES, Janeth. Anemia [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 80 diapositivas.

_____. Eritrocitos [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 97 diapositivas.

_____. Hematología: Pruebas básicas [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 118 diapositivas.

_____. Hemostasia. [diapositivas]. San Juan de Pasto. 2017. 122 diapositivas.

BENAVIDES, José. Comunicado de pequeños productores de leche del municipio de Guachucal, Nariño. En: Federación colombiana de municipios [en línea]. Bogotá D.C., 11 de marzo de 2013. Disponible en:

https://www2.fcm.org.co/index.php?id=89&no_cache=1&L=2&tx_ttnews%5Bpointer%5D=38&tx_ttnews%5Btt_news%5D=12377&tx_ttnews%5BbackPid%5D=86&cHash=b76b3d7bffb2538493be8c02321a6564.

BENJAMÍN, M. Manual de patología clínica en veterinaria. México D.F., México: Ed. Limusa. 1991. Citado por: PALACIOS, T. y NARVAEZ, J. Estudio exploratorio de valores hematológicos en terneras Holstein Frisian mestizas, durante los primeros seis meses de vida. En: Maskana [en línea]. Cuenca. 2019, vol. 9, nro. 1, p. 51-58. DOI 10.18537/mskn.09.01.06.

BOUDREAUX, Mary. Thrombopoiesis. En: Schalm's veterinary hematology [libro digital]. 6 ed. Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 56-60. ISBN 978-0-8138-1798-9.

BRAVO, Eudoro. Contexto regional de la ganadería en Nariño [en línea]. En: Foros regionales de ganadería sostenible: región Nariño. (15 de noviembre de 2017: San Juan de Pasto). Memorias. P. 4-5. Disponible en: <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2017/11/Relator%C3%ADa-Foro-Ganader%C3%ADa-Sostenible-Pasto.pdf>.

BRUN-HANSEN, Hege; KAMPEN, Annette y LUND, Arve. Hematologic values in calves during the first 6 months of life. En: Vet Clin Pathol [en línea]. Wiley-Blackwell, 2006, vol. 35, nro. 2, p. 182-187. DOI 10.1111/j.1939-165X.2006.tb00111.x.

———. Nariño, cuenca lechera fortalecida por el Fondo Nacional del Ganado [en línea]. Bogotá D.C. 11 de agosto de 2015. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/narino-cuenca-lechera-fortalecida-por-el-fondo-nacional-del-ganado>.

CREMASCHI, Franco. Parámetros hematológicos y bioquímicos en Bovinos naturalmente infectado con *Fasciola Hepática* en Valle de Uco [en línea]. Universidad Juan Agustín Maza, Facultad de ciencias veterinaria y ambientales. Abril de 2016. p.12-16. Disponible en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/187>.

ESPINOZA, Emir; GONZÁLEZ, Nersa; ASO, Pedro; CABALLERO Henry; FUENMAYOR, Jahely e HIDALGO, Luis. Leucograma en novillas y becerros (Holstein) infectados con una cepa venezolana de *Trypanosoma Vivax*., Brasília, marzo. 2000 vol. 35, nro. 3. p. 3.

FEDEGAN, Cuencas lecheras más importantes en Colombia [en línea]. Disponible en: <https://www.thinglink.com/scene/670324748017729537>.

FEDEGAN e ICA. Censo final: predios según número de bovinos/bufalinos del departamento de Nariño y Putumayo - año 2019 [en línea]. Bogotá D.C., 2019. Disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/16q7sSA1IHMIG_TV4ayrfcP594khJJrHq.

FEDEGAN e ICA. Censo final: predios según número de bovinos departamento de Nariño y Putumayo - año 2014 [en línea]. Bogotá D.C., 2014. Disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/16q7sSA1IHMIG_TV4ayrfcP594khJJrHq.

FEDEGAN y SAGÁN. Encuesta de leche (producción diaria) departamento de Nariño año 2014 (noviembre y diciembre de 2014) [en línea]. San Juan de Pasto, 2014. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/folders/1QJZtrVgOdbcElplipV-tbJHw6-fEPIVR>.

FEDEGAN y SAGÁN. Encuesta de leche (producción diaria) departamento de Nariño año 2019 (mayo y junio de 2019) [en línea]. San Juan de Pasto, 2019. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/folders/1QJZtrVgOdbcElplipV-tbJHw6-fEPIVR>.

GARCIA, Rosa. Hemostasia. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. Mexico, 2007. p 66-69.

GUITIERREZ, C. Principios de la anatomía. Fisiología e higiene. Limusa S.A. Mexico D. F. 2004

HARVEY, John. Hematopoiesis. En: Veterinary hematology: a diagnostic guide and color atlas [libro digital]. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc., 2012. p. 45. ISBN 978-1-4377-0173-9.

HEMATOLOGÍA Y PERFILES METABÓLICOS EN HEMBRAS PERIPARTORIENTAS CON PREDOMINANCIA RACIAL CARORA, Ramírez-Iglesia. L N, Soto-Belloso, E., Morillo, L, J. G y Díaz de Ramírez, A

HUERTA, Jorge y CELA, Elena. Hematología práctica: interpretación del hemograma y de las pruebas de coagulación. En: Actualización en pediatría [en línea]. Madrid: Lúa Ediciones 3.0, 2018, p. 507-526. Disponible en: https://www.aepap.org/sites/default/files/507-526_hematologia_practica.pdf.

JARDON, Genaro. Hematopoyesis. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. México, 2007. p 25-26.

JONES, Meredyth y ALLISON, Robin. Evaluation of the ruminant complete blood cell count. En: Vet Clin Food Anim [en línea]. Elsevier Inc., 2007, vol. 23, nro. 7, p. 378-397. DOI 10.1016/j.cvfa.2007.07.002.

LEUCOCITOS. Anisocitosis. [en línea]. 2018. Disponible en: <http://leucocitos.org/anisocitosis/>.

LOMBARDERO, Oscar. Lecciones de Parasitología: 60 ciclos biológicos de interés veterinario [libro digital]. Editorial hemisferio sur. p. 10

MEDWAY, W; PRIER, J.E y WILKINSON, J.S. Textbook of Veterinary Clinical Pathology. Londres: Harcourt Publishers, 1969. p. 205-246. ISBN 13 978-0702003042.

MONDRAGON, Rosa y ROBLES, Patricia. Eritrocitos. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. Mexico, 2007. p 32-39.

MOORE, Keith. Hematopoyesis: Resumen embriología clínica. Histología y embriología. Universidad nacional del litoral, 2016. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-litoral/histologia-y-embriologia/resumenes/hematopoyesis-resumen-embriologia-clinica-studentconsult/2854592/view>.

MORENO, N.P. Valoración clínico hematológica de bovinos bos indicus pre y post esplenectomía y post inoculación con una dosis patógena de babesia bovis. 2009.

ORDOÑEZ, Luisa. Eritrocitosis. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. Mexico, 2007. p 44.

PALACIOS, T. y NARVAEZ, J. Estudio exploratorio de valores hematológicos en terneras Holstein Frisian mestizas, durante los primeros seis meses de vida. En: Maskana [en línea]. Cuenca. 2019, vol. 9, nro. 1, p. 51-58. DOI 10.18537/mskn.09.01.06.

PINTO, Andrés. Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado [en línea]. Agronegocios e industria alimentaria, UNIANDES. 22 de septiembre de 2017. Disponible en: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/>.

RAMIREZ, Guadalupe. Anemia. En: Patología clínica veterinaria. 2 ed. Mexico, 2007. p. 47-50.

RAVE, Gustavo y TRHEEBILCOCK, Enrique. Valores hematológicos en Bovinos del Valle del Sinú. Contribución del Programa Nacional de Patología-Toxicología. Instituto Colombiano agropecuario. En: Revista ICA [en línea]. Bogotá, Colombia, junio, 1980 vol. 15, nro. 2, p. 91-92. CK-ISSN 0018-8794.

REAGAN, William; IRIZARRY, Armando y DeNICOLA, Dennis. Veterinary hematology: Atlas of common domestic and non-domestic species. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc., 2019. p. 16-17. ISBN 9781119065005.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento Conpes 3876: Consolidación de la política sanitaria y de inocuidad para las cadenas láctea y cárnica [en línea]. Bogotá D.C., 19 de julio de 2010. p. 11. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/3b31038a-72ba-40f9-a34d-cecd89015890/2010cp3676.aspx>.

RUILOVA, Ricardo. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos Holstein machos aparentemente sanos en condiciones de altitud [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de medicina veterinaria y zootecnia. 2019. p. 76

SIGUA, JENNY. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos hembras de raza Holstein en condiciones de altura [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de medicina veterinaria y zootecnia. 2019. p. 67. [Consultado: 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18240/1/UPS-CT008663.pdf>

STOCKHAM, Steven y SCOTT, Michael. Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology [libro digital]. 2 ed. Blackwell Publishing, 2008. p. 321. ISBN-13: 9780813800769

TICONA, Henry. Determinación de valores de serie roja y serie blanca en bovinos (*Bos taurus*) de la raza Holstein adaptados a la altura, en la estación experimental Choquenaira. En: Revista estudiantil Agro-Vet [en línea]. Julio-diciembre de 2018, vol. 2, nro. 2, p. 192-198. ISSN 2523-2037.

TROMPETERO, Andrea. Comportamiento de los indicadores de eritropoyesis y el estado del hierro en población universitaria colombiana a diferentes alturas [en línea]. Maestría tesis. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina. Departamento de ciencias fisiológicas. 2014 p. 16. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51857?show=full>.

TVEDTEN, Harold. Laboratory and Clinical Diagnosis of Anemia. En: Schalm's veterinary hematology [libro digital]. 6 ed. Blackwell Publishing Ltd., 2010. p. 158. ISBN 978-0-8138-1798-9.

VASSILIADES, Carolina. Importancia de los estudios complementarios. Análisis clínicos y diagnósticos veterinarios. Disponible en: https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/estudios_complementarios.pdf.

VECOL. Proyecto piloto Guachucal [en línea]. Disponible en <https://www.VECOL.com.co/proyectos/proyecto-piloto-guachucal>.

VOIGT, Gregg y SWIST, Shannon. Blood smears and staining. En: Hematology techniques and concepts for veterinary technicians [libro digital]. 2 ed. John Wiley & Sons Inc. 2011. p. 34-36. ISBN 13: 9780813814568/2011.

WEAVER, David; ATKINSON, Owen; JEAN, Guy y STEINER, Adrian. Diagnostic techniques and procedures. En: Bovine surgery and lameness [libro digital]. 3 ed. John Wiley & Sons Ltd., 2018. p. 87-89. ISBN 9781119040491.

WEISER, Glade. Introduction to leukocytes and the leukogram, En: Veterinary Hematology and Clinical Chemistry [libro digital]. Segunda Edición. Oxford: John Wiley & Sons, Inc., 2012, p. 118-122. ISBN 13 978-0-8138-1027-0/2012.