

Artículo de Investigación

Leucograma, proteínas totales y diferenciadas en mulares *Equus mulus* Jóvenes de la policía en Boyacá (Colombia)***Leukogram, total and differentiated proteins in young Equus mulus from the police in Boyacá (Colombia)******Leucograma, proteínas totais e diferenciadas em jovens mulares Equus mulus da polícia de Boyacá (Colômbia)***

Ángela Ariza-Suárez ^{1*} MV, PhD, ✉ [ORCID CVLAC](#), Magnolia Rosas-Gutiérrez ¹ MSc. [ORCID CVLAC](#), Juan Camilo Calderón García ² MSc. [ORCID CVLAC](#), José Alejandro Prieto Lux ¹ MV. [ORCID CVLAC](#)

* Autor de correspondencia.

¹ Grupo de Investigación IRABI - Línea de Sanidad Animal. Clínica de Grandes Animales Francisco de Asís. Programa de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja-Boyacá, Colombia.

² Policía Nacional de Colombia. Dirección de Carabineros y Seguridad Rural. Grupo Remonta y Veterinaria. Grupo Investigación ESREY Santa Rosa de Viterbo – Boyacá, Colombia.

Resumen

Objetivo. Determinar los valores leucocitarios, proteínas totales, fibrinógeno, albúmina y globulina en mulares sanos jóvenes pertenecientes a la Policía Nacional de Colombia. **Materiales y métodos.** Se muestrearon 50 mulares sanos entre machos y hembras. Se obtuvieron muestras de sangre por venopunción yugular para el análisis de recuento total y diferencial de leucocitos, albúmina, globulina, y proteínas plasmáticas totales por medio de conteo en cámara de Neubauer, frotis sanguíneo y espectrofotometría. Los datos fueron analizados por estadística descriptiva, y se realizó un análisis comparativo con la media reportada para otros équidos utilizando la prueba de T-student ($P < 0,05$) y la prueba de Wilcoxon. Se estableció una confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%. **Resultados.** Los valores de leucocitos fueron: $11,32 \pm 2,99 \times 10^9$ células/ μ l Diferencial: Neutrófilos $5038,6 \pm 2228,9$ células/ μ l, Linfocitos: $5758 \pm 1975,9$

Fecha correspondencia:

Recibido: agosto 27 de 2021.

Aceptado: octubre 07 de 2021.

Forma de citar:

Ariza-Suárez A, Rosas-Gutiérrez M, Calderón García JC, Prieto Lux JA. Leucograma, proteínas totales y diferenciadas en mulares *Equus mulus* jóvenes de la policía en Boyacá (Colombia). CES Med. Zootec. 2021; 16(2): 30-46. <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.6313>

Open access

© Derecho de autor

Licencia creative commons

Ética de publicaciones

[Revisión por pares](#)
[Gestión por Open Journal System](#)
DOI: 10.21615/cesmvz.6313
ISSNe 1900-9607

[Publica con nosotros](#)

células/ μ l; monocitos $109,95 \pm 156,9$ células/ μ l, Relación N/L: $1,03 \pm 0,66$, Proteínas totales $7 \pm 0,39$ gr/dl, Albúmina $4,48 \pm 0,18$ gr/dl, globulina $2,51 \pm 0,43$ gr/dl, relación A/G $1,7 \pm 0,71$, fibrinógeno $206 \pm 107,6$. **Conclusiones.** Se encontraron diferencias de la media en el recuento de leucocitos totales, diferenciales y fibrinógeno, comparando con otros équidos; estos valores fueron más cercanos a los encontrados en burros catalanes jóvenes. Con otros mulares jóvenes no hubo

diferencias en los valores de leucocitos, neutrófilos y linfocitos. Los valores medios de proteínas totales, albúmina y globulina, se encontraron muy cercanos a los valores reportados en equinos. Los resultados obtenidos muestran la importancia de investigar los parámetros hematológicos en mulares de acuerdo con la raza, la edad y el manejo.

Palabras clave: *bienestar; hematología; leucocitos; mulas jóvenes; proteínas.*

Abstract

Objective. To determine leukocyte, total protein, fibrinogen, albumin and globulin values in young mules belonging to the Colombian National Police. **Materials and Methods.** 50 healthy male and female mules were sampled. Blood samples were obtained by jugular venipuncture for total and differential count analysis of leukocytes, albumin, globulin, and total plasma proteins by Neubauer counting chamber, blood smear and spectrophotometry. The data were analyzed by descriptive statistics, and a comparative analysis was performed with the mean reported for other equids using the T-student test ($P < 0.05$) and the Wilcoxon test. A reliability of 95% with a margin of error of 5% were established. **Results.** Total White cell count: $11.32 \pm 2.99 \times 10^9/L$, differential count: neutrophils 5038.6 ± 2228 cells/ μ l, lymphocytes: 5758 ± 1975.9 cells/ μ l, monocytes: 109.95 ± 156.9 cells/ μ l, N/L ratio: 1.03 ± 0.66 , total proteins 7 ± 0.39 gr/dl, albumin 4.48 ± 0.18 gr/dl, globulin 2.51 ± 0.43 gr/dl, A/G ratio 1.7 ± 0.71 , fibrinogen 206 ± 107.6 gr/dl. **Conclusions.** Significant differences were established in the mean of total leukocytes, differentials and fibrinogen compared to other equids; these values were closer to those found in Catalans donkeys. In contrast, there were no differences in the values of leukocytes, neutrophils and lymphocytes with other young mules. The mean values of total proteins, albumin and globulin, were found to be closer to the values reported in horses. The results obtained show the importance of research on haematological parameters in mules according to breed, age, and management.

Keywords: *hematology; leukocytes; proteins; young mules; welfare.*

Resumo

Objetivo. Determinar os valores de leucócitos, proteínas totais, fibrinogênio, albumina e globulina em mulas jovens saudáveis pertencentes à Polícia Nacional da Colômbia. **Materiais e métodos.** Foram amostrados 50 machos e fêmeas. Amostras de sangue foram obtidas por punção venosa jugular para análise da contagem total e diferencial de leucócitos, albumina, globulina e proteínas plasmáticas totais por meio de contagem em câmara de Neubauer, esfregaço de sangue e espectrofotometria. Os dados foram analisados por estatística descritiva, e foi realizada uma análise comparativa com a média relatada para outros equídeos utilizando o teste T de Student ($P < 0,05$) e o teste de Wilcoxon. Foi estabelecida uma confiabilidade de 95% e uma margem de erro de 5%. **Resultados.** Os valores de leucócitos foram: $11,32 \pm 2,99 \times 10$ células/ μl , Diferencial: Neutrófilos $5038,6 \pm 2228,9$ células/ μl , Linfócitos: $5758 \pm 1975,9$ células/ μl ; monócitos $109,95 \pm 156,9$ células/ μl , razão N/L: $1,03 \pm 0,66$, Proteínas totais $7 \pm 0,39$ gr/dl, Albumina $4,48 \pm 0,18$ gr/dl, Globulina $2,51 \pm 0,43$ gr/dl, razão A/G: $1,7 \pm 0,71$, fibrinogênio $206 \pm 107,6$. **Conclusões.** Diferenças nas médias foram encontradas na contagem de leucócitos total, diferencial e fibrinogênio, quando comparados a outros equídeos; esses valores eram mais próximos dos encontrados em jovens burros catalães. Com outras mulas jovens não houve diferenças nos valores de leucócitos, neutrófilos e linfócitos. Os valores médios das proteínas totais, albumina e globulina, foram encontrados muito próximos aos valores relatados em cavalos. Os resultados obtidos mostram a importância da investigação dos parâmetros hematológicos em muare de acordo com a raça, idade e manejo.

Palavras-chave: *bem-estar; hematología; leucocitos; mulas jovens; proteínas.*

Introducción

Los mulares producto del cruzamiento entre *Equus caballus* (yegua) y *Equus asinus* (jumento o burro), son animales de gran popularidad en el medio rural y urbano, debido a su rusticidad y vigor físico, con una gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de climas; además de ser considerados animales de trabajo, son utilizados en recreación o tiempo libre ⁽¹⁾. En Colombia, se usan con frecuencia en las regiones del trópico alto, no solo por las características anteriormente descritas, sino también porque desempeñan labores que no pueden ser realizadas por otro animal e incluso por personas; las principales faenas que realizan en estas zonas son el transporte de comida y de diferentes cultivos que son producidos en regiones montañosas de difícil acceso ⁽²⁾.

En la evaluación del bienestar animal es común el uso de indicadores fisiológicos: dentro de estos, los valores hematológicos han sido una importante herramienta para establecer condiciones de salud en los animales ⁽³⁾. La medición de leucocitos, plaquetas y proteínas plasmáticas constituye uno de los exámenes más solicitados en laboratorio clínico, y es una prueba que acompaña a casi todos los métodos para llegar a un diagnóstico ⁽⁴⁾.

El uso creciente de los mulares en el país ha demandado una mayor atención veterinaria de estos animales, sin embargo, la escasa información de valores hematológicos ha obligado en ocasiones a hacer uso de comparaciones con valores de referencia en equinos y asnos ^(5, 6). Aunque existe extensa literatura sobre equinos y rangos sanguíneos normales ^(7, 8, 9), así como en asnales ^(11, 12, 13), no se sabe aún, si es adecuado o no la extrapolación de estos valores a los mulares, ya que como se señaló anteriormente son escasos los trabajos sobre todo en condiciones tropicales ⁽⁵⁾.

En un estudio comparativo sobre rangos de referencia hematológicos entre burros y equinos se encontró que los valores podrían ser similares ⁽¹⁰⁾, mientras que otros han indicado que la comparación de valores hematológicos de asnos y mulares con valores de referencia descritos para equinos es inválida ⁽¹⁴⁾. Los escasos trabajos que existen en mulares en el país son en su mayoría en mulares criollos adultos, haciendo referencia al cruce entre burro y yegua criolla ^(2, 6) se desconoce si hay diferencias o similitudes con estos valores para los mulares utilizados por la policía, producto del cruce entre un burro catalán y yeguas mestizas o silla argentina.

El desconocimiento de parámetros físicos o fisiológicos o uso de rangos de referencia inadecuados incrementa el riesgo de alcanzar conclusiones erróneas en el diagnóstico por parte del clínico ⁽³⁾. Esto es especialmente un problema para mulares, ya que el concepto del comportamiento de estos híbridos, por ejemplo, ante el dolor debido a su estoicismo, puede confundir la interpretación clínica de los valores existentes al evaluar sus condiciones de salud: al ser la mula un animal fuerte y rústico, se puede pensar equívocamente que es un animal resistente a sufrir ciertas patologías como síndrome de abdomen agudo, laminitis o trastornos metabólicos, sin embargo, al igual que el caballo puede padecerlas ⁽¹⁵⁾.

Veterinarios, propietarios y cuidadores familiarizados con el comportamiento de los mulares y el entendimiento en la variabilidad de los parámetros físicos y fisiológicos de estos animales podría convertirse en un rápido instrumento de diagnóstico del dolor o enfermedad y ayudar con la salud y bienestar de esta especie ⁽¹⁶⁾. Por otro lado, se ha señalado, que las implicaciones

en la variación genética a través de las especies equinas e híbridos, hace que los datos generados para específicamente los equinos (rangos de referencia, dosis de medicamentos, prácticas de manejo) no sean aplicables para todos los équidos, de ahí la importancia de establecer diferencias a nivel molecular, ya que el conocimiento no se basa solo en el fenotipo ⁽¹⁷⁾.

En este caso, el objetivo del estudio fue determinar los valores de leucocitos, proteínas totales, fibrinógeno, albúmina y globulina en mulares sanos de 1 a 4 años, pertenecientes a la Policía Nacional de Colombia, como herramienta diagnóstica y de entendimiento sobre parámetros hematológicos en los mulares de esta raza.

Materiales y Métodos

Animales

Fueron seleccionados 50 mulares, 27 hembras y 23 machos entre 1 y cuatro años, nacidos en el criadero Mular de Santa Rosa de Viterbo de la escuela de Policía Rafael Reyes al norte del departamento de Boyacá (10 a 15 °C, 2800 msnm). Estos mulares son producto del cruce entre burro catalán y yegua silla argentina o mestizas. Todos los mulares incluidos en este estudio fueron manejados y alimentados bajo las mismas condiciones: libre acceso al agua, pastoreo, 2 kg de concentrado al día y sales mineralizadas. Estos animales se encontraban al día con planes sanitarios de vacunación y vermifugación.

A cada uno de los mulares le fue realizado un examen clínico general previo a la colección de las muestras para descartar signos de enfermedad. Dentro de los datos clínicos obtenidos se incluyeron género (macho/hembra), edad, frecuencias respiratoria, cardíaca y temperatura tomadas con un termómetro digital.

Toma de muestras y procesamiento

Las muestras sanguíneas fueron colectadas por venopunción de la vena yugular, extrayendo 5 ml de cada mular, utilizando agujas vacutainer calibre 21 (BD Vacutainer®) y colectadas en tubos con y sin EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) para conteo total de leucocitos, recuento diferencial y absoluto, proteínas plasmáticas totales, albúmina, globulina relación albúmina/globulina (R A/G) y fibrinógeno. Las muestras fueron homogenizadas después de la colecta y almacenadas en una nevera de icopor con gel refrigerante a 4 °C y llevadas al laboratorio (Animallab Sogamoso) para ser analizadas dentro de las 24 horas siguientes.

El conteo de leucocitos se realizó de forma manual por recuento en la cámara de Neubauer, y el recuento diferencial en 200 células entre los que se contabilizaron neutrófilos, linfocitos, monocitos y eosinófilos en una lámina de frotis teñida con Wright-Giemsa, usando un microscopio óptico Olympus CX31 (objetivo 100X). La medición de proteínas totales (Biuret. Colorimétrico), albúmina (Verde bromocresol. Colorimétrico), globulina (diferenciación) y fibrinógeno fueron leídas por espectrofotometría, utilizando un analizador bioquímico semiautomatizado (Stat fax® 450 Awareness Technology Inc.). El protocolo fue evaluado como de riesgo bajo y aprobado por el comité de ética para el cuidado de animales y plantas CECUAPI de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos de Tunja (Boyacá).

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados usando el Programa R (Versión 3.6.2) para medidas de tendencia central: media (m), desviación estándar (DE), cuartiles bajo y alto, rango intercuartílico (IQR), desviación cuartil (DQ) e intervalos de confianza al 95%. Los datos atípicos (DA) fueron eliminados de cada variable, cuando fueron observaciones aberrantes (datos biológicamente inverosímiles), de acuerdo a la Sociedad Americana de Patología clínica Veterinaria (ASVCP) ⁽¹⁶⁾. De igual manera, se compararon los datos obtenidos con los datos publicados para otros équidos (mulares brasileños, chilenos, criollos, burros catalanes y equinos de trabajo) a nivel nacional e internacional, por medio de la prueba no paramétrica de T-student con una media de referencia considerando diferencias significativas ($P > 0,05$); previamente se revisaron supuestos con la prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov y la prueba de homogeneidad Levene. Los parámetros que no contaron con estos supuestos fueron comparados con otros valores mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($P > 0,05$).

Resultados

La media y DE de las constantes fisiológicas de los mulares evaluados fueron temperatura $37,98 \pm 0,21$ °C, frecuencia cardiaca: $42,6 \pm 1,57$ lpm y frecuencia respiratoria $19,56 \pm 1,57$ rpm. Se presentan los resultados de m, DE, cuartiles, IQR y DQ, intervalos de confianza al 95% y DA excluidos de 15 parámetros hematológicos y bioquímicos en 50 mulares (Tabla 1). Por la presencia de datos atípicos no todas las variables tienen el mismo tamaño de muestra. Los parámetros que contenían ceros y en otros individuos conteos altos, mostraron desviaciones altas.

Tabla 1. Estadística descriptiva, intervalos de confianza (95%) y datos atípicos para valores leucocitarios y proteínas en mulares de la policía.

Parámetro	n	Media ± DE	Media ± IC 95%	Q1	Q2	Q3	Q4	IQR	QD	DA
Recuento leucocitos (10 ⁹ /μl)	48	11,32 ± 2,99	11,32 ± 0,83	9,8	11,3	12,65	16,9	2,85	1,43	2
Neutrófilos absolutos (cel/μl)	47	5038,63 ± 2228,86	5038,63 ± 618,07	3265	5160	6615	9828	3350	1675	3
Neutrófilos absolutos (%)	47	45,52 ± 15,54	45,52 ± 4,31	36,25	44,5	56	78	19,75	9,88	3
Linfocitos absolutos (cel/μl)	48	5758 ± 1975,86	5758 ± 609,22	4057	6110	6840	9912	3350	1675	2
Linfocitos relativos (%)	48	51 ± 17,6	51 ± 4,88	35,75	53,5	61	84	25,25	12,63	2
Eosinófilos absolutos (cel/μl)	50	84,36 ± 160,38	84,36 ± 44,45	0	0	105	580	105	52,5	0
Eosinófilos relativos (%)	50	0,86 ± 1,67	0,86 ± 0,46	0	0	1	7	1	0,5	0
Monocitos absolutos (cel/μl)	47	109,95 ± 156,92	109,95 ± 51,34	0	0	216	576	216	108	3
Monocitos relativos (%)	50	1,13 ± 1,53	1,13 ± 0,42	0	0	2	5	2	1	0
Relación N:L	48	1,03 ± 0,66	1,03 ± 0,18	0,59	0,82	1,71	2,85	0,92	0,46	2
PPT (g/dl)	49	7 ± 0,39	7 ± 0,11	6,8	7	7,2	8	0,4	0,2	1
Albumina (g/dl)	49	4,48 ± 0,18	4,48 ± 29,2	4,33	4,47	4,58	4,93	0,25	0,13	1
Globulina (g/dl)	47	2,51 ± 0,43	2,51 ± 0,12	2,27	2,5	2,74	3,4	0,47	0,24	3
Relación A/G (g/dl)	49	1,77 ± 0,41	1,77 ± 0,12	1,5	1,72	2	3,3	0,5	0,25	1
Fibrinógeno (g/dl)	50	216 ± 107,59	216 ± 29,82	100	200	300	400	100	50	0

De igual manera, se revisaron los datos obtenidos con los datos publicados para otros équidos con la prueba de T student para los valores leucocitarios, a excepción de los valores de monocitos y eosinófilos absolutos que al no cumplir con la prueba de supuestos fueron comparados con la prueba no paramétrica de Wilcoxon W (Tabla 2). Los valores de monocitos y eosinófilos absolutos al no cumplir con la prueba de supuestos fueron comparados con otros valores utilizando la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Tabla 2. Comparación de valores medios de leucocitos totales y absolutos de mulares de la policía con mulares criollos colombianos, brasileros, chilenos, burros catalanes y equinos de trabajo ($p>0.05$).

Parámetro/ "n"	MP 50	MB 39		BC1 27		BC2 39		MCC 344		MCH 137		BCC 85		ETCH 320	
	m (IC95%)	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p
Recuento leucocitos ($10^9/\mu\text{l}$)	11,3 (10,7-12,5)	12,02	(0,38)	13,9	(0,9 ^{-4*})	14,4	(0,2 ^{-6*})	10,16	(0,003 [*])	7,7	(3,62 ^{-11*})	7,6	(1,707 ^{-11*})	8,6	(0,4 ^{-7*})
Neutrófilos absoluto (cel/μl)	5388,6 (4655,4-6121,7)	5321	(0,85)	5000	(0,92)	4950	(0,24)	6408,45	(0,007 [*])	4210	(0,002 [*])	4260	(0,003 [*])	4690	(0,06)
Linfocitos absolutos (cel/μl)	5756,6 (5125,2-6387,9)	5905,5	(0,64)	8000	(0,4 ^{-6*})	8550	(8,57 ^{-12*})	4903,71	(0,009 [*])	3120	(4,84 ^{-11*})	2980	(1,031 ^{-11*})	3310	(4,046 ^{-10*})
			W		W		W		W		W		W		W
Monocitos absolutos (cel/μl)	109,96 (IC95% 33,36-186,56)	214,9	V = 417, (0,03 [*])	270	V = 346,5, (0,004 [*])	260	V=351,5, (0,005 [*])	-	-	180	V = 498, (0,17)	400	V = 202, (0,00002 [*])	230	V=401,5, (0,02 [*])
Eosinófilos absolutos (cel/μl)	84,36 (IC 95% 38,78-129,94)	474,9	V = 9, (2,84 ^{-10*})	81	V = 439 (0,046 [*])	550	V = 4,5, (2,12 ^{-10*})	466,59	V = 9, (2,84 ^{-10*})	300	V = 51, (0,000000006 [*])	530	V = 6, (2,33 ^{-10*})	370	V = 24, (7,42 ^{-10*})

MP: Mulares policía, **MB:** Mulares brasileros < 3 años ⁽²⁴⁾, **BC1:** Burro catalán < 3 años ⁽¹⁰⁾, **BC2:** Burro catalán < 3 años ⁽¹¹⁾, **MCC:** Mulares criollos colombianos ⁽⁶⁾, **MCH:** Mulares Chilenos ⁽¹⁶⁾, **BCC:** Burro criollo colombiano ⁽¹³⁾, **ETCH:** Equinos Trabajo de Chile ⁽³⁾, **W:** Prueba paramétrica de Wilcoxon.

Los valores de albúmina, globulina, R A/G, proteínas totales y fibrinógeno fueron comparados con algunos valores publicados disponibles utilizando la prueba de T student también (Tabla 3). Aquellos valores en los cuales se encontraron diferencias estadísticas significativas fueron resaltados y marcados con un asterisco.

Tabla 3. Comparación de valores medios de albumina, globulina, R A/G, fibrinógeno y proteínas totales de mulares de la policía con mulares brasileiros, burros catalanes, mulares chilenos, mulares criollos y equinos de trabajo ($p>0,05$).

Parámetro/ n	MP n=50	MB N=39		BC1 N= 27		BC2 N= 39		MCH N=137		MCR N=24		ETCH N=320	
	m (IC95%)	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p
Albumina (g/dl)	4.51 (4.43-4.58)	3.27	(2.2 ^{-16*})	-	-	-	-	3.86	(2.2 ^{-16*})	3.17	(2.2 ^{-16*})	3.6	(2.2 ^{-16*})
Globulina (g/dl)	2.54 (2.39-2.68)	-	-	-	-	-	-	-	-	4.25	(2.2 ^{-16*})	3.7	(2.2 ^{-16*})
Relación A/G (g/dl)	1.77 (1.67-2)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	(2.2 ^{-16*})	1	(2.17 ^{-13*})
PPT (g/dl)	7 (6.9-7.14)	6.96	(0.29)	6.59	(0.2 ^{-7*})	6.32	(5.89 ^{-16*})	7.73	(5.305 ^{-16*})	7.42	(0.2 ^{-7*})	7.2	(0.005 [*])
Fibrinógeno (mg/dl)	216 (185.42-246.58)	333.33	(5.29 ^{-10*})	228.9	(0.4)	-	-	-	-	-	-	-	-

MP: Mulares policía, **MB:** Mulares brasileiros < 3 años ⁽²⁴⁾, **BC1:** Burro catalán < 3 años ⁽¹⁰⁾, **BC2:** Burro catalán < 3 años ⁽¹¹⁾, **MCH:** Mulares Chilenos ⁽¹⁶⁾, **MCR:** Mulares criollos ⁽²⁾, **ETCH:** Equinos Trabajo de Chile ⁽³⁾

Discusión

En este estudio se establecieron los valores leucocitarios, proteínas totales, albúmina, globulina y fibrinógeno de mulares jóvenes de 1 a 4 años, sin evidenciarse diferencias por sexo: los valores medios, fueron comparados con la media hallada en otros mulares, asnales y equinos, encontrando diferencias significativas entre todos los équidos para los parámetros evaluados. Esto coincide con lo señalado en estudios anteriores, donde se reportaron diferencias de rangos hematológicos relacionadas con los leucocitos en mulas saludables al compararlos con los de equinos, e incluso, se mostraron diferencias en algunos parámetros hematológicos y bioquímicos entre mulas y burdéganos (cruce de equino macho con hembra asnal) de origen español y portugués, sugiriendo diferencias también entre los dos cruces de híbridos ⁽¹⁸⁾.

A pesar de que cada ejemplar, fue examinado clínicamente sin evidencia de ningún signo clínico asociado a enfermedad, y sus constantes fisiológicas estuvieron dentro de los rangos normales, los valores de leucocitos totales y diferenciales absolutos se encontraron por encima del límite superior reportado en equinos ^(3, 19). Estos hallazgos pueden ser compatibles con una leucocitosis de tipo fisiológico, la cual es moderada casi siempre transitoria (20–30 minutos), y puede incrementar el conteo total alcanzando de 12.000 a 25.000 células/ μL , una modesta neutrofilia con ausencia de desviación a la izquierda y cambios tóxicos, linfocitosis (6.000 a 14.000 linfocitos/ μL) y en algunos casos se reporta también la observación de eosinofilia y monocitosis ⁽²⁰⁾.

Esta respuesta fisiológica mediada por catecolaminas ocurre en caballos que son fácilmente excitables, especialmente animales jóvenes de sangre “caliente” que están poco acostumbrados a ser manipulados ⁽²¹⁾. A menudo, los procedimientos rutinarios con mulas requieren de mayor paciencia y trabajo que con los equinos, además de la experiencia de personal familiarizado con la mula y su comportamiento, ya que en la práctica no es raro que muestren signos de evasión o temor cuando una persona desconocida hace intentos repetidos de acercarse para ciertos procedimientos (inyecciones, toma de temperatura rectal o sujeción de cascos) ⁽¹⁵⁾. Aunque la colecta de las muestras se realizó luego de un tiempo de reposo y de manera fácil, por el temperamento dócil de este grupo de mulares gracias a la doma que se les realiza, no se descarta que algunos animales hayan sido más excitables que otros.

Realizando un análisis de los estudios previos publicados por otros autores ([Tabla 2](#)) y los resultados obtenidos en este, se encontró que la media de los recuentos de leucocitos, linfocitos, monocitos y eosinófilos para los burros catalanes ^(10, 11) estuvo por encima de la de los otros équidos, seguido por los mulares de la policía, los brasileros ⁽²⁴⁾, otros mulares chilenos ^(6, 16), burro criollo ⁽¹³⁾ y equinos ⁽³⁾. Estos resultados con respecto a los mulares objetos de estudio pueden sugerir que existe una tendencia a acercarse hacia los valores relacionados a la raza de origen, en este caso el burro catalán. Adicionalmente, se ha evidenciado que esta raza de asnales junto con la andaluza ha mostrado elevados recuentos leucocitarios totales mayores a otras razas españolas en diferentes edades ⁽¹⁰⁾.

En cuanto el recuento absoluto de neutrófilos, el valor de los mulares criollos fue más alto, seguido de los valores de los mulares de la policía, los burros catalanes, mulares brasileros y equinos, mientras que los valores más bajos fueron reportados para los mulares chilenos y el burro criollo colombiano.

Al comparar el estudio actual con otro realizado en mulares brasileros con un grupo etario similar, tampoco fueron evidentes diferencias significativas en la media de leucocitos, neutrófilos y linfocitos: estos dos grupos tenían además de ser híbridos, la particularidad que ambas poblaciones era jóvenes (entre 1 y 3 años mulares brasileros y de 1 a 4 años los mulares de la policía). En equinos, el número de neutrófilos disminuye desde el nacimiento a los diez meses de edad, y luego se incrementa a los intervalos de referencia en adultos hasta los 18 meses de edad y de allí se mantiene hasta adulto, mientras que el número de linfocitos es bajo al nacimiento (promedio 1440/ μL), e incrementa a los 3 meses de vida (cerca de 5,000/ μL) llegando a valores de adulto al año, esto hace que la relación N/L disminuya de 2,89 al nacimiento a 1 al año de edad, siendo una tendencia similar la observada en burros ⁽²¹⁾. Es probable que por el rango de edad de los animales (1 a 4 años), haya existido variación en el número de linfocitos, encontrándose altos en algunos animales y en otros normales, ya que se ha señalado que el número de linfocitos declina durante la edad adulta al tiempo que el número de neutrófilos sigue siendo el mismo.

En cuanto a la relación Neutrófilo/Linfocito N/L, no se realizó una evaluación comparativa con otros équidos por la poca información que hay para este parámetro, sin embargo, se pueden observar medias similares entre los mulares de la policía en donde se obtuvo una media de 1,03 (mínimo 0,6 Máximo 2,85) y el estudio de mulares chilenos ⁽¹⁶⁾, en donde se reportó una media de 1,5 (mínimo 0,6, máximo 2,5). En caballos de trabajo chilenos ⁽³⁾ se habla de rangos máximos de hasta 4,74 y se ha señalado que la relación N/L puede ser un indicador de estrés igual de confiable que la medición de cortisol sólo con una fluctuación normal de 1,5 a 2,5, lo cual podría ser de valor en estos équidos para evaluar su aumento y relacionarlo con sobrecargas de trabajo.

Los monocitos y eosinófilos son células que en condiciones normales son poco frecuentes en sangre periférica, el hecho de encontrarlos en unos animales y en otros si, da una variabilidad errónea por lo que su significancia no es representativa ⁽¹⁰⁾. La eosinofilia es sutil cuando se presenta y en equinos está relacionada con presencia de parásitos o alérgenos ⁽²¹⁾. Con relación a estas células se observaron diferencias significativas con todos los grupos y en general fueron variables entre los grupos de équidos, tendiendo a estar en un nivel bajo en este estudio. Lo cual puede estar relacionado con los protocolos periódicos de desparasitación que se llevan a cabo en la población.

En relación a las proteínas totales, albúmina y fibrinógeno al comparar varios grupos de équidos, encontraron que algunos parámetros eran similares ⁽¹⁸⁾, sin embargo son pocos los estudios y algunos han incluido pequeños tamaños de muestra (n=20) proporcionando información limitada sobre valores normales hematológicos y bioquímicos, ya que no cumplen con las recomendaciones internacionales (lineamientos de la *American Society of Veterinary Clinical Pathology ASVCP*), que plantean que los estudios, donde se generan nuevos rangos de referencia deben tener unas características específicas, principalmente en cuanto al número de animales ⁽²²⁾.

En un estudio comparativo entre caballos y mulares, se utilizaron 19 mulares y aunque no se especifica la edad, se logró evidenciar que los valores de proteínas totales para los machos se ubicaron por encima de los reportados en la literatura como normales para equinos (5,6 a 7,6 g/dl) mientras que las hembras estaban dentro de este rango ⁽²⁾, sugiriendo con ello una influencia del sexo sobre la cantidad de proteína; para el presente estudio sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre machos y hembras para ninguno de los parámetros evaluados, como se mencionó anteriormente.

En este estudio los valores medios de proteínas plasmáticas estuvieron por encima de los reportados para el burro catalán, y muy cercanos a los reportados en equinos y mulares criollos. Se ha reportado una tendencia general al incremento de las proteínas plasmáticas con la edad en asnos, caballos y llamas ⁽¹⁰⁾, esto quizás al incremento de las gammaglobulinas con la edad, resultado probable de una mayor experiencia inmunológica ⁽¹¹⁾. El hecho de que los mulares de este estudio sean animales jóvenes, puede relacionarse con sus niveles de globulina un poco más bajo que los reportados para otros.

En el caso de la albúmina, son escasos los reportes que muestra la literatura sobre datos en esta especie para realizar una comparación ⁽²⁾. Las comparaciones posibles mostraron un valor medio más alto de la albúmina que para otros équidos. La albúmina es una proteína sintetizada en el hígado, siendo la más importante en el mantenimiento de la presión oncótica: se pueden observar cambios en sus niveles, según efectos de la dieta y en aquellos équidos con malnutrición o con enfermedades, haciendo que sus valores se encuentren más bajos ⁽¹⁶⁾. Los niveles altos de albumina en este caso podrán relacionarse a la dieta suministrada y la buena condición corporal de los animales que están destinados para el trabajo. La relación A/G en estos mulares se aumenta tanto por los mayores niveles de albúmina, como por los bajos niveles de globulina.

El valor del fibrinógeno se encuentra dentro del rango normal reportado para equinos, de 200 a 400 mg/dl ⁽²³⁾: aunque sólo se comparó con los valores de burro catalán y mulares brasileros jóvenes, este valor se acercó más al del primero y fue más bajo comparado con el de los mulares brasileros. En este sentido, los hallazgos de este estudio coincidirían con lo expuesto anteriormente en un estudio ⁽²⁴⁾, donde se ha señalado que hematológicamente los mulares, están más próximos a los asnales que a los equinos.

Adicionalmente, se ha indicado que existen grandes diferencias, por ejemplo, a nivel molecular entre el proteoma sérico del burro con el del caballo, sugiriendo que el de las mulas se acercaría más al del burro ⁽¹⁷⁾. Es conveniente además analizar en próximos estudios, la relación entre la cantidad de monocitos y la concentración de fibrinógeno, ya que se ha reportado que las interleuquinas producidas por los monocitos, estimulan su producción ⁽²⁵⁾.

Los resultados aquí encontrados resaltan la importancia de generar rangos de referencia para mulas, de acuerdo con su edad y raza y condiciones de manejo. La interpretación de los datos de patología clínica o parámetros hematológicos requiere conocimiento o una evaluación de lo que es considerado normal o asociado a salud, en el animal de interés, para evitar una mala interpretación del diagnóstico con parámetros que no corresponden al paciente objeto de estudio ⁽²⁶⁾.

Las diferencias en los valores de parámetros sanguíneos encontradas podrían ser producto de diferencias el análisis de laboratorio, edad, diversidad genética, prácticas de manejo, estado reproductivo, estado emocional y físico, condiciones geoclimáticas y adaptación al trabajo desarrollado por los individuos evaluados ^(21, 27). Como se ha demostrado en equinos, algunos conteos celulares pueden variar dependiendo del analizador automático utilizado o entre analizadores automáticos y el método manual ⁽²⁶⁾. En este caso, aunque el método fue manual, en caso de validación de resultados se requiere que las técnicas de laboratorio sean las mismas ⁽²²⁾.

Se requiere continuar investigando en esta población estos parámetros hematológicos incluyendo diferentes grupos etarios y si es posible sus razas formadoras, para un entendimiento total de las diferencias fisiológicas entre mulares y otros équidos como un instrumento indicador de dolor, estrés y enfermedad y ayudar con la salud y bienestar de estos animales.

Conflictos de interés

Los autores del presente estudio declaramos que no existe conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Criadero Mular de la Policía Nacional de Santa Rosa de Viterbo adscrita a la Escuela de Policía Rafael Reyes por permitir este trabajo con sus animales.

Referencias

1. Ribeiro AL, Severino RS, Guerra RR, Favaron PO, Tommasi Junior H.L.P, Ricci REG, Franciulli ALR, Facciotti PR & Bombonato PP. Biometria de pontes de miocárdio em muares (*Equus caballus x Equus asinus - Linnaeus 1758*). Revista Biotemas 2009; 22: 177-184, 2009.
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/viewFile/19560/17930>
2. Herrera Y, Pérez J, Rugeles C. Perfil proteico en mulares (*Equus mulus*) en condiciones naturales en el departamento de Córdoba, Colombia Multifaceted profile in of mules (*Equus mulus*) in natural conditions in the department of Córdoba, Colombia. Rev Colombiana Cienc Anim 2018; 10 (2): 173-178.
<http://dx.doi.org/10.24188/recia.v10.n2.2018.625>
3. Aros K, Carrasco J, Briones R, Tadich T. Haematological and serum biochemical reference values for urban-workings equines in Chile. Austral J Vet Sci 2017; 1: 27-33.
<http://dx.doi.org/10.4067/s0719-81322017000100027>
4. Izurieta, J., Luna, D., Cedeño, Y., & Chacha, S. Determinacion de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados a mas de 3000 m.s.n.m. en la sierra centro norte Ecuatoriana. La Granja: Rev de Cienc de la Vida 2017, 25 (1), 62-70. doi: <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.06>
5. Pereira E, de Araujo AL, Cunha LA, Barcellos MP, Spadeto O. & Coelho CS. Eritrograma em muares submetidos à prova de resistência de 100 Km Rev. Bras Med Vet 2014; 36 (2): 226-230. <http://rbmv.org/index.php/BJVM/article/download/499/375>
6. Buitrago JA, Mora JP & Parra ZL. Valores de referencia para el recuento leucocítico en mulares del suroeste Antioqueño. Revista Sinergia 2018, Edición 4, 160-173.
<http://sinergia.colmayor.edu.co/ojs/index.php/Revistasinergia/article/view/63>

7. Kowal R.J., Almosny N.R., Cascardo B., Summa R.P. & Cury L.J. Avaliação dos valores hematológicos em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos a teste de esforço em esteira ergométrica. Rev Bras Cien Vet 2006; 13: 25-31. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2014.261>
8. Pritchard J.C., Burn C.C., Barr A.R.S. & Whay H.R. Haematological and serum biochemical reference values for apparently healthy working horses in Pakistan. Res Vet Sci 2009; 87: 389-395. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2009.05.003>
9. Simenew K, Gezahegne M, & Getachew, M, Wondyefraw, M., Alemayehu L & Eyob, I. Reference Values of Clinically Important Physiological, Hematological and Serum Biochemical Parameters of Apparently Healthy Working Equids of Ethiopia. Global Veterinaria 2011; 7: 01-06. <https://www.researchgate.net/publication/215871791>
10. Folch P, Jordana J, Cuenca R. Reference ranges and the influence of age and sex on haematological values of the endangered Catalanian donkey. Vet J 1997; 154: 163–168. doi:10.1016/S10900233(97)80054-8.
11. García ME. Caracterización morfológica, hematológica y bioquímica clínica en cinco razas asnales españolas para programas de conservación. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencia Animal y de los alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra 2006; 261 p. <https://ddd.uab.cat/record/38317>
12. Mclean A. & Wang W. Pilot study comparing hematologic and serum biochemical parameters in healthy horses (*Equus caballus*) and Mules. J. of equine Vet Sci 2013; 33, 321-339. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2013.03.079>
13. Herrera Y, Rugeles C & Vergara O. Perfil hematológico del burro del burro criollo (*Equus asinus*) colombiano. Rev Colom Cienc Anim 2017; 9 (2): 158-163. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/553>
14. Etana K.M., Jenbere T.S., Bojia E. & Negussie H. Determination of reference hematological and serum-biochemical values for working donkeys of Ethiopia. Vet Res 2011; 4: 90-94. doi: 10.3923/vr.2011.90.94.
15. McLean A, Varnum A, Ali A, Heleski C, & Navas FJ. Comparing and Contrasting Knowledge on Mules and Hinnies as a Tool to Comprehend Their Behavior and Improve Their Welfare. Animals 2019; 9: 488. doi: 10.3390/ani9080488

16. Lagos J & Tadich TA (2019) Hematological and Biochemical Reference Intervals for Mules in Chile. *Front Vet Sci* 2019; 6: 400. doi: 10.3389/fvets.2019.00400
17. Brosnahan M. Genetics, evolution, and physiology of donkeys and mules. *Vet Clin Equine* 2019; 35: 457–467 <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.08.003>
18. Mclean A., Wang W., Navas-Gonzalez F., & Rodrigues J. Reference intervals for hematological and blood biochemistry reference values in healthy mules and hinnies. *Comparative Clinical pathology* 2016; 25 (3): 2276-3 doi: 10.1007/s00580-016-
19. Sandoval W & Oliver O. Propuesta de valores normales de hematología y química sanguínea de equinos y bovinos adultos sanos pertenecientes a clubes y hatos con remisión de pacientes a la clínica de grandes animales. Tesis de pregrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional. Bogotá; 2002.
20. Satué K, Hernández A, Muñoz A. (2012). Physiological Factors in the Interpretation of Equine Hematological Profile, *Hematology - Sci and Prac* 2012; 573-596. IntechOpen, DOI: 10.5772/38961. <https://www.intechopen.com/chapters/31178>
21. Welles E. Interpretación of equine leukocyte responses Chapter 47. In Weiss J & Wardope J. Schalm's Veterinary Hematology. 2010; 6th ed. Wiley-Blackwell 314-320 p. ISBN 978-0-8138-1798-9
22. Friedrichs K, Harr KE, Freeman K, Szladovits B, Walton R, *et al.* 2012. ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. *Vet Clin Pathol* 2012; 41: 441-453. doi:10.1111/vcp.12006.
23. Crisman MV, Scarrat Wk, Zimmerman KL. Blood proteins and inflammation in the horse. *Vet Clin Equine* 2008; 24: 285-297. doi:10.1016/j.cveq.2008.03.004
24. Dias D. de C. Hematologia e bioquímica sérica em muares. Tesis de Maestria., Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Sao Paulo 2014; 103 p. doi:10.11606/D.10.2014.tde-28072014-153256.
25. Medeiros AP, Dos Anjos ST, Franciscato C, Segala LS, Merini LP. Valores hematológicos, proteínas plasmáticas totais e fibrinogênio do cavalo croulo- suas variações em relação ao sexo, idade e manejo. *Acta Scientiae Vet* 2006, 34 (3): 275 -279. doi: 10.22456/1679-9216.15462

26. Goodrich EL & Behlink-Kelly E. Clinical Pathology of Donkeys and Mules. *Vet Clin Equine* 35 (2019): 433–455. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.08.002>