

1 **Respuesta de parámetros hematológicos en alpacas**
2 **machos reproductores de zonas altoandinas**
3 **(Hematological response of parameters in breeding male**
4 **alpacas on High Andean)**

5
6 A. Villafuerte^{(1)*}, A.N. Haro^(2,3), M.J. Andrade⁽³⁾, L. Fiallos⁽¹⁾, H. Bautista⁽⁴⁾

7 (1) Departamento de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 060106. Riobamba, Ecuador.

8 (2) Departamento de Ciencias de la Vida. Universidad de las Fuerzas Armadas, 230101. Santo Domingo, Ecuador.

9 (3) Departamento del Conocimiento Ganadero. Consultora Internacional Milk and Meat. 060103. Riobamba, Ecuador.

10 (4) Departamento de Microbiología y Bioquímica. Universidad federal de Kazán, 420008, Kazán, Rusia.

11 *Correspondencia. Tel.: +593 98 776 2444, E-mail: anharo1@espe.edu.ec, <http://orcid.org/0000-0002-1808-325X> (A,
12 Haro)

13 **RESUMEN**

14 **Los valores hemáticos en alpacas son importantes en el Ecuador, contribuyen a determinar la**
15 **producción y reproducción sobre la exposición de especies ganaderas a gran altura. Por ello, el**
16 **objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la altura sobre la salud de las alpacas macho**
17 **mediante los parámetros hematológicos. Se tomó muestras de sangre de 20 alpacas macho**
18 **adultos de la raza Huacaya, (*Vicugna pacos*, 60 ± 1,62 kg de peso vivo), expuestos a altitudes de**
19 **2 700 y 3 700 metros sobre el nivel del mar. Los animales se distribuyeron en dos grupos según**
20 **su ubicación y espacio geográfico, y se analizó la influencia de la altura sobre la salud de las**
21 **alpacas macho usados para la reproducción de esta especie. La biometría hemática mostró**
22 **animales sanos y aptos para la producción y reproducción, a más de altas concentraciones de**
23 **glóbulos rojos y blancos, por lo que se concluyó que la exposición a la altura puede estimular la**
24 **producción de hematíes y leucocitos, bajo las condiciones de este estudio se demuestra que la**
25 **exposición a la altura no influirá en la producción y reproducción de esta especie.**

26
27 **Palabras clave:** biometría hemática, alpacas, altitud, zonas alto andinas.

28 **ABSTRACT**

29 **Hematic values in alpacas are important in Ecuador, they contribute to determine production**
30 **and reproduction on the exposure of livestock species at high-altitude. Therefore, the objective**
31 **of this study was to evaluate the effects of altitude on the health of male alpacas through**
32 **hematological parameters. Blood samples were taken from 20 adult male alpacas of the**
33 **Huacaya breed (*Vicugna pacos*, 60 ± 1.62 kg body weight), exposed to altitudes of 2 700 and 3**
34 **700 meters above sea level. The animals were distributed into two groups according to their**
35 **location and geographic space, and the influence of height on the health of male alpacas used**
36 **for the reproduction of this species was analyzed. Hematic biometry showed healthy animals**
37 **and suitable for production and reproduction, at more than high concentrations of red and**
38 **white blood cells. Consequently, was concluded, that exposure to altitude can stimulate the**
39 **production erythrocytes and leukocytes, under the conditions of this study shows that exposure**
40 **to altitude will not influence the production and reproduction of this livestock species.**

41 **Key words:** hematic biometry, alpacas, altitude, High Andean.

42 **1. Introducción**

43 Las alpacas (*Vicugna pacos*) habitan las zonas alto andinas de Ecuador, Perú y Bolivia, de igual forma
44 se observan explotaciones en zonas bajas de Chile y Argentina [1]. La explotación ganadera de esta
45 especie, por lo general se realiza en zonas andinas que van desde los 2 500 hasta los 4 500 msnm, no
46 obstante, en otros países la explotación de camélidos se realiza a menos de 2 500 msnm, por lo que,
47 su exposición a la altura frente a su labor productiva y reproductiva, vuelve vulnerable a esta especie
48 [2, 3].

49 Valorar los parámetros productivos, reproductivos y hematológicos, son importantes para determinar
50 la influencia entre la fisiología nutricional y reproductiva sobre la exposición a los pisos del altiplano
51 [4]. La exposición a la altura está vinculada a cambios en la presión atmosférica, expresada como a
52 mayor altura sobre el nivel del mar, la presión barométrica disminuye (presión parcial de los gases
53 también) y a menor altura sobre el nivel del mar la presión se incrementa, estas condiciones pueden
54 trastornar la fisiología de los camélidos explotados a zonas altas [5, 6].

55 Las alpacas destinadas a la producción a gran altura en Ecuador exteriorizan características
56 anatómicas y fisiológicas propias de la especie, condiciones que ayuda adaptarse a condiciones de
57 hipoxia y cambios sobre la fisiología reproductiva, sin embargo, durante la reproducción su fisiología
58 puede alterarse por habitar las zonas altas de los páramos andinos en relación con las que habitan
59 zonas más bajas [7, 8]. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la altura
60 sobre la salud de las alpacas macho mediante los parámetros hematológicos antes del proceso
61 reproductivo.

62 **2. Materiales y métodos**

63 *2.1. Datos experimentales*

64 Todos los procedimientos con animales se realizaron de acuerdo con las directrices ecuatorianas para
65 la protección de animales de experimentación, de acuerdo con la legislación y los procedimientos
66 experimentales aprobados por el Comité de Ética en Experimentación Animal de la Republica del
67 Ecuador. La investigación se realizó en la Estación Experimental “Aña Moyocancha” perteneciente
68 a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. La Estación
69 Experimental está ubicada en el km 85 vía a Riobamba-Tixán, a una altitud de 3 700 msnm
70 aproximadamente, latitud de 2° 10” Sur y una longitud de 78° 44” Oeste, del Cantón Alausí en la
71 Provincia de Chimborazo, las condiciones meteorológicas son variables con temperaturas entre 7 y
72 14 °C, humedad relativa entre 90% y 95% y precipitación anual entre 1 000 y 1 500 mm, para el
73 grupo denominado altura (A3700), además, se tomaron alpacas macho para el grupo control (A2700)
74 de la parroquia Yaruquies, a una altitud de 2 700 msnm aproximadamente, latitud de 1° 41' 19" Sur
75 78° 40' 34 Oeste, en la Ciudad de Riobamba, la Provincia de Chimborazo, las condiciones
76 meteorológicas son variables con temperaturas entre 8 y 20 °C, humedad relativa entre 80% y 95% y
77 precipitación anual entre 400 y 1 000 mm.

78 2.2. *Animales experimentales*

79 Para el estudio se utilizaron 20 alpacas macho adultos de la raza Huacaya (10 machos de la Estación
80 Experimental “Aña Moyocancha y 10 machos de la parroquia Yaruquies), con edades que oscilaban
81 entre los tres y ocho años (*Vicugna pacos*, $60 \pm 1,62$ kg de peso vivo), los machos fueron evaluados
82 antes de su selección y mostraron condiciones corporales optimas (Valor medio: 3 de una escala de
83 5) y buen estado de salud. Se distribuyeron en dos grupos según su ubicación y espacio geográfico
84 (altura en relación el nivel del mar). Cada grupo se asignó a uno de los dos procesos experimentales,
85 grupo altura y grupo control (A3700 y A2700, respectivamente), para analizar la influencia de la la
86 exposición a la altura (Altiplano) sobre la salud de las alpacas macho usados para la reproducción de
87 esta especie. Se tomaron muestras de sangre para los análisis de biométrica hemática de las alpacas.
88 En tubos Eppendor que contenían EDTA y se agregó 1,5 mL de sangre. Las muestras fueron

89 analizadas en el equipo RT-7600 FORVET marca RAYTO específica para para camélidos. Posterior
90 a la toma de muestras, se trasportaron y llevaron al laboratorio de Reproducción Animal e
91 Inseminación Artificial de la Facultad de Ciencias Pecuarias – ESPOCH para sus análisis respectivos.

92 *2.3. Cálculos y análisis estadísticos*

93 La respuesta de los parámetros hematológicos de las alpacas macho se analizó mediante un análisis
94 de varianza de una vía ANOVA unidireccional utilizando el procedimiento GLM del paquete
95 estadístico SAS, Institute Inc. [9]. En todos los paramentos, se consideró significancia a los valores
96 con $p < 0,05$, mientras que los valores con $p < 0,10$ fueron considerados como una tendencia.

97 **3. Resultados y discusión**

98 Las alpacas macho seleccionados en este estudio tuvieron un peso vivo de $60 \text{ kg PV} \pm 1,62$, condición
99 corporal óptima de 3 y buen estado de salud. Fueron sometidos a una selección como donantes de
100 material genético por biometría hemática y características fenotípicas según la exposición a la zona
101 alto andina. Se analizó la respuesta hemática frente a la exposición a la altura (grupo altura y grupo
102 control: A3700 y A2700, respectivamente), habitad en el que se desarrollan productivamente [2, 3].

103 La tabla 1, muestra los efectos de la exposición a la altura sobre la salud de las alpacas macho antes
104 del proceso reproductivo. La serie roja o eritrograma expreso animales sanos, estables dentro de los
105 rangos permitidos de hemoglobina, hematocritos, eritrocitos, volumen corpuscular medio (VCM),
106 hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de hemoglobina corpuscular media
107 (CHCM), para ambos grupos experimentales, de lo que presenta alpacas machos sin deficiencias de
108 vitamina B₁₂, puesto que interviene en la diferenciación celular, especialmente en la de los glóbulos
109 rojos [8, 10, 11], en animales rumiantes con una salud deteriorada o por invasión parasitaria es común
110 la deficiencia de la vitamina B₁₂, asimismo, las concentraciones bajas de vitamina B₁₂ pueden
111 ocasionar menor producción de los glóbulos rojos pudiendo producir anemia en las alpacas [11, 12].

112 Los eritrocitos en sangre no fueron diferentes ($P = 0,2367$) entre ambos grupos experimentales. Sin
 113 embargo, se observó altas ($P < 0,05$) concentraciones de hemoglobina, hematocrito, VCM y HCM en
 114 alpacas expuestas a 3 700 msnm (10,9 g/dL, 31,3%, 3,70 fL y 13,3 pg, respectivamente) frente a
 115 menores concentraciones que las alpacas machos expuestas a 2 700 msnm (9,4 g/dL, 27,5%, 87,6 fL
 116 y 17,8 pg, respectivamente). Además, de una tendencia a mayor concentración de hemoglobina
 117 corpuscular media para el grupo 3 700 msnm frente al grupo 2 700 msnm, al mismo tiempo, se
 118 observó una CHCM menor de 5,0 g/dL frente a las referencias de la especie, sin embargo, se puede
 119 considerar que las concentraciones podrían ser los referenciales para esta especie en las zonas altas
 120 del Ecuador, debido a que los valores referenciales de criterio hemático son los referenciales para
 121 Chile y Argentina [13, 14], calibrados por el equipo RT-7600 FORVET marca RAYTO. Las altas
 122 concentraciones de eritrocitos ($P = 0,237$) en sangre son consecuencia de la adaptación fisiológica a
 123 la altura de esta especie [8, 15]. Consecuentemente, la disminución en la concentración de oxígeno
 124 en sangre de las alpacas macho estimula la producción de la hormona eritropoyetina por activación
 125 del factor inducible de hipoxia, que estimula la producción de glóbulos rojos y hemoglobina, se
 126 traduce a mayor altura, mayor nivel de hemoglobina, hematocritos y eritrocitos [7, 8, 16].

127 **Tabla I.** Biometría hemática de las alpacas macho seleccionadas expuestas a 2 700 y 3 700 msnm (A2700 y A3700,
 128 respectivamente)

Ítem ¹	Alpacas macho		Referencias ²	EEM ²	P VALOR
	A3700	A2700			
Eritrograma					
Hemoglobina, g/dL	10,9	9,74	9 - 15	0,207	0,015
Hematocrito, %	31,3	27,5	20 - 32	0,221	< 0,001
Eritrocitos*10 ⁶ /uL	3,70	3,54	7 - 13	0,067	0,237
VCM, fL	90,4	87,6	18 - 34	0,170	< 0,001
HCM, pg	13,3	17,8	8 - 16	0,383	< 0,001
CHCM, g/dL	32,3	31,9	37 - 57	0,093	0,041
Leucograma					
Leucocitos*10 ³ /uL	7,99	7,49	4 - 19	0,126	0,062
Neutrófilos, %	55,5	57,7	32 - 71	0,663	0,110
Linfocitos, %	41,3	36,2	8 a 45	0,641	0,001

Monocitos, %	1,00	1,10	0 a 7	0,002	< 0,001
Eosinófilos, %	1,00	1,11	0 a 36	0,002	< 0,001
Basófilos, %	1,00	1,10	0 a 6	0,002	< 0,001

129 ¹ VCM: volumen corpuscular medio, HCM: Hemoglobina corpuscular media, CHCM: Concentración de hemoglobina
130 corpuscular media, n = 20. ² Referencias predeterminadas para camélidos sudamericanos para el equipo RT-7600 FORVET
131 marca RAYTO

132

133 Desde otra perspectiva, el hemograma de la tabla 1, muestra concentraciones semejantes (P = 0,110)
134 de neutrófilos entre ambos grupos expuestos a alturas diferentes, sin embargo, se observó una
135 tendencia (P = 0,062) a mayor concentración de leucocitos en el grupo de alpaca macho A3700 en
136 comparación con el grupo A2700 ($7,99 \cdot 10^3/\mu\text{L}$ y $7,49 \cdot 10^3/\mu\text{L}$, respectivamente). Las
137 concentraciones de linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos fueron mayores en las alpacas
138 machos expuestos a 3 700 msnm frente a menores concentraciones observadas en los machos a una
139 altura de 2 700 msnm, estos valores estuvieron dentro de los rangos permitidos para diferenciar
140 alpacas en buen estado de salud, aptas para los procesos reproductivos. Valores similares se
141 observaron en estudios de caracterización hemática y alpacas manejadas en alturas entre 3 200 y 4
142 500 msnm [8, 17, 18] en buen estado de salud. Diferencias que no afectan la producción y
143 reproducción de alpacas y otras especies ganaderas [17, 18].

144 La respuesta al aumento de la concentración de hemoglobina de los animales rumiantes a las zonas
145 altas se manifiesta por una disminución de la concentración de oxígeno en la sangre [19], sin embargo,
146 la alpaca no muestra esta conformidad, incluso a zonas altas sobre los 3 700 msnm, los hematocritos
147 son bajos y su afinidad por el oxígeno es la mayor de las conocidas de entre las especies de producción
148 pecuaria, la excelente fisiología a la altura les permite buenas captaciones de oxígeno a nivel
149 pulmonar y adecuados mecanismos en el transporte de oxígeno favoreciendo a los rendimientos
150 producción y reproducción de esta especie [20].

151 4. Conclusiones

152 La consecuencia de enfrentar la producción de alpacas en zonas alto andinas sobre la fisiología de la
153 altura durante la reproducción se traduce en la disminución de la presión parcial del oxígeno que
154 puede impedir el desempeño físico y reproductivo de las alpacas macho, bajo las condiciones de este
155 estudio, los valores hematológicos de las alpacas expuestas a alturas entre 2 700 y 3 700 msnm fueron
156 diferentes, sin embargo, no se revelan diferencias en la producción y reproducción de esta especie.
157 Por otra parte, se recomienda profundizar más estudios sobre parámetros hematológicos en camélidos
158 sudamericanos para caracterizar una base referencial para esta especie en las zonas altoandinas del
159 Ecuador.

160 **Agradecimientos**

161 El agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por las facilidades prestadas para
162 la ejecución del trabajo investigativo, a SENESCYT (convocatoria 2014) y finalmente agradecer a la
163 Consultora Internacional *Milk and Meat* por su ayuda con el trabajo, compartiendo el conocimiento
164 ganadero.

165 **Conflicto de intereses**

166 Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

167 **Referencias**

- 168 1. Bonacic C. 1991. Características biológicas y productivas de los camélidos sudamericanos.
169 Avances en Ciencias Veterinarias. 6:2.
- 170 2. Vilá B. 2016 Camélidos sudamericanos. Vol. 40. Eudeba.
- 171 3. Cruz A, Cervantes I, Burgos A, Morante R, Gutiérrez J. P. 2015. Estimation of genetic
172 parameters for reproductive traits in alpacas. *Animal Reproduction Science*, 163: 48-55.
- 173 4. Martínez-González S. 2019. III Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal,
174 Pesquero y Acuícola. In Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Pesquero
175 y Acuícola. 3.

- 176 5. Hornbein T, Schoene, R. High altitude: an exploration of human adaptation. 2001. CRC
177 Press.
- 178 6. Burgel H, Gauly E. 2000. Criopreservación de llama (*Lama glama*) semen. II Congreso
179 Mundial sobre Camelidos. Cusco Peru. 9.
- 180 7. Trompetero-González AC, Cristancho-Mejía É, Benavides-Pinzón WF, Mancera-Soto EM,
181 Ramos-Caballero DM. 2015. Efectos de la exposición a la altura sobre los indicadores de la
182 eritropoyesis y el metabolismo del hierro. Revista de la Facultad de Medicina, 63: 717-725.
- 183 8. Silva Sánchez P, Mendoza G, Trahtemberg T, Arróspide C, Echevarría L. 2007. Variación
184 de los valores de hemoglobina en alpacas con pobre condición corporal trasladadas desde
185 Cerro de Pasco a Lima. Sitio Argentino de Producción Animal. APPA - ALPA - Cusco, Perú.
- 186 9. SAS Institute Inc. 2017. SAS/STAT® 12.2 User's guide. Cary, NC, USA. SAS Inst Inc.
- 187 10. Girard CL, Graulet B. 2021. Methods and approaches to estimate B vitamin status in dairy
188 cows: Knowledge, gaps and advances. Methods. 186: 52-58.
- 189 11. Judson GJ, McGregor BA, Howse AM. 2011. Blood mineral, trace-element and vitamin
190 concentrations in Huacaya alpacas and Merino sheep grazing the same pasture. Animal
191 Production Science. 51: 873-880.
- 192 12. Aguiló Bonnin J. Valores hematológicos. 2001. Clínica veterinaria de pequeños animales.
193 21:2. 0075-85.
- 194 13. Beltrán-Saavedra LF, Nallar-Gutiérrez, R, Ayala G, Limachi JM, Gonzales-Rojas JL. 2011.
195 Estudio sanitario de vicuñas en silvestría del área natural de manejo integrado nacional
196 Apolobamba, Bolivia. Ecología en Bolivia. 46:1. 14-27.
- 197 14. Terrazas RT, Tola RM. 2017. Determinación de los parámetros bioquímicos sanguíneos y
198 hematología, en Llamas (*Lama glama*) en el Altiplano Central, La Paz: Rubén Tallacagua
199 Terrazas, Reynaldo Mamani Tola. Apthapi. 3: 693-701.
- 200 15. Huaman Huarco T. 2020. Valores hematológicos normales en vacunos, en el centro de
201 investigación de camélidos sudamericanos "Cicas-La Raya" distrito de Maranganí-Cusco.

- 202 16. Quispe E. 2011. Adaptaciones hematológicas de los camélidos sudamericanos que viven en
203 zonas de elevadas altitudes. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 5:1. 01-26.
- 204 17. Jiménez CEP, Espada CM, Dolores CVM. 2010. Camélidos sudamericanos: clasificación,
205 origen y características. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 4: 23-37.
- 206 18. Verma P, Sharma A, Sodhi M, Thakur K, Kataria RS, Niranjana SK, et al. 2018.
207 Transcriptome analysis of circulating PBMCs to understand mechanism of high altitude
208 adaptation in native cattle of Ladakh region. *Scientific Reports*. 8: 1-15.
- 209 19. Monge C. 1989. Animal adaptation to low-oxygen Andean gradient. *Interciencia*. 14:1. 7-7.
- 210 20. Zapata B, Fuentes V, Bonacic C, Gonzalez B, Villouta G, Bas F. 2003. Haematological and
211 clinical biochemistry findings in captive juvenile guanacos (*Lama guanicoe* Müller 1776) in
212 central Chile. *Small Ruminant Research*. 48:1. 15-21.

Oficio Nro. ESPOCH-CIBE-2021-0043

Riobamba, 10 de julio de 2019

Asunto: Aval CBIESPOCH

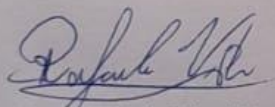
Ingeniero
Alex Villafuerte
Docente Titular
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
En su Despacho

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo, a la vez que me dirijo a usted para comunicarle que, luego de la evaluación por pares, el proyecto de investigación "CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE CÉLULAS HEMÁTICAS EN ALPACAS (Vicugna pacos) DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO", me permito indicar que fue APROBADO sin ninguna observación, por lo tanto, se extiende el AVAL por parte del Comité de Bioética en Investigación de la ESPOCH.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,
SABER PARA SER



Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui, MsC.
PRESIDENTA DEL COMITÉ INSTITUCIONAL DE BIOÉTICA