

Comparación de características testiculares mediante ultrasonografía B mode y Doppler en alpacas (*Vicugna pacos*) tui y adultos

Comparison of testicular characteristics using B mode and Doppler ultrasonography in tui and adult alpacas (*Vicugna pacos*)

Uri H. Perez-Guerra^{1*}, Yesenia M. Quispe-Barriga², Edilberto Mamani-Macedo², Natalio Luque-Mamani³, Guido Medina-Suca³, Daniel Gandarillas-Espezúa⁴, R.H. Mamani-Cato⁵, Manuel G. Pérez-Durand¹

RESUMEN

El objetivo de estudio fue comparar las características testiculares mediante la ultrasonografía B mode y Doppler en alpacas tui y adultos. El estudio fue realizado en el Centro Experimental Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, durante la época reproductiva (marzo). Se utilizaron 15 tui machos (G1) de 12 a 14 meses de edad y 14 adultos (G2) de 24 a 36 meses. Se evaluaron las características ultrasonográficas B mode (largo [mm], ancho [mm], área [cm²] y volumen testicular [cm³]) y Doppler (índice de resistencia [IR], índice de pulsatilidad [IP] y área vascular testicular [AVT]) con un equipo Draminski 4Vet[®] y un transductor micro convexo y lineal con una frecuencia de 9 MHz. Los datos fueron analizados mediante un diseño factorial de 2x2. El

¹ Laboratorio de Reproducción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Escuela de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

³ Centro Experimental Chuquibambilla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

⁴ Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú

⁵ Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa, Puno, Perú

* Autor de correspondencia: Uri H. Perez-Guerra; uperez@unap.edu.pe

Recibido: 10 de diciembre de 2023

Aceptado para publicación: 2 de septiembre de 2024

Publicado: 31 de octubre de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

largo, ancho, volumen y área testicular dentro de cada grupo etario no presentó diferencias significativas entre el testículo derecho e izquierdo; sin embargo, las medidas de las alpacas adultas fueron significativamente mayores que en las tuis ($p < 0.05$). El IR fue similar en ambos grupos etarios, pero el AVT fue superior en los tuis en comparación con los adultos.

Palabras clave: alpaca, *doppler*, macho, testículo, ultrasonografía

ABSTRACT

The aim of this study was to compare testicular characteristics using B mode and Doppler ultrasonography in tui and adult alpacas. The study was carried out at the Chuquibambilla Experimental Center of the National University of the Altiplano, Puno, Peru, during the reproductive season (March). In total, 15 male tuis (G1) from 12 to 14 months of age and 14 adults (G2) from 24 to 36 months of age were used. B mode ultrasonographic characteristics (length [mm], width [mm], area [cm^2] and testicular volume [cm^3]) and Doppler (resistance index [RI], pulsatility index [PI] and testicular vascular area [AVT]) were registered with a Draminski 4Vet[®] device and a micro convex and linear transducer with a frequency of 9 MHz. The data were analyzed using a 2x2 factorial design. The length, width, volume and testicular area within each age group did not present significant differences between the right and left testicle, however, the measurements of the adult alpacas were significantly greater than those of the tuis ($p < 0.05$). The IR was similar in both age groups, but AVT was higher in tuis compared to adults.

Key words: alpaca, doppler, male, testicle, ultrasonography

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de crianzas en camélidos en el Perú se caracterizan por estar en su mayoría en manos de pequeños y medianos productores con rebaños compuestos por pocos animales la cual trae como consecuencia una rápida disminución de la variabilidad genética (Amanca *et al.*, 2018). La selección de reproductores juega un rol importante dentro estos sistemas de producción, el cual se caracteriza por una selección fenotípica y, en ciertos casos, la concentración espermática con relación a las características morfométricas testiculares (Brown, 2000).

La correcta selección y buen manejo del macho garantiza una campaña de empadre exitosa en la producción en estos animales.

La capacidad reproductiva ha sido evaluada empíricamente con el tamaño testicular por su relación con el diámetro de túbulos seminíferos la cual podría predecir la producción espermática diaria (Brown, 2000; FAO, 2005). Sin embargo, este tipo de evaluación no permite evaluar la ecogenicidad y textura de los testículos que pudiera determinarse a través de la ultrasonografía, que es una técnica no invasiva (de Souza *et al.*, 2015; De Magalhães *et al.*, 2019).

En otras especies domésticas se vienen realizando evaluaciones ultrasonográficas Doppler para determinar la perfusión testicular sanguínea (TBP, *Testicular Blood Perfusion*) para el diagnóstico de desórdenes reproductivos, lo cual permite determinar diversas funciones como son: el ingreso de nutrientes, oxigenación, regulación hormonal, y productos de secreción que son regula-

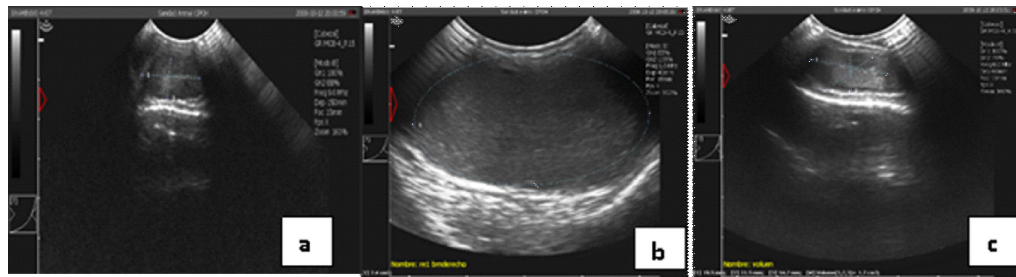


Figura 1. Evaluación de las características testiculares B mode de alpacas: (a) largo y ancho, (b) área testicular, (c) volumen testicular

dos e intercambiados a través de los testículos, sin olvidar el mantenimiento de temperatura vital para la espermatogénesis (Pozor y Mcdonnell, 2004; Samir *et al.*, 2021), siendo esta información limitada en camélidos sudamericanos. Por tal motivo, el presente estudio comparó las características testiculares mediante la ultrasonografía B mode y Doppler en alpacas tui y adultos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio y Animales

La investigación fue realizada en el Centro Experimental Chuquibambilla de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, localizada en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar, departamento de Puno, Perú. La zona se encuentra a una altitud de 3927 msnm y el estudio se realizó durante la época de lluvia (marzo).

Se evaluaron 29 alpacas de raza Suri distribuidas en dos grupos etarios: G1: 15 tui macho, de aproximadamente 12-14 meses de edad, y G2: 14 adultos, de 24 a 36 meses de edad. La condición corporal promedio fue entre 2.5 a 2.8 utilizando una escala recomendada por la *Australian Alpaca Association* (2020). La alimentación de los animales fue con base a pastos naturales, los

cuales estaban en buenas condiciones debido a la época del estudio.

Evaluación Ultrasonográfica

Ultrasonografía testicular B mode

Se utilizó el equipo ultrasonográfico Draminski 4 Vet[®] (Owocowa, Olsztyn, Polonia) con transductores microconvexo y lineal con una frecuencia de 9 MHz. Los animales fueron sujetos por dos asistentes (uno sujetando el cuello y otro al nivel de la línea superior) sin utilizar algún tipo de sedación en el animal para evitar posibles alteraciones de las características hemodinámicas testiculares. Se midió el largo y ancho (mm), área (cm²) y volumen testicular (cm³). Para el largo y ancho testicular se identificó el parénquima testicular (hipoecogénico y homogéneo) colocando los calipers (Ver Figura 1a) tal como corresponde; para el área testicular se realizó mediante la opción elipsoide (Ver Figura 1b); y para el volumen testicular se tomaron tres medidas (Ver Figura 1c) (Gandarillas *et al.*, 2022; Pérez-Durand *et al.*, 2023).

Ultrasonografía testicular Doppler espectral

Se utilizó el equipo descrito para el examen B mode. Se identificó el cordón espermático mediante el uso de Doppler

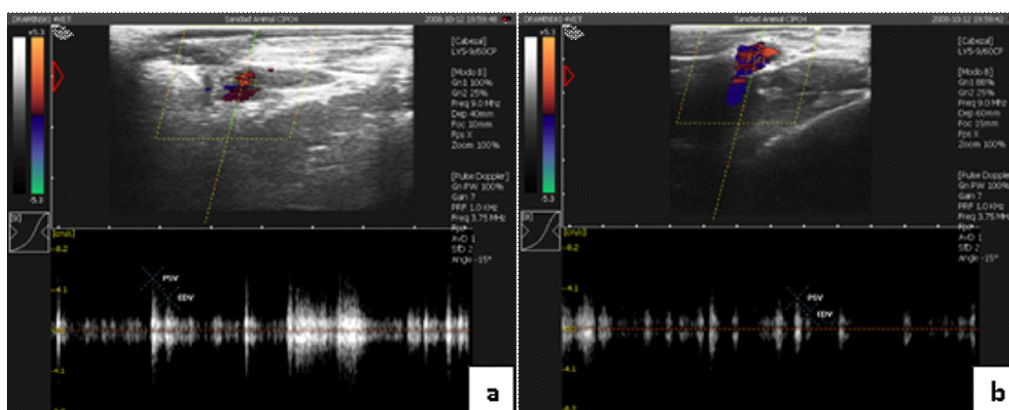


Figura 2. Imágenes de parámetros Doppler pulsado del cordón espermático en alpacas jóvenes (a) y adultas (b)

Triplex (modo B, Doppler color y Doppler espectral; Figura 2) con un transductor lineal, identificando colores cercanos al tejido testicular, teniendo las características de color rojo (flujo que se acerca al transductor) y azul (flujo que se aleja del transductor) colocando el volumen de muestra (VM) de 2 mm sobre la arteria supratesticular. Se determinó primeramente la velocidad sistólica máxima (PSV, *peak systolic velocity*), velocidad diastólica final (EDV, *end diastolic velocity*) y velocidad promedio general (AVG, *average velocity general*) para calcular el índice de resistencia (IR) e índice de pulsabilidad (IP) de ambos testículos (Kutzler *et al.*, 2011; Pérez-Durand *et al.*, 2023).

Ultrasonografía testicular Doppler power

Se activó el Doppler power para identificar la aparición de coloración roja sobre el tejido (Figura 3). Se registraron videos de cada animal y lado testicular por separado. Estas grabaciones videos fueron reproducidos en un ordenador (HP®, Intel Core i7), tomándose 2-3 imágenes por lado testicular y procesadas en el programa Image J® (LOCI, Madison, USA) para determinar el área vascular testicular (AVT) en porcentaje. $AVT = (\text{Área vascular testicular} / \text{Área testicular total}) * 100$.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva para determinar medidas de tendencia central (media) y de dispersión (error estándar). Los datos fueron analizados para determinar supuestos de homocedasticidad y normalidad mediante la prueba de Bartlett y Shapiro-Wilks, respectivamente. Se compararon los datos de los grupos etarios (tuis y adultos) y lado testicular (derecho e izquierdo) mediante un diseño factorial de 2x2, y se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias. El análisis se hizo mediante el programa R con su paquete *RCmdr* (R Team, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características ultrasonográficas testiculares B mode

La evaluación testicular mediante B mode muestra una estructura homogénea, isoecogénica con granulación fina en ambos grupos etarios, tal y como reportan otros autores (caninos y carneros: De Magalhães *et al.*, 2019; Hedia y El-Belely, 2021; alpacas: Pérez-Durand *et al.*, 2023). La comparación

Cuadro 1. Características ultrasonográficas B mode de testículos derecho e izquierdo de alpacas tui y adultas

	Tuis (G1)		Adultos (G2)	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
Largo testicular (mm)	14.36 ± 0.94 ^a	14.27 ± 0.74 ^a	36.71 ± 1.34 ^b	36.12 ± 1.17 ^b
Ancho testicular (mm)	8.21 ± 0.58 ^a	7.73 ± 0.4 ^a	20.4 ± 0.84 ^b	21.05 ± 0.81 ^b
Volumen testicular (cm ³)	0.75 ± 0.13 ^a	0.67 ± 0.11 ^a	10.4 ± 1.05 ^b	10.42 ± 1.01 ^b
Área testicular (cm ²)	1.08 ± 0.15 ^a	0.95 ± 0.12 ^a	6.21 ± 0.52 ^b	5.91 ± 0.42 ^b

Los valores son expresados en media ± SEM. Letras diferentes entre filas indica diferencia estadística (p<0.05)

del largo, ancho, volumen y área testicular dentro de cada grupo etario no presentó diferencias significativas entre el testículo derecho e izquierdo. Sin embargo, las medidas de las alpacas adultas fueron significativamente mayores que aquellas en las alpacas tuis (Cuadro 1). Los resultados son similares a lo reportado en alpacas adultas entre 3 a 7 años (Bravo *et al.*, 2000; Incahuanaco *et al.*, 2021). Asimismo, se reportan otras dimensiones como volumen y área testicular en alpacas de 14 meses y mayores de 36 meses entre 8.77 y 11.69 cm³ y áreas entre 5.14 y 6.59 cm² (Kutzler *et al.*, 2011; Pérez-Durand *et al.*, 2023).

La diferencia de características morfológicas ultrasonográficas B mode entre jóvenes y adultos se debería principalmente al desarrollo testicular que está relacionado con incremento del tamaño, largo de los túbulos seminíferos y proliferación de células germinales encargadas de la maduración de los espermatozoides, procesos que se encuentran relacionados con la pubertad y madurez sexual (Rawlings *et al.*, 2008; Rodrigues *et al.*, 2020).

Características ultrasonográficas testiculares Doppler espectral y power

La comparación de las características Doppler no muestran diferencia al comparar el IR e IP entre los lados testiculares ni entre grupos etarios (p=0.924 y 0.725, respectiva-

mente). Las ligeras diferencias en los IR e IP entre jóvenes y adultos pueden deber a la vasodilatación e incremento del flujo sanguíneo cuando los machos llegan a la pubertad (generando cierta disminución del IR), además de una menor dinámica de arterias testiculares en adultos para una disipación eficiente del calor que permita mantenimiento ideal de la temperatura escrotal necesaria para la espermatogénesis (Claus *et al.*, 2021). Asimismo, los adultos suelen presentar algunos cambios degenerativos que incrementan la resistencia testicular (equinos: Pozor y McDonnell, 2004).

Las áreas vascular y testicular no fueron significativamente diferentes entre el lado derecho e izquierdo dentro de grupos etarios, pero presentaron valores superiores en los adultos con relación a los tuis (p<0.001) (Cuadro 2). Los resultados son similares a los valores de IR, IP y AVT reportados por Kutzler *et al.* (2011) y Pérez-Durand *et al.* (2023). La Figura 2 muestra la obtención del IR e IP mediante el Doppler espectral con relación a los grupos etarios:

Las imágenes observadas tras la evaluación Doppler espectral muestran características típicas de irrigación de una rama arterial principal debido a que presentan velocidades menores a 10 cm/s para PSV (velocidad máxima sistólica) y una menor duración de la diástole debido a que la arteria testicular es una rama principal para la irrigación de estos órganos (testículos). Esta se

Cuadro 2. Características ultrasonográficas Doppler de testículos derecho e izquierdo de alpacas tuis y adultos

	Tuis (G1)		Adultos (G2)	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
Índice de resistencia (IR)	0.47 ± 0.05 ^a	0.56 ± 0.04 ^a	0.56 ± 0.05 ^a	0.51 ± 0.05 ^a
Índice de pulsabilidad (IP)	0.32 ± 0.05 ^a	0.48 ± 0.06 ^a	0.43 ± 0.08 ^a	0.41 ± 0.08 ^a
Área vascular testicular (%)	6.89 ± 0.73 ^a	6.69 ± 0.54 ^a	3.58 ± 0.56 ^b	4.61 ± 0.42 ^b
Área testicular (cm ²)	1.08 ± 0.15 ^a	0.95 ± 0.12 ^a	6.21 ± 0.52 ^b	5.91 ± 0.42 ^b

Los valores son expresados en media ± SEM. Letras diferentes entre filas indica diferencia estadística (p<0.05)

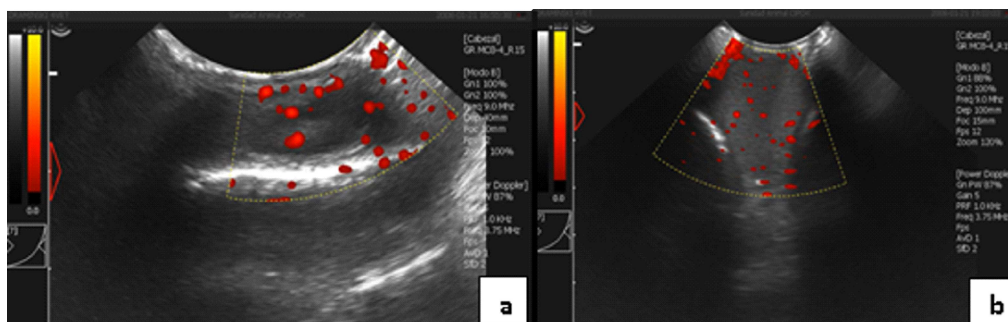


Figura 3. Ultrasonografía testicular Doppler power en testículos de machos jóvenes (a) que aparentemente reciben mayor cantidad de flujo sanguíneo en comparación con machos adultos (b)

caracteriza por tener un perfil semi truncado o semi parabólico del flujo sanguíneo debido a que los testículos presentan una resistencia media similar a los reportado en equinos y vacunos (Ginther, 2007).

Las áreas vascular y testicular no fueron significativamente diferentes entre el lado derecho e izquierdo dentro de grupos etarios, pero presentaron valores superiores en los adultos con relación a los tuis (p<0.001) (Cuadro 2). Los resultados son similares a los valores de IR, IP y AVT reportados por Kutzler *et al.* (2011) y Pérez-Durand *et al.* (2023). La Figura 2 o de Doppler espectral muestra la obtención del IR e IP con relación a los grupos etarios debido a que ambos índices devienen del uso de los parámetros antes mencionados (PSV, EDV y AVG).

El área vascular testicular (AVT) evaluada mediante Doppler power no mide la velocidad o la dirección de flujo sino la intensidad, midiendo el número de células que atraviesan el cristal en una unidad de tiempo y específicamente es utilizado en zona de flujo sanguíneo lento y sin importar el ángulo de isonación (Markey *et al.*, 1995; De Souza *et al.*, 2014). Estudios realizados en alpacas indican que existen una relación positiva entre el AVT y la concentración de testosterona (Pérez-Durand *et al.*, 2023); por tanto, podría ser una característica útil para la selección de machos tuis y adultos; sin embargo, se requiere de mayor cantidad de estudios para determinar dicha relación y el uso de esta característica ecográfica Doppler (AVT).

CONCLUSIONES

Las características ultrasonográficas B mode y Doppler son similares al ser comparado los testículos del lado izquierdo y derecho en machos adultos y tuis. Sin embargo, existe diferencia al comparar las características B mode siendo superior en machos adultos; mientras que el área vascular testicular (AVT) fue superior en machos tuis.

LITERATURA CITADA

1. **Amanca E, Calderón J, Roso Vanerlei R, Mendoza J, Gutiérrez G. 2018.** Esquema de reproductores macho de referencia para un núcleo genético disperso de alpacas (*Vicugna pacos*) Huacaya en la región Pasco, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 29: 894-907. doi: 10.15381/rivep.v29ingi3.14840
2. **Australian Alpaca Association. 2020.** Alpaca advice. Body condition score (BCS) of alpacas. [Internet]. Available in: <https://alpaca.asn.au/wp-content/uploads/2020/07/AAA-Advice-Body-Condition-Score-.pdf>
3. **Bravo PW, Skidmore JA, Zhao XX. 2000.** Reproductive aspects and storage of semen in Camelidae. *Anim Reprod Sci* 62: 173-193. doi: 10.1016/S0378-4320(00)00158-5
4. **Brown BW. 2000.** A review on reproduction in South American camelids. *Anim Reprod Sci* 58: 169-195. doi: 10.1016/S0378-4320(99)00081-0
5. **Claus LAM, Barca Junior FA, Junior CK, Pereira GR, Fávares PC, Ferreira FP, Galdioli VH, et al. 2021.** Testicular shape, scrotal skin thickness and testicular artery blood flow changes in bulls of different ages. *Reprod Domest Anim* 56: 1034-1039. doi: 10.1111/rda.13947
6. **De Magalhães FF, De Souza MB, Da Silva LDM. 2019.** Testicular ultrasound evaluation in small animal practice. *Med Vet* 13: 126-135. doi: 10.26605/medvet-v13n1-2620
7. **De Souza MB, Da Cunha Barbosa C, Pereira BS, Monteiro CLB, Pinto JN, Linhares JCS, Da Silva LDM. 2014.** Doppler velocimetric parameters of the testicular artery in healthy dogs. *Res Vet Sci* 96: 533-536. doi: 10.1016/j.rvsc.2014.03.008
8. **De Souza MB, England GCW, Mota Filho AC, Ackermann CL, Sousa CVS, De Carvalho GG, Silva HVR, et al. 2015.** Semen quality, testicular B-mode and Doppler ultrasound, and serum testosterone concentrations in dogs with established infertility. *Theriogenology* 84: 805-810. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.05.015
9. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2005.** Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. FAO. [Internet]. Disponible en: https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2013.-v7.n1.41413
10. **Gandarillas D, Torres EA, Quispe AE, Rios RM, Puma A. 2022.** Relación de los niveles de testosterona sérica y el tamaño testicular en alpacas según grupo etario y mes del año en Tacna, Perú. *Rev Invest Agropec* 2: 14-20.
11. **Ginther OJ. 2007.** Stallions and bulls. In *Ultrasonic imaging and animal reproduction: Color doppler ultrasonography*. E. Publishing. p 71-72).
12. **Hedia, M., & El-Belely, M. (2021).** Testicular morphometric and echotextural parameters and their correlation with intratesticular blood flow in Ossimi ram lambs. *Large Animal Review*, 27(2), 77-82. <https://www.largeanimalreview.com/index.php/lar/article/view/247>
13. **Hedia M, El-Belely M. 2021.** Testicular morphometric and echotextural parameters and their correlation with intratesticular blood flow in Ossimi ram lambs. *Large Anim Rev* 27: 77-82.
14. **Incahuanaco LM, Ayala RD, Hinojosa RL, Torres EY. 2021.** Eficiencia reproductiva de alpacas machos en relación al

- tamaño testicular y niveles hormonales durante época reproductiva en puna seca. *Rev Invest Agropec* 1: 56-62.
15. **Kutzler M, Tyson R, Grimes M, Timm K. 2011.** Determination of testicular blood flow in camelids using vascular casting and color pulsed-wave doppler ultrasonography. *Vet Med Int* 2011: 638602. doi: 10.4061/2011/638602
 16. **Markey CM, Jequier AM, Meyer GT, Martin GB. 1995.** Relationship between testicular morphology and sperm production following ischaemia in the ram. *Reprod Fert Develop* 7: 119-128. doi: 10.1071/RD9950119
 17. **Pérez-Durand MG, Massa-Guzmán A, Luque-Mamani N, Ruelas-Calloapaza D, Urviola-S M, Condori-Chuchi EA, Gutierrez MA, et al. 2023.** Age-related differences in testosterone concentration and its relation to testicular biometrics, hemodynamics, and fertility in alpacas (*Vicugna pacos*). *Vet Sci* 10: 429. doi: 10.3390/vetsci10070429
 18. **Pozor MA, McDonnell SM. 2004.** Color Doppler ultrasound evaluation of testicular blood flow in stallions. *Theriogenology* 61: 799-810. doi: 10.1016/S0093-691X(03)00227-9
 19. **R Core Team. 2020.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [Internet]. Available in: <https://www.r-project.org/>
 20. **Rawlings N, Evans ACO, Chandolia RK, Bagu ET. 2008.** Sexual maturation in the bull. *Reprod Domest Anim* 43: 295-301. doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01177.x
 21. **Rodrigues NN, Rossi GF, Vrisman DP, Taira AR, Souza LL, Zorzetto MF, Bastos NM, et al. 2020.** Ultrasonographic characteristics of the testes, epididymis and accessory sex glands and arterial spectral indices in peri- and post-pubertal Nelore and Caracu bulls. *Anim Reprod Sci* 212: 106235. doi: 10.1016/j.anireprosci.2019.106235
 22. **Samir H, Radwan F, Watanabe G. 2021.** Advances in applications of color Doppler ultrasonography in the andrological assessment of domestic animals: a review. *Theriogenology* 161: 252261. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.12.002