

## Relación ultrasonográfica *B Mode* y *Doppler* con la concentración de testosterona en alpacas

Uri Perez <sup>1</sup>; Angela Massa <sup>1</sup>; Eloy Condori <sup>1</sup>; Yan Manrique <sup>1</sup>;  
Domingo Ruelas <sup>1</sup>; Natalio Luque <sup>1</sup>; Erlan Gutierrez <sup>2</sup>; Manuel Pérez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

<sup>2</sup> Universidad Católica Boliviana, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia;  
Carrera de Ingeniería Zootécnica

E-mail de contacto: [uperez@unap.edu.pe](mailto:uperez@unap.edu.pe)

**Resumen.** El propósito del estudio fue evaluar, en alpacas macho, las características testiculares mediante ultrasonografía y su relación con los grados de testosterona. El estudio se realizó en el *Centro Experimental de Chuquibambilla*; fueron utilizados 30 alpacas reproductores machos de diferente *clase animal*: 2 dientes (2D), 4 dientes (4D) y boca llena (BLL); se comparó las características morfométricas en *modo B* del largo, ancho, área y volumen testicular, mediante un equipo ultrasonográfico *SonoStar SS-8*® con un transductor lineal, las características en *modo Doppler*, siendo el índice de resistencia (IR) e índice de pulsatilidad (IP) con un equipo *US Draminski 4Vet*® y evaluación de la concentración de testosterona con un equipo de ELISA. Los análisis estadísticos fueron descriptivos, además de análisis de varianza, correlación de Pearson y regresión logística. El largo testicular fue de 36.75 mm para 2D; 34.1 mm para 4D y 38.01 mm para BLL. El ancho testicular fue para 2D, 4D y BLL, 21.59, 19.69 y 21.01 mm, respectivamente. El volumen fue para 2D: 11.69, 4D: 8.77 y BLL: 10.93 cm<sup>3</sup>; el área testicular para 2D, 4D y BLL fue 6.59, 5.14 y 6.48 cm<sup>2</sup>, respectivamente; el IR testicular para 2D fue 0.54, 4D 0.49 y BLL 0.57; el IP testicular para 2D, 4D y BLL fue 0.53, 0.31 y 0.47, respectivamente; la concentración de testosterona para 2D fue 2.47, 4D 8.45 y BLL 22.66 ng/ml (nanogramos/mililitro). Las características de *modo B* son altamente correlacionables, las *Doppler* y testosterona poseen una asociación baja. Finalmente al evaluar la cantidad de testosterona con todas las variables en conjunto, solo se vio significancia en relación a la *clase animal*. En conclusión, la concentración de testosterona muestra significancia con la *clase animal*, mientras que no existe relación alguna con las características *modo B* y *Doppler* de los testículos evaluados en alpacas macho.

**Palabras clave:** Alpaca; Elisa; Testículos; Testosterona; Ultrasonografía

### Introducción

El macho en camélidos desempeña un papel importante en el procedimiento productivo, consiguientemente en la mejora genética, por ello depende de una correcta elección, conducción, salud y nutrición, en el logro de su crianza; por otra parte, todavía hay restrictivos en la ciencia relacionados a la valoración de

propiedades testiculares como seminales, dimensión testicular y hormonal (Huanca 1998) ya que no solamente la eficiencia reproductiva se basa sobre el comportamiento reproductivo de la hembra, considerando el índice de fertilidad, natalidad, preñez, etc. Es así que estos parámetros influyen en la fertilidad del macho, existiendo elementos desfavorables que restringen el progreso de la productividad de

la alpaca, en la que refleja los bajos índices de natalidad que fluctúan entre 55-60%; donde el macho juega un papel importante en el proceso reproductivo y mejoramiento genético, ya que de su correcta selección y de un buen manejo que se realice, dependerá el éxito de la producción de camélidos (Sumar 1991). El aumento del tamaño testicular está directamente relacionado al incremento del diámetro de los túbulos seminíferos, que conlleva al desarrollo del volumen total del tejido intersticial. La dimensión testicular constituye un trascendental parámetro en la estimación de la fuerza reproductiva del macho (Skidmore 2000).

Por tal motivo se requiere seguir trabajando en el campo de la investigación para contribuir a mejorar los niveles reproductivos, si se tiene en cuenta que el 70% de los productores desarrollan una crianza tradicional, sabiendo que las hembras de las alpacas sudamericanas poseen la restrictiva de engendrar 4 o 5 crías en el transcurso de su vida productiva, actualmente la producción de alpacas se realiza con procedimientos habituales no perennemente eficaz, acentuando la problemática de morbilidad, mortalidad y pequeña efectividad productiva; en el que las proporciones de natalidad anual en la totalidad de productores alpaqueros es en una proporción del 50% (Fernández Baca *et al.* 1993) con indicadores de fecundidad que no superan el 65%.

Para mejorar esta limitante y con la aplicación de tecnologías como la ultrasonografía *modo B* y *Doppler* permite evaluar las características testiculares de la alpaca macho, ya que es una técnica diagnóstica que se aplica en la práctica veterinaria, la cual sirve para una investigación más precisa (Rodríguez *et al.* 2020).

Por tal motivo el objetivo fue evaluar las características testiculares mediante ultrasonografía y su relación con los niveles de testosterona en alpacas macho.

## Materiales y métodos

### *Lugar de estudio*

La investigación se llevó a cabo en el *Centro Experimental de Chuquibambilla* de la *Universidad Nacional del Atiplano* (UNA), en Umachiri (Melgar, Puno, Perú) a 3910 msnm. Los análisis de concentración de testosterona fueron realizados en el *Laboratorio de Patología Veterinaria* de la *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia* de la UNA.

### *Población de muestra*

Los animales que se utilizaron para el actual trabajo, fueron 30 alpacas reproductores machos de la raza Suri, divididos en tres grupos de distintas categorías:

- 2 dientes (2D)
- 4 dientes (4D)
- boca llena (BLL)

alimentados en canchas en rotación; mientras que durante la época reproductiva la alimentación fue suplementada con pasto cultivado de alfalfa y dactylis, en potreros con mallas de alambre.

### *Características morfométricas ultrasonográficas en modo B*

El examen de la morfometría en *modo B*, residió en captar características como: área, volumen, largo y ancho testicular con el instrumento ultrasonográfico SonoStar SS-8 ® (de tecnología China) con 6.5 MHz de frecuencia y 6 cm de hondura, equipado con un transductor lineal. Para facilitar el examen, la cola se envol-

vió y se desvió mediante la sujeción del auxiliar de trabajo. En algunos casos fue necesario el recorte de la fibra escrotal a menudo innecesario. El área se limpió con alcohol y se procedió a aplicar una capa de gel de acoplamiento para ultrasonido, los testículos (derecho e izquierdo) se ubicaron con el instrumento Sono-Star SS- 8 ® en forma 2B, para atraer por la opción freeze 2 imágenes y valorar sus propiedades morfométricas, tal como se indica a continuación:

- Volumen testicular en  $\text{cm}^3$
- Área testicular en  $\text{cm}^2$
- Ancho y largo testicular en mm

#### ***Características ultrasonográficas en modo Doppler***

El examen *Doppler* radicó en fijar el índice de resistencia (IR) e índice de pulsatilidad (IP) con el instrumento US Draminski 4Vet ® (Draminski ul. Owocowa 17, Polonia) con 6.5 MHz de frecuencia y 6 cm de hondura, provisto de un transductor lineal transrectal, el escroto se colocó en modo B, inmediatamente se impulsó la forma *Doppler* pulsado, determinando la acción vascular testicular.

#### ***Toma de muestras y determinación de los niveles de testosterona***

Las muestras fueron obtenidas mediante punción de la vena yugular, en tubos con heparina, dichas muestras después de colectarse, fueron centrifugadas inmediatamente para la extracción de suero sanguíneo; el plasma se almacenó a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta la evaluación. La cantidad de testosterona fue determinada usando un kit comercial de ELISA (kit de testosterona) dichos niveles fueron evaluados con un

equipo de ELISA (Organon Teknica, Microwell System, modelo Reader 230S).

#### ***Análisis estadístico***

Los datos fueron sometidos a estadística descriptiva (medidas de tendencia central y de dispersión); los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (AN-VA) en la cual se comparó las derivaciones de ultrasonografía *B mode*, *Doppler* y niveles de testosterona, dichos datos previamente se sometieron a pruebas de homogeneidad de varianzas y normalidad; se determinó la asociación entre variables, hallando el coeficiente de correspondencia de Pearson y finalmente se realizó una regresión logística, siendo la cantidad de testosterona la variable dependiente y la edad, largo, ancho, área y volumen testicular, IR testicular e IP testicular, se consideraron como variables independientes.

Toda la información obtenida se procesó con el paquete estadístico R con su extensión Rcmdr.

## **Resultados y discusión**

#### ***Características ultrasonográficas (B mode) de alpacas reproductores machos de 2D, 4D y BLL***

Los resultados se focalizan en las características ultrasonográficas *B mode* de las alpacas machos reproductores de 2D, 4D y BLL, a las que se evaluaron características como largo testicular (mm), ancho testicular (mm), volumen testicular ( $\text{cm}^3$ ) y área testicular ( $\text{cm}^2$ ). Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características ultrasonográficas (*B mode*) en alpacas machos reproductores adultos y jóvenes

Características ultrasono- gráficas <i>B mode</i>	Clase animal		
	2 dientes (2D)	4 dientes (4D)	Boca llena (BLL)
Largo testicular (mm)	36.75 ± 3.05	34.1 ± 1.3	38.01 ± 1.55
Ancho testicular (mm)	21.59 ± 1.91	19.69 ± 0.65	21.01 ± 1.64
Volumen testicular (cm <sup>3</sup> )	11.69 ± 2.69	8.77 ± 1.24	10.93 ± 1.43
Área testicular (cm <sup>2</sup> )	6.59 ± 1.09	5.14 ± 0.5	6.48 ± 0.69

Las características testiculares en *modo B*, muestran ecogenicidad con ecotextura media y homogénea, resaltando una estructura de mayor ecogenicidad que pertenece al mediastino testicular (Ginther 2007), siendo similares comparadas entre las diferentes clases de las alpacas macho las cuales son 2D, 4D y BLL, serían, en caso del largo testicular ( $p=0.2511$ ), ancho testicular ( $p=0.5908$ ), área testicular ( $p=0.3042$ ) y volumen testicular ( $p=0.4842$ ) todas ellas comparadas muestran ser similares estadísticamente, observando en todas las características una ligera superioridad en ganados de 2D en comparación con los de 4D, finalmente los ganados de BLL, muestran resultados mayores a las restantes categorías; sin embargo, la diferencia es mínima debido probablemente a que desde los 12 a 13 meses, se inicia la pubertad en camélidos sudamericanos, los cuales están relacionados con el incremento de la testosterona y liberación de la junta prepucial (Bravo & Johnson 1994), edades en las que fue realizado dicho estudio. El largo testicular obtenido en alpacas, muestra similitud con el tamaño testicular (largo \* eje transversal) reportado, siendo estos resultados de 2.8, 3.3 y 3.6 cm en machos de 18, 24 y 36 meses de edad (Bravo *et al.* 2000) mismos resultados alcanzados por Tibary & Vaughan (2006); en los mismos estudios se reporta tamaños superiores en llamas e inferiores en vicuñas. Sin embargo, la diferencia que pu-

diera existir, puede ser debido al equipo utilizado para la toma de medidas respectivas, indicando que una ventaja de la ultrasonografía es que posee mayor precisión y permite eliminar la variación del tejido peri-testicular (hidrocele, edema o tejido adiposo) a diferencia de la toma de medidas con otro tipo de equipos (Bott *et al.* 2008).

El volumen testicular no muestra diferencia entre los machos evaluados, estos fueron de 11.69 cm<sup>3</sup> para 2D; 8.77 cm<sup>3</sup> para 4D y 10.93 cm<sup>3</sup> para BLL, dichos resultados son análogos a lo obtenido en alpacas, siendo el volumen en cm<sup>3</sup> de 12.48 y 5.08 para testículos izquierdo y derecho respectivamente (Kutzler *et al.* 2011), esta variable es importante porque el testículo se describe por ser compacto y compuesto principalmente por 70 a 80% de túbulos seminíferos comprimidos (parénquima testicular), por tal causa el volumen testicular refleja la elaboración de espermatozoides en carneros y podría reflejar lo mismo en alpacas macho (Sar-lós *et al.* 2013).

#### ***Características ultrasonográficas Doppler de alpacas reproductores machos de clase animal 2D, 4D y BLL***

Las resultantes de las características ultrasonográficas *Doppler* de las alpacas reproductores machos con diferentes categorías, muestran los índices de resis-

tencia e índices de pulsatilidad, tal como se muestra en el Cuadro 2.

Los datos obtenidos fueron para el indicador de resistencia (IR) para 2D: 0.54, 4D: 0.49 y BLL: 0.57, sin mostrar diferencia estadística alguna ( $p=0.6314$ ), mientras que para el índice de pulsatilidad, para las clases animales de 2D, 4D y BLL fue de 0.53, 0.31 y 0.47, respectivamente, sin diferencia estadística significativa ( $p=0.3052$ ).

La cuantificación de ambos índices (IP e IR) indica que la evaluación a nivel del cordón espermático en camélidos (llamas) es bifásico permitiendo determinar el pico de velocidad sistólica (PSV) y la velocidad diastólica final (EDV) tal como se observa en equinos y toros (Ginther 2007).

Los resultados son ligeramente menores a los hallados en llamas y alpacas fértiles e infértiles, con IR entre 0.6 y 0.92 tomados a nivel de la arteria supra testicular

tal como fue en el actual estudio (Kutzler *et al.* 2011), los valores logrados de IR e IP muestran ondas de baja resistividad que se especifican por baja resistencia y pulsatilidad, por tal motivo se manifiesta flujos con grandes y continuos picos sistólicos, además de flujos de alta velocidad durante la diástole, característico de órganos con demanda continua de sangre como el testículo (Brito *et al.* 2018). Ambos índices provienen de velocidades sistólicas, diastólicas y velocidades promedios; por tal motivo, una manera de representar dichos índices es en cm/s.

**Concentración de testosterona de alpacas reproductores machos de 2D, 4D y BLL.**

El Cuadro 3 muestra la concentración de testosterona en alpacas reproductores macho de diferente clase animal, clasificadas en relación a la dentición siendo las categorías de 2D, 4D y BLL tal como se muestra en el cuadro referido.

**Cuadro 2.** Características ultrasonográficas (Doppler) en alpacas reproductores machos adultos y jóvenes

Características ultrasonográficas Doppler	Clase animal		
	2D	4D	BLL
Índice de resistencia	0.54 ± 0.03	0.49 ± 0.06	0.57 ± 0.05
Índice de pulsatilidad	0.53 ± 0.08	0.31 ± 0.09	0.47 ± 0.13

**Cuadro 3.** Concentración de testosterona (ng/ml) en las alpacas reproductores macho de 2D, 4D y BLL

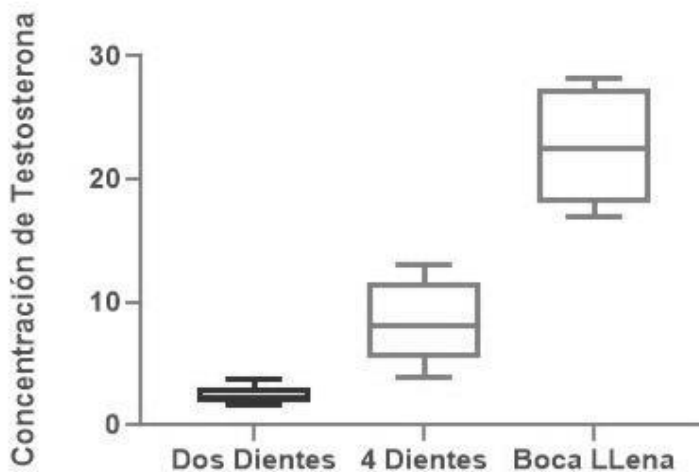
Concentración de testosterona	Clase animal		
	2D	4D	BLL
Media ± Error estándar	2.47 ± 0.31 a	8.45 ± 1.53 b	22.66 ± 2.15 c
Valor máximo	3.72	13.02	28.19
Valor mínimo	1.69	9.14	16.91

Las cifras de testosterona en los machos de 2D fue de 2.47 ng/ml, para machos de 4D de 8.45 ng/ml y para BLL de 22.66 ng/ml existiendo aquí claramente diferencia estadística ( $p=0.0004$ ), pudiendo indicar que existe una relación positiva entre la mayor cantidad de testosterona a mayor tiempo de los machos reproductores; resultados similares fueron reportados tanto en alpacas como en llamas, observando un aumento de la testosterona en los 18 meses con 140 pg/ml (picogramos/mililitro), 24 meses 500 pg/ml y 36 meses 800 pg/ml en llamas, mientras que en alpacas se reportan 1156 ng/ml, 2163 ng/ml y 5385 ng/ml para machos de 18, 24 y 36 meses, respectivamente; todos ellos similares en cuanto al aumento de testosterona en relación a la edad del macho reproductor (Bravo 2014). Estudios actuales reportan una relación entre la concentración de testosterona en relación a la edad en alpacas, siendo para 2 a 3 años de 0.6 ng/ml y para 3.5 a 4 años de 1.71 ng/ml (El Zawam *et al.* 2020), similar a lo reportado en el presente estudio.

Las diferencias observadas en relación a las edades de los machos, con la mayor o menor cantidad de testosterona, están muy relacionadas al número de *células de Leydig* que tienen la función principal de sintetizar esta hormona, además que genera mayor actividad esteroidogénica en machos de mayor edad, por tanto mayor cantidad de testosterona (El Zawam *et al.* 2020).

En la Figura 1 se aprecia la cantidad de testosterona a manera de cajas y *bigotes*, observando claramente una superioridad del grupo BLL seguido por el grupo 4D y finalmente el 2D.

Analizando la dispersión de los datos se podría indicar que por el tamaño de la caja, el grupo BLL presenta mayor dispersión de los datos y el grupo con menor dispersión es el grupo 2D. En cuanto a la variabilidad representada por los *bigotes* se podría indicar en los tres grupos etarios presentan una variabilidad similar.



**Figura 1.** Diagrama de cajas y *bigotes* de la concentración de testosterona en las alpacas reproductoras macho de 2D, 4D y BLL

El Cuadro 4 muestra los factores de correspondencia de Pearson en las diferentes características ultrasonográficas en forma *B mode*, *Doppler* y concentración de testosterona, todos ellos analizados en forma general.

Se observa que la testosterona posee correlaciones negativas con la mayoría de las características, excepto con *el largo testicular* e *IR*, con los que tiene una correlación baja negativa (ancho testicular: -0.08; área testicular: -0.03; volumen testicular: -0.05) excepto con el largo testicular que posee una correlación alta y positiva (0.65); en ancho testicular también posee correlaciones altas positivas (ancho testicular: 0.83; área testicular: 0.91; volumen testicular: 0.93; IP: 0.69) excepto con *IR testicular*, que tiene correlación media negativa (-0.35); el área testicular posee correlaciones altas, con volumen con 0.96 e IP testicular con

0.63, mas no así con *IR testicular* con el que reporta una correlación media negativa de -0.41; el volumen testicular posee correlación positiva evidente con IP testicular con 0.65 y correlación media negativa con *IR testicular* con un coeficiente de -0.48; finalmente el *IR testicular* posee una correlación baja negativa con el IP testicular, siendo este de -0.22; tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Las correlaciones entre las características morfométricas testiculares como el largo testicular y volumen testicular, poseen coeficientes de Pearson medios y altos positivos, estos datos obtenidos son parecidos a los conseguidos en toros, en características como volumen testicular con diámetro y largo testicular (Rodrigues *et al.* 2020), por tanto podría tomarse solo algunas medidas y correlacionar con otras.

**Cuadro 4.** Matriz de correlaciones entre las características ultrasonográfica B mode, Doppler y concentración de testosterona

		Testos- terona	Largo testicular	Ancho testicular	Área testicular	Volumen testicular	IR testi- cular	IP testi- cular
<b>Largo testicular</b>	Pearson's r	0.13	—					
	p-value	0.6502	—					
<b>Ancho testicular</b>	Pearson's r	-0.08	<b>0.83</b>	—				
	p-value	0.7986	0.0002	—				
<b>Área testicular</b>	Pearson's r	-0.03	<b>0.91</b>	<b>0.94</b>	—			
	p-value	0.9138	<.0001	<.0001	—			
<b>Volumen testicular</b>	Pearson's r	-0.05	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.96</b>	—		
	p-value	0.8698	<.0001	<.0001	<.0001	—		
<b>IR testicular</b>	Pearson's r	0.05	-0.35	-0.47	-0.41	-0.48	—	
	p-value	0.8691	0.2258	0.0882	0.1498	0.0788	—	
<b>IP testicular</b>	Pearson's r	-0.01	<b>0.69</b>	<b>0.61</b>	<b>0.63</b>	<b>0.65</b>	-0.22	—
	p-value	0.9752	0.0065	0.0217	0.0155	0.0115	0.4557	—



Los factores de correlación de testosterona con las demás características, muestran ser bajos, positivos y negativos y en mucho de ellos no existe asociación; las particularidades *Doppler* no tienen asociación con las demás variables estudiadas.

El Cuadro 5 muestra valores de la regresión lineal múltiple, este modelo permite evaluar todas las variables independientes en conjunto, concerniente con la cantidad de testosterona, siendo la variable dependiente en tanto que la edad, largo testicular, ancho testicular, área testicular, volumen testicular, IR testicular e IP testicular son las variables dependientes, observando claramente que solo existe una diferencia estadística y por lo tanto una relación marcada de la cantidad de testosterona en relación a la edad del

macho reproductor, siendo más significativo al comparar las edades de *BLL versus 4D*, como se pudo observar en análisis anteriores.

Las características testiculares en *modo B* son similares en las diferentes *clases animal*, siendo de ecotextura media y homogénea, resaltando el mediastino testicular que posee mayor ecogenicidad.

Los índices de pulsatilidad (IP) y resistencia (IR), fueron similares en los tres grupos, todos ellos reportan índices medios que indican que existe un flujo continuo de sangre hacia los testículos en alpacas macho. La concentración de testosterona en alpacas macho está relacionada con las diferentes *clases animal* que fueron evaluadas en el presente estudio.

**Cuadro 5.** Regresión múltiple de la concentración de testosterona (variable independiente) y las demás características ultrasonográficas en *modo B* y *Doppler* (variables dependientes)

Predictor	Estimado	Desviación estándar	Prueba de t	
			Valor	Probabilidad
<b>Intercepto</b>	0.42	0.27	1.6	0.1716
<b>Clase animal:</b>				
<i>BLL – 4D</i>	0.1	0.03	3.46	<b>0.0181</b>
<i>2D – 4D</i>	-0.07	0.03	-2.41	<b>0.0605</b>
<b>Largo testicular</b>	0	0.01	-0.46	0.662
<b>Ancho testicular</b>	-3.17e-4	0.01	-0.03	0.9773
<b>Área testicular</b>	-0.02	0.02	-0.92	0.4012
<b>Volumen testicular</b>	0.01	0.01	0.83	0.4431
<b>IR testicular</b>	-0.08	0.12	-0.71	0.5099
<b>IP testicular</b>	0.04	0.06	0.67	0.5334



## Conclusiones

- Las características testiculares en *modo B* son similares en las diferentes clases animal siendo de ecotextura media y homogénea, resaltando el mediastino testicular que posee mayor ecogenicidad.
- Los IP e IR fueron similares; mientras que la concentración de testosterona en alpacas macho, está relacionada con las diferentes “clases animal” que fueron evaluadas en el presente estudio.
- Finalmente se determinó correlaciones altas positivas sobre todo entre las características morfométricas *B mode*, mientras que en relación con las características *Doppler*, solo mostraron correlación positiva con IP testicular en tanto el IR tuvo una correlación media y baja negativa con todas las demás características.

## Referencias citadas

- Bott, Rodriguez J., Sandoval S., Tibary A. 2008. Relationship between testicular measurements using calipers or ultrasonography with testicular weight in alpacas (*Vicugna pacos*). *Theriogenology*, 70(3), 576. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.05.012>
- Bravo P. 2014. Reproductiva Anatomy and Physiology in the Male. *In*: Elsevier (ed.), Llama and alpaca care: Medicine, surgery, reproduction, nutrition and herd health (First, pp. 152–153).
- Bravo W., Johnson W. 1994. Reproductive physiology of the male camelid. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 10(2), 259–264. *En línea*. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30560-0](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30560-0)
- Bravo P., Skidmore J., Zhao X. 2000. Reproductive aspects and storage of semen in camelidae. *Animal Reproduction Science*, 62(1–3), 173–193.
- Brito M., Maronezi M., Uscategui R., Avante M., Simões A., Monteiro F., Feliciano M. 2018. Ultrasonographic methods for evaluation of testicles in cats. *Revista MVZ Cordoba*, 23(3), 6888–6899.
- El Zawam A., Tibary A., Patino C. 2020. Basal Levels and hCG Responses of Serum Testosterone and Estrogen in Male Alpacas. *Frontiers in Veterinary Science*, 7 (November), 1–10. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.595856>
- Fernández-Baca S. 1993. Incremento reproductivo en alpacas de explotaciones comerciales mediante método de empadre alternado. *Rev. Inv. Pec. IVIT A. Universidad Mayor De San Marcos, Lima, Perú*.
- Ginther O. 2007. Stallions and Bulls. *In*: E. Publishing (ed.), *Ultrasonic imaging and Animal Reproduction: Color Doppler Ultrasonography* (p. 71–72).
- Huanca W. 1998. Importancia de la evaluación reproductiva de alpaca macho. *Resumen XXI APPA 98. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú*. p. 167-169.
- 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. 2011. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.4061/2011/638602>

- Rodrigues N., Rossi G., Vrisman D, Taira A., Souza L., Zorzetto M., Bastos N., de Paz C., de Lima V., Monteiro F., Franco Oliveira M. 2020. Ultrasonographic characteristics of the testes, epididymis and accessory sex glands and arterial spectral indices in peri- and post-pubertal Nelore and Caracu bulls. *Animal Reproduction Science*, 212 (November), 106235. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106235>.
- Sarlós P., Egerszegi I., Balogh O., Molnár A., Cseh S., Rátky J. 2013. Seasonal changes of scrotal circumference, blood plasma testosterone concentration and semen characteristics in Racka rams. *Small Ruminant Research*, 111(1–3), 90–95. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.11.036>
- Skidmore L. 2000. Anatomía del tracto reproductivo. **En:** *Camélidos. Recent Advances In Camelid Reproduction*. Segunda Edición, Editorial Ivis, Ithaca, New York. USA.
- Sumar, J. 1991. Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. *Revista FAO*. p. 114-117. Santiago de Chile, Chile.
- Tibary A., Vaughan J. 2006. Reproductive physiology and infertility in male South American camelids: A review and clinical observations. *Small Ruminant Research*, 61(2-3 SPEC. ISS), 283-298. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.018>