

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**“ANATOMÍA CARDÍACA DE LA ALPACA (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758)”**

**Por:**

**María Victoria EFFINGER LAMAS**

TESIS DE GRADO presentada como uno  
de los requisitos para obtener el título de

Doctor en Ciencias Veterinarias.  
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD: Ensayo experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2016**

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

**Presidente de Mesa:**

.....  
Dra. Noelia Vazquez

**Segundo Miembro (Tutor):**

.....  
Prof. Dr. William Pérez

**Tercer Miembro:**

.....  
Br. Martín Lima

**Fecha:**

.....04/08/2016.....

**Autor:**

.....  
Br. María Victoria Effinger

## **AGRADECIMIENTOS**

-Al personal de la Estancia siglo XX por proporcionarnos el material para realizar dicho estudio.

-Al Profesor William Pérez por guiarme en calidad de tutor.

- A la Dra. Victoria Zorriba por la realización de radiografías.

-A los docentes del Área de Anatomía.

-A mi familia y amigos por el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

## **TABLA DE CONTENIDO**

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	8
<b>1.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1GENERALIDADES.....	10
1.2 CAS EN AMERICA DEL SUR.....	11
1.3 LA EXPORTACION DE ALPACAS.....	12
1.4 ALPACAS EN URUGUAY Y ESTADO ACTUAL DE SU CONOCIMIENTO ANATOMICO.....	12
<b>2.OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	16
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4.RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>5.DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de los Camélidos y de los verdaderos Rumiantes (de Fowler, 1988 y Hoffman, 2006).....	11
Figura 2: Distribución de los CAS en Sudamérica (de Hoffman, 2006).....	12
Figura 3: Alpacas adultas en un establecimiento de Maldonado.....	13
Figura 4: Disección de una alpaca adulta en el Área de Anatomía.....	14
Figura 5: Vista lateral izquierda de una alpaca luego de remoción de la pared costal y del miembro torácico izquierdo.....	21
Figura 6: Radiografía con vista lateral derecha de un feto de alpaca.....	22
Figura 7. Vista lateral izquierda de una alpaca recién nacida.....	23
Figura 8: Vista auricular del corazón.....	26
Figura 9: Vista atrial del corazón.....	28
Figura 10: Cara atrial del corazón de la alpaca.....	29
Figura 11: Vista interior del atrio derecho de la alpaca.....	31
Figura 12: Vista interior del ventrículo derecho de la alpaca.....	33
Figura 13: Vista interior del ventrículo derecho de la alpaca.....	35
Figura 14: Vista dorsal de los orificios cardíacos con su valvas de la alpaca luego de remoción de masa atrial.....	36
Figura 15: Vista interior del ventrículo izquierdo de la alpaca.....	38
Figura 16: Vista dorsal del orificio aórtico y su valva aórtica.....	39
Figura 17: Vista auricular del corazón.....	42
Figura 18: Vista atrial del corazón.....	43
Figura 19: Vista craneal del corazón de la alpaca (borde ventricular derecho).....	44

## RESUMEN

La información disponible sobre el aparato cardiovascular de la alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758) es muy escasa. El objetivo general de la tesis fue describir la anatomía cardíaca de la alpaca. Se utilizaron 6 animales adultos y 5 neonatos, libres de patologías del aparato cardiovascular, procedentes de un establecimiento privado situado en Maldonado ("Estancia Siglo XX", Punta del Este, Uruguay, 34.4°S 55.0°W). En el mismo, se encuentra una de las mayores poblaciones de alpacas del Uruguay. El método de estudio de los animales fue la disección simple o con el uso de microscopio estereoscópico binocular y en tres recién nacidos se realizaron arteriografías de la cavidad torácica. El corazón de la alpaca estaba situado en el mediastino medio, con una extensión craneocaudal desde la tercera hasta la sexta costilla. De ambos lados y especialmente del lado izquierdo, la superficie cubierta por el pulmón era reducida, quedando el órgano separado mayormente por el miembro torácico. No se encontró ningún ligamento que uniera el pericardio fibroso al esternón o al diafragma. El peso del órgano en los animales adultos fue de  $400 \pm 43$  g. La circunferencia del surco coronario era de  $25,5 \pm 3,5$  cm. La distancia entre los bordes del ventrículo derecho e izquierdo era de  $11,2 \pm 0,2$  cm. La longitud desde el surco coronario al ápex era de  $13,5 \pm 0,7$  cm. En la aurícula derecha había un gran desarrollo de la cresta terminal que formaba pared al orificio de la vena cava craneal y también se encontraban escasos músculos pectinados. En el ventrículo derecho, los músculos papilares se subdividieron en: gran músculo papilar (*M. papillaris magnus*), situado sobre la pared marginal; músculo papilar subarterial (*M. papillaris subarteriosus*), insertado sobre la pared septal bajo el cono arterioso; y los pequeños músculos papilares (*Mm. papillares parvi*), insertados sobre la pared septal. El más grande o músculo papilarmagnus emitía cuerdas tendinosas a las cúspides septal y angular de la valva atrioventricular derecha. El músculo papilar subarterioso que era de tamaño intermedio enviaba cuerdas tendinosas mayormente a la cúspide septal de la valva atrioventricular derecha y también hacia la cúspide parietal de dicha valva. Los músculos papilares pequeños (parvi) enviaban cuerdas tendinosas exclusivamente a la cúspide parietal de la valva atrioventricular derecha. La trabécula septomarginal derecha (*Trabecula septomarginalis dextra*) era muy desarrollada y se extendió oblicuamente desde la pared septal (bajo el músculo papilar subarterial) a la pared marginal (en la base del gran músculo papilar). Desde las proximidades del septum interventricular surgieron pequeñas trabéculas septomarginales que terminaban en trabéculas carnosas de la pared septal. El atrio izquierdo presentó escaso desarrollo de los músculos pectinados. En el ventrículo izquierdo, los músculos papilares eran dos, situados opuestos uno al otro, el músculo papilar subatrial (*M. papillaris subatrialis*), y el músculo papilar subauricular (*M. papillaris subauricularis*). Ambos músculos papilares eran bilobulados especialmente el músculo papilar subauricular, y ambos emitían cuerdas tendinosas hacia ambas cúspides de la valva atrioventricular izquierda. Estos músculos también daban inserción a trabéculas septomarginales izquierdas. En el ventrículo izquierdo había dos trabéculas septomarginales izquierdas (*Trabeculae septomarginales sinistrae*), una proximal que iba desde la base del músculo papilar subatrial a la pared

septal, distalmente había otra más pequeña y sobre la pared opuesta al septum cerca del musculo papilar subauricular había pequeñas trabéculas septomarginales izquierdas. Los cuatro orificios y sus valvas no tenían nada de particular. En las alpacas estudiadas había tronco bicarotídeo. Las otras ramas de la arteria subclavia eran similares a las de los rumiantes domésticos. En las alpacas estudiadas, igual que en el perro, gato, conejo y cerdo, la arteria subclavia izquierda se originaba del arco aórtico independientemente del tronco braquiocefálico. La disposición de las venas y sus afluentes en la cavidad torácica de la alpaca era similar a lo descrito para los rumiantes domésticos. En cuanto a la irrigación del mismo corazón desde el punto de vista arterial la alpaca era de tipo derecho, pues la arteria coronaria derecha se continuaba en el surco interventricular subsinusal como rama interventricular subsinusal. En conclusión, la mayoría de las diferencias del corazón de la alpaca estaban en su conformación interior, pero sin embargo eran sutiles. El mismo era más cercano en conformación y en las características de su irrigación a los camélidos del viejo mundo, diferente a los rumiantes taxonómicos domésticos. Al estar menos cubierto por pulmón (en comparación a los mamíferos domésticos) es más fácil realizar la percusión y la auscultación cardiaca en esta especie. Es de destacar la ausencia de ligamento esternopericárdico, la ausencia de hueso cardíaco, la disposición de los músculos papilares y trabéculas septomarginales en ambos ventrículos. Con otras técnicas, es necesario realizar estudios histológicos, semiológicos y fisiológicos en el corazón de esta especie para entender mejor su anatomía y fisiología.

## SUMMARY

The information available about cardiovascular system of the alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758) is very little. The general objective of this thesis was discovering the heart anatomy of the alpaca. We used 6 adult animals and 5 neonates, without any cardiovascular system pathology, from a private farm in Maldonado ("Estancia Siglo XX", Punta del Este, Uruguay, 34.4°S 55.0°W). This farm has one of the biggest populations of alpaca in Uruguay. The study method was the simple dissection or using the stereoscopic binocular microscope and in three neonates we performed arteriographies of the thoracic cavity. The alpaca's heart was located at the medium mediastinum, with a craniocaudal extension from the third to the sixth rib. On both sides, especially on the left side, the surface covered by the lung was small, leaving the organ mostly separated by the thoracic member. We didn't find any ligament that connect the fibrous pericardium to the breastbone or to the diaphragm. The weight of the organ in adult animals was  $400 \pm 43$  g. The circumference of the coronary groove was  $25,5 \pm 3,5$  cm. The distance between the right and left ventricle edges was  $11,2 \pm 0,2$  cm. The length from the coronary groove to the apex was  $13,5 \pm 0,7$  cm. On the right atrium there was a big development of the terminal crest, which formed a wall to the cranial cava vein orifice, and small pectinate muscles were found. On the right ventricle the papillary muscles were subdivided in: big papillary muscle (*M. papillaris magnus*), located upon the marginal wall; subarterial papillary muscle (*M. papillaris subarteriosus*), inserted upon the septal wall, below the arteriosus cone; and the small papillary muscles (*Mm. papillares parvi*), inserted to the septal wall. The biggest muscle (*M. papillaris magnus*) emitted tendon cords to the septal and angular cusp of the atrioventricular right valve. The subarterious papillary muscle that was of a medium size emitted tendon cords most to the septal cusp of the right atrioventricular valve and also to the parietal cusp of that valve. The small papillary muscles (*Mm. Papillaris parvi*) emitted tendon cords only to the parietal cusp of the atrioventricular right valve. The right septomarginal trabecula was very big and its extension was obliquely from the septal wall (below the papillary subarterious muscle) to the marginal wall (on the base of the papillaris magnus muscle). Small septomarginals trabeculas rises from the proximities of the interventricular septum ending in carnosus trabeculaes of the septal wall. The left atrium presented little development of the pectinate muscles. On the left ventricle there were two papillary muscles, located opposite to, the papillary subatrial muscle and the papillary subauricular. Both papillary muscles were bilobed, especially the subauricular, and both of them emitted tendon cords to both cusps of the left atrioventricular valve. On the left ventricle there were two left septomarginals trabeculas, one proximal from the base of the subatrial papillary muscle to the septal wall, distally there was a smaller one and upon the opposite wall to the septum next to the subauricular papillary muscle there were small left septomarginals trabeculas. The four orifices and each valves had nothing in particular. In the alpacas we studied there was bicarotid trunk. The other branches of the subclavian artery were similar to the domestic ruminants. In these alpacas, same as dogs, cats, rabbits and suines the left subclavian artery was originated in the aortic arc independently to the braquiocephalic trunk. The disposition of the veins and their tributaries in the thoracic cavity were similar to the domestic ruminants. And about the arterial irrigation of the

alpaca's heart was right type, because the right coronary artery continued the interventricular subsinusal groove as an inter-ventricular subsinusal branch. In conclusion most of the differences of the alpaca's heart were related to the internal structure of this organ, however these differences were subtle. Structure and characteristic of the Alpacas' heart irrigation was more similar to the old world camels and different to the taxonomic domestic ruminants. Percussion and auscultation are easier because the lung does not completely cover the heart (compared with domestic mammals). The absence of a ligament between the pericardium and the breastbone, also the absence of the heart bone and the disposition of the papillary muscles and septomarginal trabeculae in both ventricles, should be noted. With other techniques is necessary to perform histologic, semiology and physiological studies in the alpaca's heart for getting to know further its anatomy and physiology.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Generalidades

La alpaca es principalmente un animal productor de fibra de lana de la región del Altiplano de los Andes en América del Sur (Fowler, 1998). En América del Sur se utilizan también para la producción de carne, cuero y crías. Las pieles se utilizan para la fabricación de cuerdas, alfombras y tapices (Fowler, 1998). La cría de alpaca es la principal fuente de ingresos para los habitantes de la meseta andina (López y col., 1998).

Las especies de camélidos suelen dividirse en camélidos sudamericanos (CAS) y camélidos del Viejo Mundo (CVM). El grupo CVM se compone del camello bactriano (*Camelus bactrianus*) y del dromedario (*Camelus dromedarius*) (Wheeler, 1995; Fowler, 1998).

CAS se refieren a dos especies no domésticas, el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*) y las domésticas como la llama (*Lama glama*) y la alpaca (*Vicugna pacos*). CAS también se conocen como camélidos del Nuevo Mundo (Fowler, 1998).

El análisis del genotipo de los CAS ha concluido que los cruces entre llamas y alpacas se han producido en el pasado. El guanaco se piensa generalmente que es el ancestro de la llama. La vicuña y el guanaco se derivan de un antepasado común (dos-tres millones de años atrás) (Stanley y col., 1994). La alpaca se ha conocido como *Lama pacos* durante los últimos dos siglos (Hoffman, 2006). Alta similitud genética se encontró entre el guanaco y la llama, así como entre la vicuña y la alpaca. La vicuña fue caracterizada como el progenitor silvestre de la alpaca, y la última se clasificó como *Vicugna pacos* (Kaldwell y col., 2001).

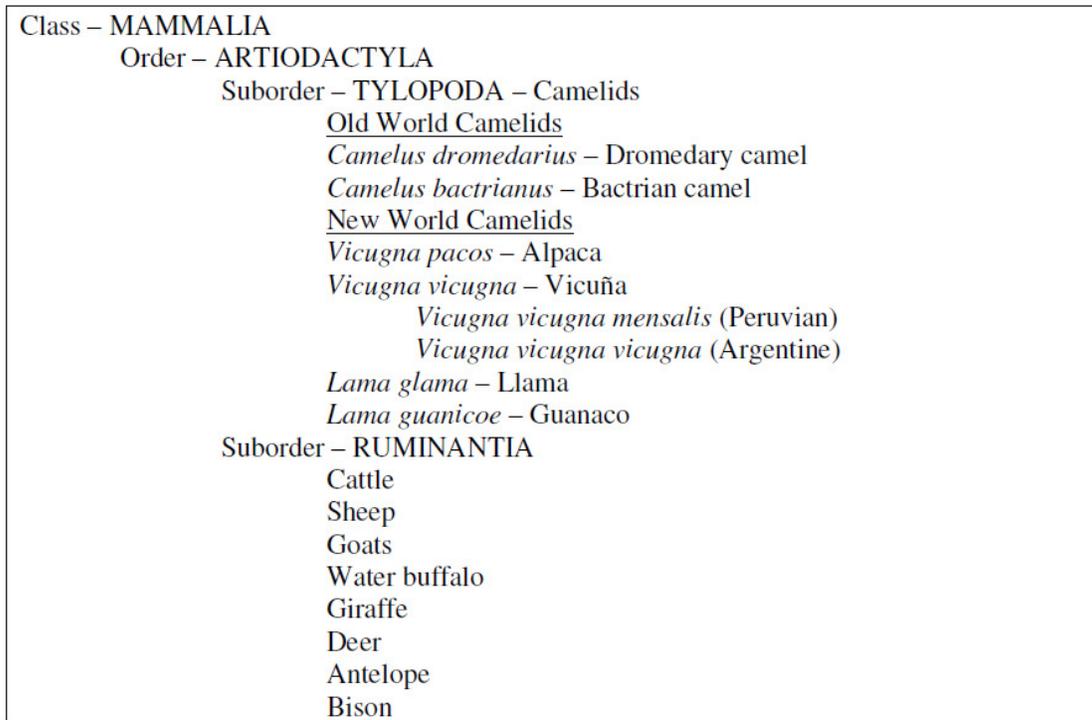


Figura 1: Clasificación de los Camélidos y de los verdaderos Rumiantes (de Fowler, 1988 y Hoffman, 2006).

## 1.2 CAS en América del Sur

El hábitat natural principal para las alpacas en Sudamérica se encuentra en el altiplano alrededor de 4400 metros sobre el nivel del mar (Parraguez y col., 2003), donde hay alrededor de 2,5 millones de alpacas (Hoffman, 2006). Alpacas y llamas se distribuyen principalmente en las fronteras de Perú, Bolivia, Chile y Argentina, pero también en Ecuador y Colombia. Vicuñas y guanacos se distribuyen principalmente en Argentina y Chile, pero también Perú y Bolivia (Fig. 2) (Hoffman, 2006). La llama se utiliza tradicionalmente como un animal de carga. El guanaco que no es doméstico se utiliza mayormente para producción de carne y se exporta a la Unión Europea desde Chile.

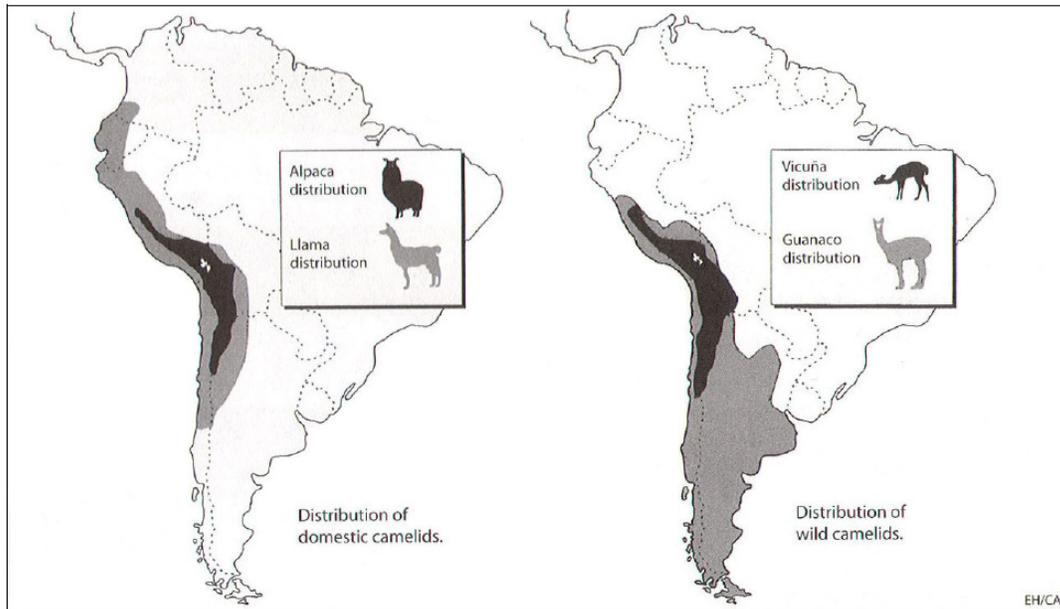


Figura 2: Distribución de los CAS en Sudamérica (de Hoffman, 2006).

### 1.3 La exportación de alpacas

Las primeras exportaciones en gran escala de alpacas de América del Sur a América del Norte se llevaron a cabo en 1983 y 1984. Desde entonces, ha habido grandes exportaciones desde América del Sur a Canadá, Australia, Reino Unido, Suiza, Nueva Zelanda, Polonia, los Países Bajos, Alemania, Francia, Italia, Suecia, Israel y Sudáfrica. Australia ha sido el principal país productor de alta calidad de lana fuera de América del Sur (Hoffman, 2006). La población de alpacas en estos países está creciendo continuamente y, sigue creciendo en la medida que más personas se interesen en las alpacas.

### 1.4 Alpacas en Uruguay y estado actual de su conocimiento anatómico

Las alpacas solo existían en zoológicos en nuestro país, recientemente se han importado alpacas desde Chile a dos establecimientos agropecuarios situados en Migues (Canelones). Otro establecimiento de tipo turístico se ubica en el departamento de Maldonado y sus alpacas proceden del sur de Argentina (Figura 3). Estos establecimientos y sus veterinarios se enfrentan a todas las dificultades que implican el manejo reproductivo, nutricional y sanitario de estos animales, siendo la

necropsia todo un misterio para el veterinario, pues la anatomía de estos animales es escasamente conocida.



Figura 3: Alpacas adultas en un establecimiento de Maldonado.

Los camélidos no pueden ser entendidos si la única fuente de información y generalización deductiva son los Rumiantes domésticos. Por lo tanto, la extrapolación de los conocimientos de la vaca, oveja y la cabra resultarían inútiles para los CAS. La anatomía del corazón de los bovinos, ovinos y caprinos está extensamente documentada y bien descrita en los textos clásicos de Anatomía Veterinaria (Barone, 1996; Habermehl y col., 2005; König y Liebich, 2015).

En contraste los CVM y en especial el dromedario han sido extensamente estudiados en países africanos y árabes (Smuts y Bezuidenhout, 1987).

En los CAS la información se encuentra mayormente restringida a la llama (Hubert, 1947; Colas, 1969; Constantinescu y col., 2008a, 2008b).

Hasta donde podemos saber no hay ningún trabajo referente a la anatomía del corazón en alpacas.



Figura 4: Disección de una alpaca adulta en el Área de Anatomía.

En las especies de la misma familia que la Alpaca se han publicado varios trabajos científicos relacionados al tema de nuestro estudio. La literatura existente en CVM es muy extensa. La anatomía cardíaca del dromedario se encuentra descrita en forma básica en el libro de Smuts y Bezuindenhout (1987). Los trabajos realizados en Camelidae relacionados a la anatomía cardíaca, en su mayoría trataron de los vasos sanguíneos coronarios, tanto en *Camelus dromedarius* (Kanan, 1971; Ghazi y Tadjalli, 1993; Taha y Abel-Magied, 1996) como *Camelus bactrianus* (Yuan y col., 2009). Los resultados de estos trabajos son idénticos concluyendo que la arteria dominante en la irrigación cardíaca es la arteria coronaria derecha. Particularmente interesante es la irrigación del septum interventricular, que aún no está descrita en detalle (Christensen, 1962; Ghoshal, 1975).

En el dromedario también se ha investigado la anatomía del sistema de conducción cardíaco (Ghazi y Tadjalli, 1996; Ghonimi y col., 2014 a), el hueso cardíaco (Ghonimi y col., 2014 b) y los músculos papilares (Ghonimi y col., 2014 b).

Uno de los trabajos más cercanos se refiere a la anatomía cardíaca de la llama (Heath y col., 1974), aunque es poco detallado. Complementado a este último se estudió la apariencia radiológica en el tórax de la llama (Mattoon y col., 2001). Nelson y col. (2011) hicieron una descripción radiológica en el tórax de crías de alpaca, siendo este último lo más próximo que encontramos a nuestro tema de investigación.

Tanto para estudios radiográficos como clínicos es necesario conocer la anatomía básica. Recientemente se ha publicado un artículo sobre una malformación cardíaca en la alpaca (Poser y col., 2015), pero estos autores nunca vieron un trabajo sobre la anatomía normal del órgano.

El Área de Anatomía ha publicado algunos trabajos en revistas internacionales relacionados a la anatomía cardíaca en diversas especies (Pérez y Lima, 2006; 2010; Pérez y col., 2008; Lima y col., 2009; Erdoğan y col., 2014).

Por lo tanto, debido a la ausencia de investigaciones sobre la anatomía cardíaca de la alpaca y siendo parte de las líneas de investigación del Área de Anatomía, se ha resuelto realizar el presente trabajo de investigación.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General:**

Generar conocimiento de la anatomía cardíaca de la alpaca (*Vicugna pacos*)

### **2.2. Objetivos Particulares:**

1. Describir la ubicación topográfica del corazón, pericardio y principales vasos sanguíneos en la cavidad torácica.
2. Describir la conformación exterior e interior del corazón.
3. Describir la distribución de los vasos sanguíneos arteriales y venosos que irrigan al corazón.

### **3 MATERIALES Y METODOS**

#### **Animales utilizados**

El estudio se realizó con animales muertos por causas naturales procedentes de un establecimiento privado situado en Maldonado (“Estancia Siglo XX”, Punta del Este, Uruguay, 34.4°S 55.0°W). En el mismo, se encuentra una de las mayores poblaciones de alpacas del Uruguay. Se utilizaron 6 animales adultos machos y 5 neonatos que se conservaron congelados a  $-20^{\circ}$ . El peso corporal en los machos adultos fue de  $43,1 \pm 7,3$  kg.

#### **Métodos de estudio**

El método de estudio de los animales fue la disección simple y con el uso de lupa binocular. Los animales fueron pesados previos a su disección. Para el estudio de los vasos sanguíneos arteriales, en 2 adultos y 2 recién nacidos se inyectó látex coloreado de rojo en la arteria carótida común de un lado del cuello. La repleción del sistema arterial se monitoreó por su aparición en la arteria femoral.

En tres recién nacidos se realizaron arteriografías de la cavidad torácica. La angiografía o arteriografía es una técnica simple y bien conocida, en la cual una radiografía es tomada para visualizar las arterias. Como las arterias tienen la misma radio densidad que los tejidos circundantes, un agente de radio contraste (el cual absorbe los rayos X) es introducido en las arterias para hacer posible la visualización de los vasos. Se inyectó como agente de contraste Iohexol, que se vende bajo los nombres comerciales de Omnipaque y Exypaque. Omnipaque 350 es comúnmente usado en las tomografías computadas para estudios angiográficos. Luego de las radiografías se inyectó látex coloreado que permitió la visualización de las arterias y

la subsecuente disección de las mismas. Esta técnica nosotros ya la habíamos realizado en conejos, nutrias, delfines y zorrillos con excelentes resultados.

Para los estudios topográficos, previo a la remoción del corazón se retiraron los músculos de las paredes laterales de la cavidad torácica y los músculos intercostales, de forma tal de poder visualizar la ubicación exacta del corazón, diseccionar los vasos sanguíneos de la cavidad torácica, las relaciones con los pulmones y otros órganos. Los órganos (corazón, serosas, vasos) se estudiaron in situ antes de ser removidos del animal, centrándose en la topografía, y en la descripción de su irrigación.

Después de estudiar la distribución de los vasos sanguíneos en la cavidad torácica, se removió el corazón incidiendo los grandes vasos a nivel de la base, se pesó el órgano aislado del pericardio, luego ambos ventrículos se incidieron paralelamente a los surcos coronario e interventriculares, y las dos aurículas se incidieron en su borde libre, con el objetivo de estudiar la conformación interior.

Todos los datos correspondientes al animal y las observaciones realizadas durante la disección junto a las medidas básicas fueron registrados en planillas individuales para cada ejemplar, las que fueron digitalizadas en una etapa posterior y archivadas junto a las fotografías.

A medida que se avanzó en las disecciones se tomaron fotografías para su documentación, estudio y discusión. Cada fotografía fue acompañada de un esquema donde se indicó exactamente las estructuras fotografiadas. Luego de descargadas en la computadora se archivaron en carpetas exclusivas para cada animal.

Para la descripción se utilizó la nomenclatura de la versión online de la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, 2012).

## **4 RESULTADOS**

### **Topografía del corazón, pericardio y principales vasos sanguíneos en la cavidad torácica.**

El corazón de la alpaca estaba situado en el mediastino medio, con una extensión craneocaudal desde la tercera hasta la sexta costilla (Figs. 5, 6, 7). De ambos lados y especialmente del lado izquierdo, la superficie cubierta por el pulmón era reducida (Fig. 5), quedando el órgano mayormente cubierto por el miembro torácico que se desprendía del tronco desde el codo, ubicado frente al quinto espacio intercostal. Estaba rodeado por el pericardio, fibroso y seroso. La capa parietal del pericardio seroso era inseparable del fibroso. La capa visceral o epicardio estaba completamente unida al miocardio. El pericardio fibroso estaba cubierto por la pleura pericárdica (Fig. 5). No se encontró ningún ligamento que uniera el pericardio fibroso al esternón o al diafragma.

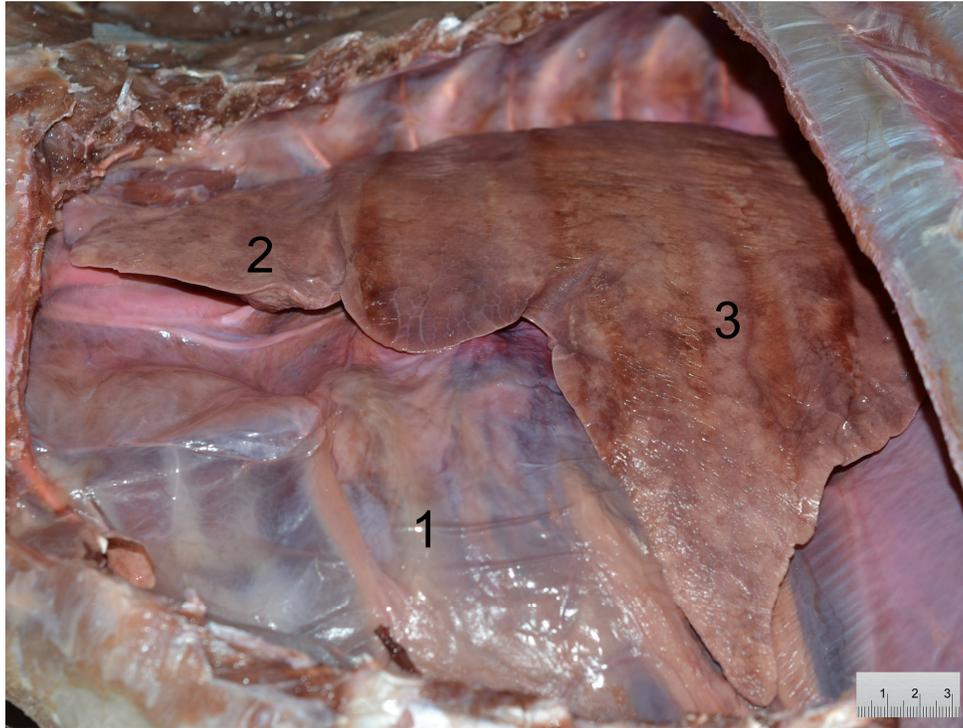


Figura 5: Vista lateral izquierda de una alpaca luego de remoción de la pared costal y del miembro torácico izquierdo. 1: Pleura parietal mediastinal pericárdica cubriendo al pericardio fibroso; 2: Lóbulo craneal del pulmón izquierdo; 3: Lóbulo caudal del pulmón izquierdo.



Figura 6. Radiografía con vista lateral derecha de un feto de alpaca. 1: Bulbo de la aorta; 2: Aorta ascendente; 3: Tronco braquiocefálico; 4: Aorta torácica descendente.

En los once animales estudiados, los principales vasos observados eran la aorta, sus ramas principales, las venas cavas y sus afluentes venosos. El tronco braquiocefálico fue la primera colateral emitida por la aorta; luego surgía la arteria subclavia izquierda (Figs. 6, 7). El tronco braquiocefálico emitía la arteria subclavia derecha y terminaba con el tronco bicarotídeo, el cual se dividía en arteria carótida común derecha e izquierda (Fig. 7). La primera rama de cada arteria subclavia era el tronco costocervical, luego la arteria torácica interna y la cervical superficial. El tronco costocervical daba tres arterias en dirección dorsal y se continuaba cranealmente como arteria vertebral.

Las ramas del tronco costocervical eran la intercostal suprema, la escapular dorsal y la arteria cervical profunda. La arteria intercostal suprema tenía su origen a corta distancia del origen del tronco costocervical, y daba las primeras tres arterias intercostales. Las arterias intercostales ascendían de la superficie dorsal de la aorta torácica descendente (Fig. 7).

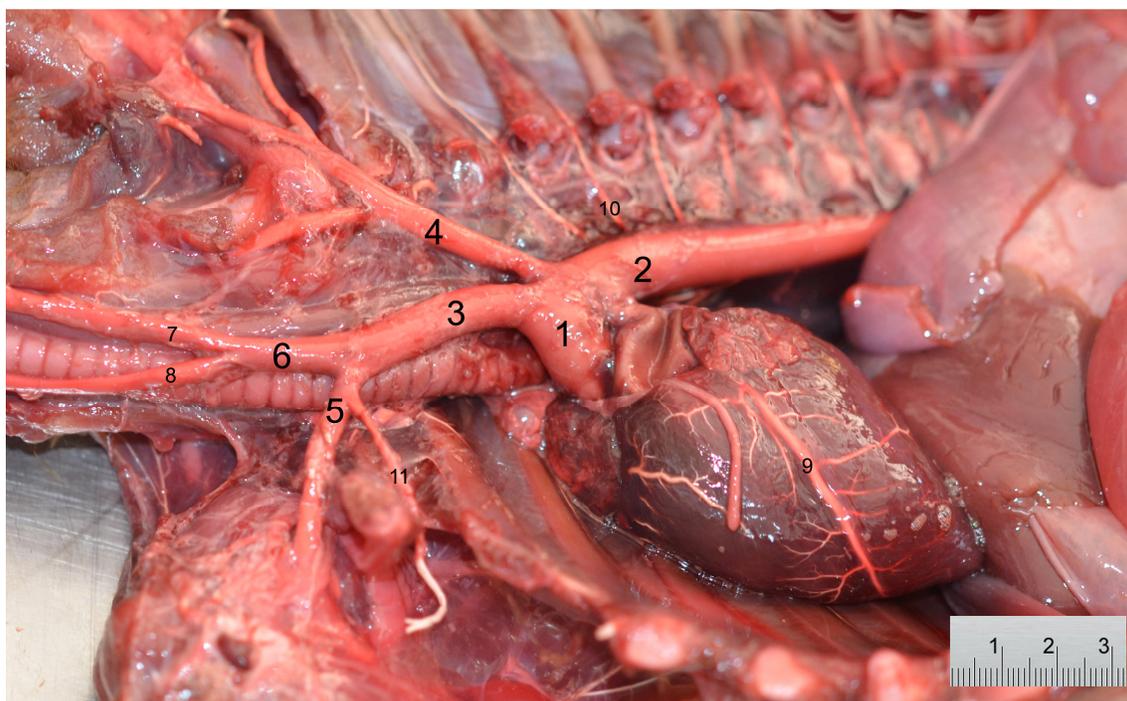


Figura 7. Vista lateral izquierda de una alpaca recién nacida. 1: Aorta ascendente; 2: Aorta descendente; 3: Tronco braquiocefálico; 4: Arteria subclavia izquierda; 5: Arteria subclavia derecha; 6: Tronco bicarotídeo; 7: Arteria carótida común izquierda; 8: Arteria carótida común derecha; 9: Rama interventricular paraconal; 10: Arteria intercostal dorsal; 11: Arteria torácica.

Las venas principales de la cavidad torácica eran las venas cava craneal y caudal. La vena cava craneal se formaba en la entrada del tórax por la unión de un tronco biyugular con las dos venas subclavias. Sus afluentes eran las venas torácicas internas y costocervical, junto a la vena ácigos derecha que colectaba venas intercostales dorsales (Fig. 10).

### **Conformación exterior del corazón**

El color era el de los músculos estriados: rojo. Los surcos y los principales vasos de su superficie estaban cubiertos por grasa subepicárdica de color blanco y consistencia firme (Figs. 8, 9). La consistencia del corazón era firme a nivel de los ventrículos (más a la izquierda); era más blanda y depresible a nivel de los atrios.

El peso del órgano en los animales adultos era de  $400 \pm 43$  g.

Externamente se reconocieron dos caras, dos bordes, una base y un ápex. El corazón presentaba una cara auricular (*Facies auricularis*), izquierda (Fig. 8), y una cara atrial (*Facies atrialis*), derecha (Fig. 9), reunidas por dos bordes, el borde ventricular derecho (*Margo ventricularis dexter*), craneal, y el borde ventricular izquierdo (*Margo ventricularis sinister*), caudal; la base del corazón (*Basis cordis*) estaba orientada dorso – cranealmente, la punta o ápex (*Apex cordis*), estaba orientada ventro-caudalmente.

El surco coronario estaba cubierto en su mayoría por las aurículas e interrumpido por la emergencia del tronco pulmonar (Fig. 8). El surco coronario dividía atrios de ventrículos. El ventrículo derecho que estaba situado cranealmente era de pared más delgada y más depresible que el ventrículo izquierdo que portaba el ápex (Figs. 8, 9).

La circunferencia del surco coronario era de  $25,5 \pm 3,5$  cm. La distancia entre los bordes del ventrículo derecho e izquierdo era de  $11,2 \pm 0,2$  cm. El largo desde el surco coronario al ápex era de  $13,5 \pm 0,7$  cm.

La cara auricular o izquierda era la cara sobre la que se ven las aurículas (*Auriculae*) y se ubicaba hacia la izquierda y estaba casi totalmente ocupada por la masa ventricular (Fig. 8). El surco coronario delimitaba dos partes: una parte atrial y una parte ventricular. La parte atrial estaba constituida por las dos aurículas, la aurícula derecha (*Auricula dextra*) era muy poco notoria y se ubicaba cranealmente al tronco pulmonar (*Truncus pulmonalis*), y ocultaba el origen de la arteria coronaria derecha (*A. coronaria dextra*); la aurícula izquierda (*Auricula sinistra*), más vasta, estaba bordeada en su borde craneal por el tronco pulmonar.

La aurícula izquierda tenía una longitud craneocaudal de  $5,2 \pm 1,1$  cm. Dorsoventralmente medía  $3,4 \pm 0,8$  cm. La aurícula derecha tenía una longitud craneocaudal de  $5,7 \pm 1,1$  cm y dorsoventralmente medía  $3,6 \pm 0,4$  cm.

El tronco pulmonar surgía del cono arterioso, la parte inicial del tronco pulmonar tenía forma de bulbo (Fig. 8).

La parte ventricular de la cara auricular presentaba un surco interventricular paraconal (*Sulcus interventricularis paraconalis*), que comenzaba caudalmente al origen del tronco pulmonar y se terminaba aproximadamente en la unión de los tercios medio y ventral del ventrículo derecho (*Ventriculus dexter*) (Fig. 8). Este surco separaba dos zonas diferentes, cranealmente una porción de la pared ventricular derecha, depresible, de menor extensión; caudalmente, una parte de la pared ventricular izquierda, mucho más extensa, espesa y firme.

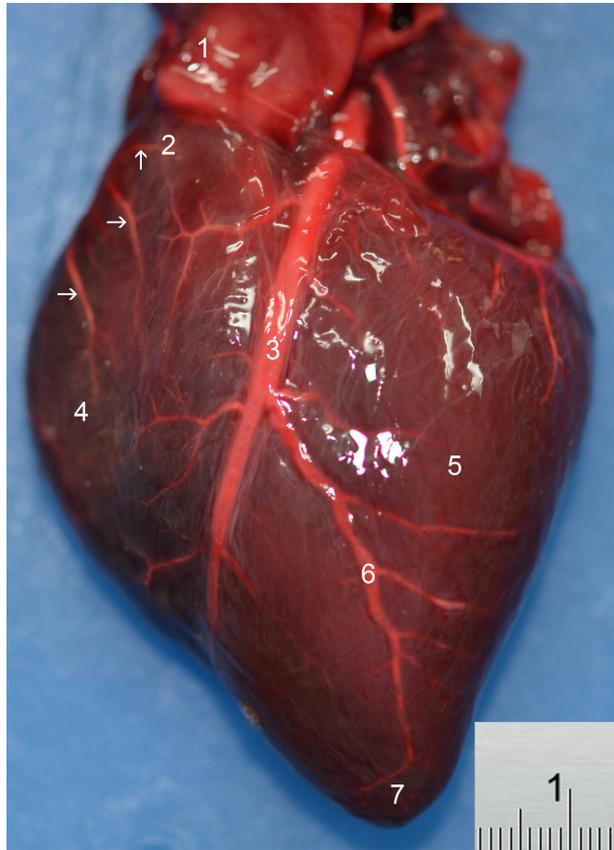


Figura 8: Vista auricular. 1: Tronco pulmonar; 2: Cono arterioso; 3: Rama interventricular paraconal; 4: Ventrículo derecho; 5: Ventrículo izquierdo; 6: Rama de arteria interventricular paraconal; 7: Ápex; Flechas: Ramas de la arteria coronaria derecha.

La cara opuesta a la auricular y que daba hacia la derecha era la cara atrial y era la que mostraba la mayor parte de los atrios y la desembocadura de las grandes venas (Figs. 9, 10). El surco coronario era ancho, profundo y continuo, y delimitaba también una parte atrial y una ventricular.

La parte atrial de la cara atrial estaba dividida en dos partes: el atrio izquierdo (*Atrium sinistrum*): poco extenso, situado caudalmente, recibía las venas pulmonares (*Vv. pulmonales*); el atrio derecho (*Atrium dextrum*): más extenso, se ubicaba cranealmente, recibía la vena cava craneal (*V. cava cranialis*) y la vena cava caudal (*V. cava caudalis*) (Fig. 10).

La parte ventricular presentaba el surco interventricular subsinusal (*Sulcus interventricularis subsinuosus*), que llegaba hasta la vecindad del ápex del corazón. Así llamado por estar situado bajo el seno coronario (*Sinus coronarius*), él separaba dos partes, cranealmente y predominando parte del ventrículo derecho y caudalmente una porción de la pared ventricular izquierda (Figs. 9, 10).

Las dos caras del corazón se reunían por los bordes del corazón, calificados en función de su pertenencia al corazón derecho o izquierdo. El borde ventricular derecho, craneal, era oblicuo en dirección ventrocaudal (Fig. 19). Su parte dorso-craneal pertenecía a la aurícula derecha y estaba sobremontado por la vena cava craneal. Ventralmente al surco coronario, la mayor parte de su extensión estaba ocupada por el ventrículo derecho. El borde ventricular izquierdo era caudal en la alpaca, más corto que el precedente y oblicuo hacia ventrocraneal.

De forma general ovoide, la base del corazón estaba constituida por la masa atrial, la masa atrial estaba dividida en dos territorios, cranealmente se encontraba el techo del atrio derecho con la desembocadura de las venas cavas, y caudalmente el techo del atrio izquierdo con las venas pulmonares. Los atrios se prolongaban a la izquierda por las aurículas.

El ápex era la punta del cono formada por la masa ventricular y pertenecía al ventrículo izquierdo (Fig. 9).

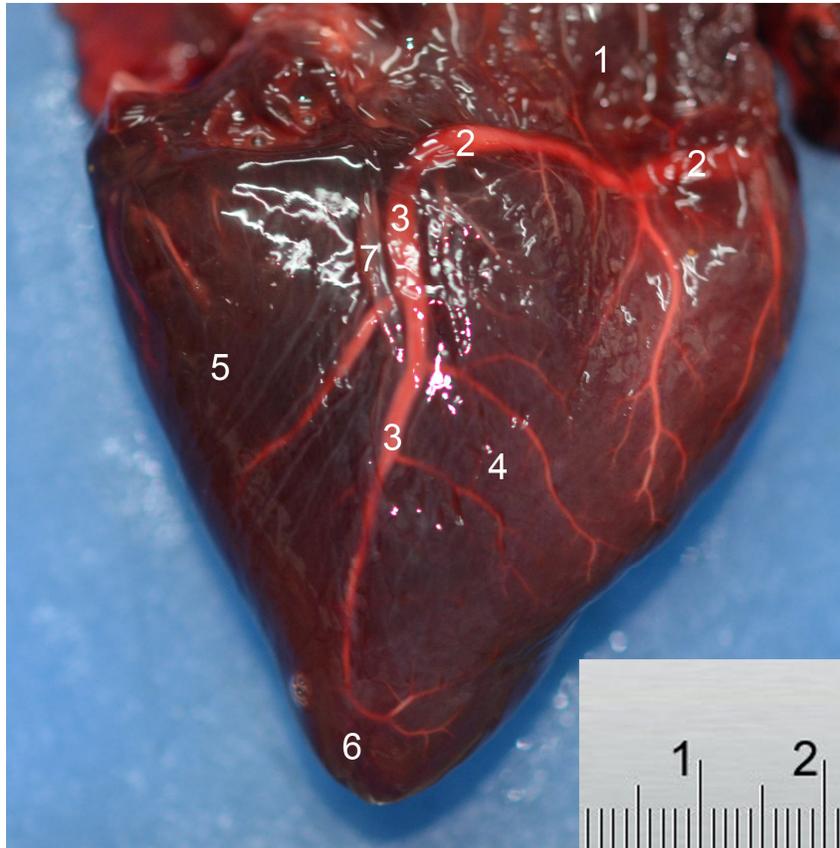


Figura 9: Vista atrial. 1: Atrio derecho; 2: Arteria coronaria derecha; 3: Rama interventricular subsinusal; 4: Ventriculo derecho; 5: Ventriculo izquierdo; 6: Ápex; 7: Vena cardíaca media.

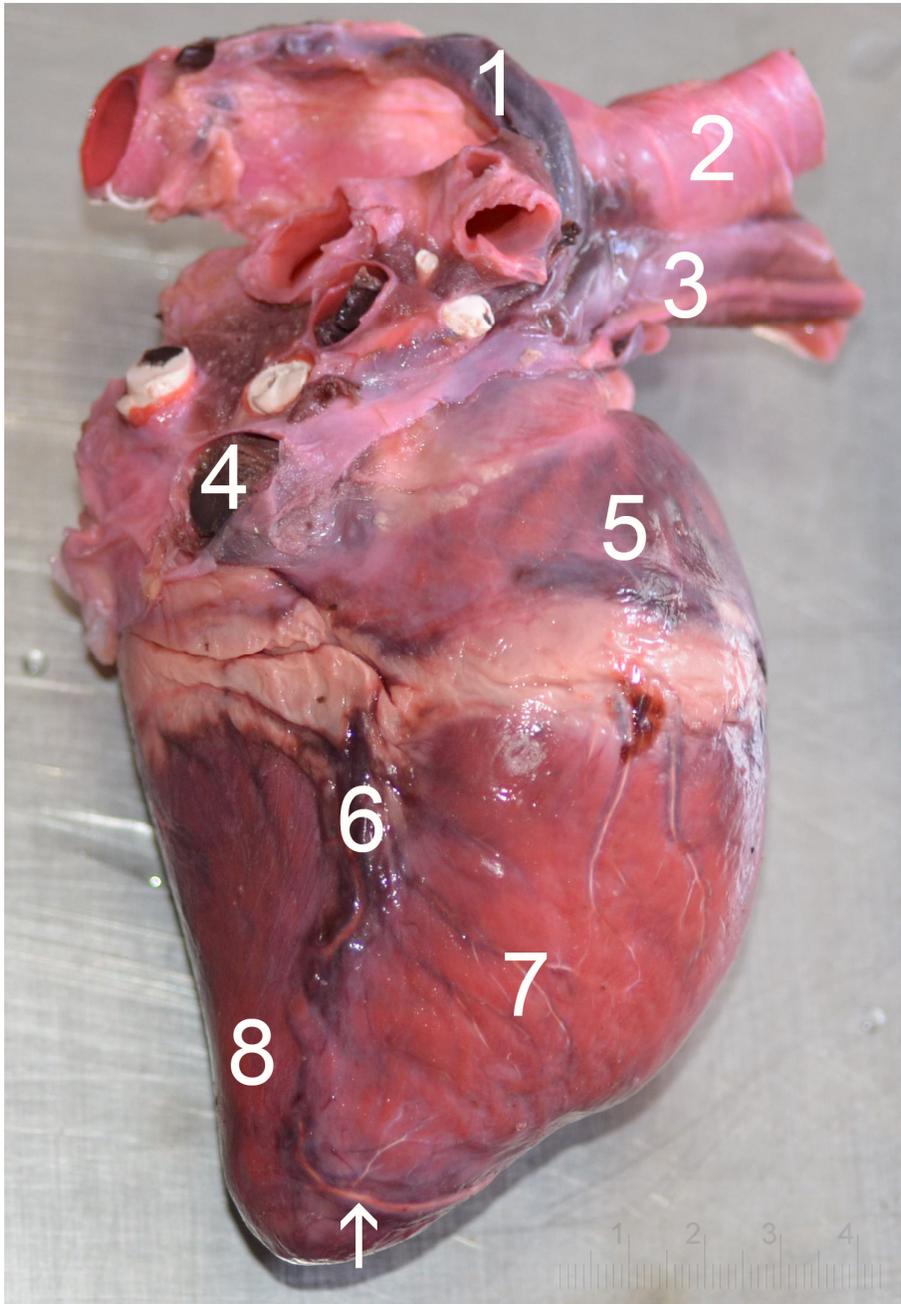


Figura 10: Cara atrial del corazón de la alpaca. 1: Vena ácigos derecha; 2: Tráquea; 3: Vena cava craneal; 4: Vena cava caudal; 5: Atrio derecho; 6: Surco interventricular subsinusal con sus vasos; 7: Ventriculo derecho; 8: Ventriculo izquierdo.

## **Conformación interior**

### **Cavidades del corazón derecho**

#### **Atrio derecho:**

El atrio derecho recibía sangre de ambas venas cavas y del seno coronario, ventralmente tenía comunicación con el ventrículo derecho a través del ostium atrioventricular cerrado por la válvula tricúspide. En la aurícula derecha había un gran desarrollo de la cresta terminal que formaba pared al orificio de la vena cava craneal y también se encontraban escasos músculos pectinados (Fig. 11).

La cavidad del atrio derecho comprendía dos partes netamente diferentes, una lisa, se situaba encima de la entrada del ventrículo derecho y recibía la desembocadura de las venas cavas y de las venas cardíacas, es la porción que correspondía al seno de las venas cavas (*Sinus venarum cavarum*); la otra, constituía un pequeño divertículo en fondo de saco dirigido hacia la izquierda, la aurícula izquierda. Estas dos partes estaban separadas por un relieve carnoso, la cresta terminal (*Crista terminalis*) (Fig. 11). Esta fuerte cresta semilunar formaba el borde craneal y derecho del orificio de la vena cava craneal (*Ostium venae cavae cranialis*), situado en el techo del atrio (Fig. 11).

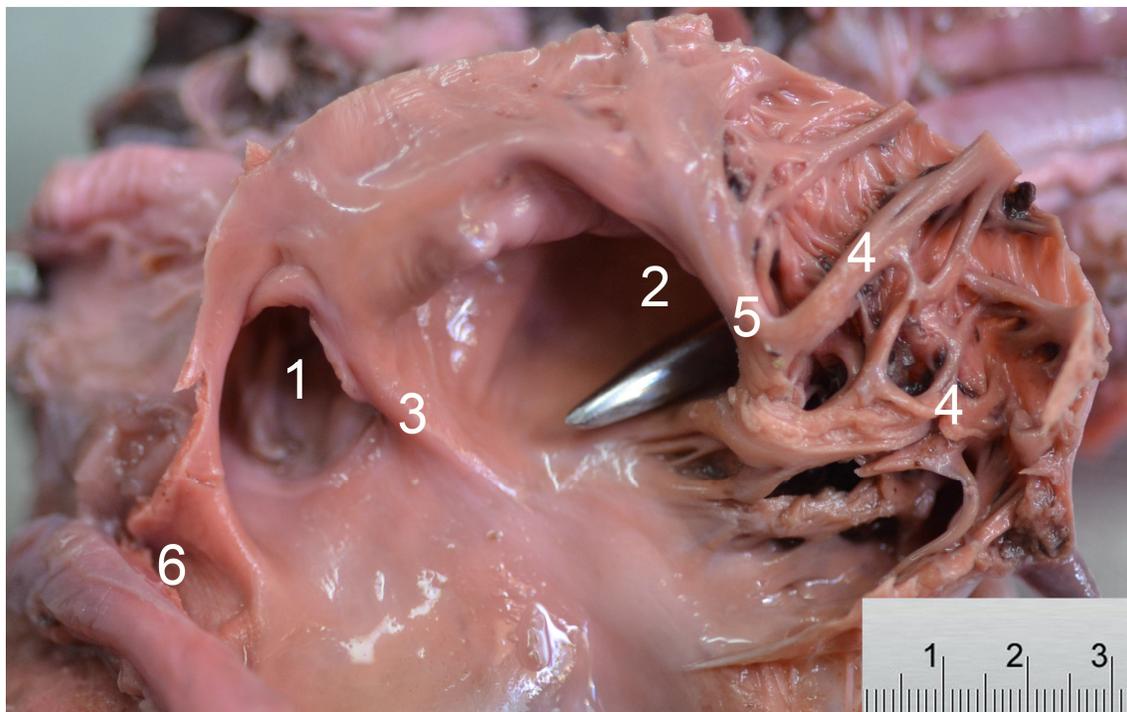


Figura 11: Vista interior del atrio derecho del corazón de la alpaca, luego de incisión de la aurícula por su borde libre ventral. 1: Orificio de la vena cava caudal; 2: Orificio de la vena cava craneal; 3. Tubérculo intervenoso; 4: Músculos pectinados de la aurícula derecha; 5: Cresta terminal; 6: Seno coronario.

En el seno de las venas cavas se encontraban el orificio de la vena cava craneal (*Ostium venae cavae cranialis*); el orificio de la vena cava caudal (*Ostium venae cavae caudalis*), la desembocadura del seno coronario, situado bajo el orificio precedente; el tubérculo intervenoso (*Tuberculum intervenosum*), fuerte relieve en forma de cresta espesa que se ubicaba entre los orificios de las venas cavas (Fig. 11). La aurícula derecha era un divertículo que giraba hacia la izquierda y en su pared se encontraban los músculos pectinados (*Mm. pectinati*), que eran muy poco desarrollados. El piso del atrio estaba casi enteramente ocupado por el orificio atrioventricular y su válvula.

## Ventrículo derecho

Era más craneal que derecho en la alpaca y recibía la sangre venosa del atrio derecho y la expulsaba al tronco pulmonar. Su pared era mucho menos espesa que la del ventrículo izquierdo y su espesor era de  $0,5 \pm 0,1$  cm. Se identificó para este ventrículo una pared marginal, cóncava y delgada; una pared septal, convexa y muy espesa; una punta que no alcanzaba la punta del corazón; una base provista de dos vastos orificios: el orificio atrioventricular derecho y el orificio del tronco pulmonar separados por un relieve situado en el techo del ventrículo: la cresta supraventricular (*Crista supraventricularis*). Esta cresta marcaba el límite entre las dos cámaras del ventrículo, la cámara de entrada o de admisión y la cámara de expulsión de la sangre, que comunicaban ampliamente entre ellas. La cámara de admisión de la sangre, o cámara subatrial, estaba situada a la derecha y cranealmente, inmediatamente bajo el orificio atrioventricular derecho. La cámara de expulsión de la sangre, o cono arterioso (*Conus arteriosus*), estaba colocada más caudalmente y a la izquierda.

Las paredes ventriculares portaban dos tipos de relieves carnosos, los músculos papilares (*Mm. papillares*) y las trabéculas carnosas (*Trabeculae carneae*) (Fig. 12). Los músculos papilares eran conos carnosos que servían de punto de anclaje a las cuerdas tendinosas (*Chordae tendineae*) de las cúspides de la valva atrioventricular derecha (Fig. 12).

Los músculos papilares se subdividían en: gran músculo papilar (*M. papillaris magnus*), siempre preponderante, situado sobre la pared marginal; músculo papilar subarterial (*M. papillaris subarteriosus*), insertado sobre la pared septal bajo el cono arterioso; y los pequeños músculos papilares (*Mm. papillares parvi*), insertados sobre la pared septal (Fig. 12).

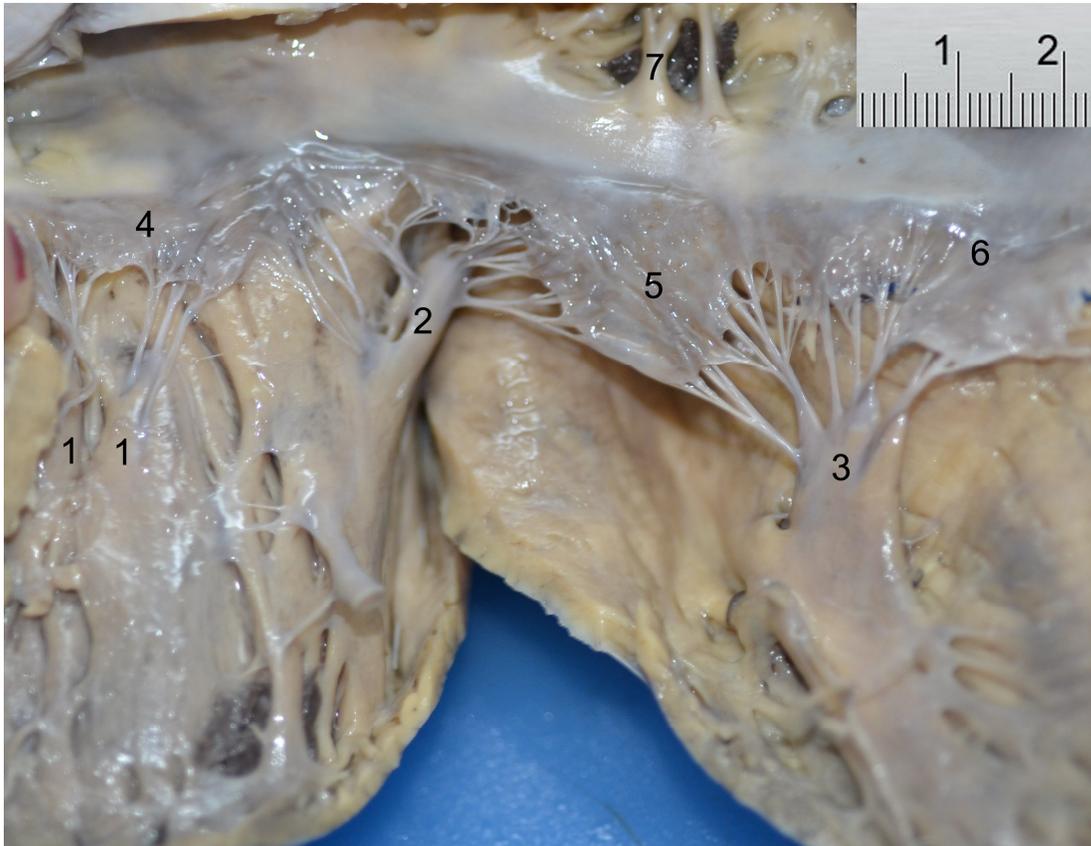


Figura 12: Vista interior del ventrículo derecho de la alpaca. 1: Músculos papilares parvi; 2: Músculo papilar subarterioso; 3: Músculo papilar magnus; 4: Cúspide parietal de la válvula tricúspide; 5: Cúspide septal de la válvula tricúspide; 6: Cúspide angular de la válvula tricúspide; 7: Músculo pectinado.

Las trabéculas carnosas estaban fijadas a las paredes ventriculares por sus extremidades, pero estaban libres en su parte media. Ellas estaban localizadas en la cámara de admisión de la sangre, sobre todo hacia la punta y hacia los surcos interventriculares y estaban ausentes en el cono arterioso. Una de ellas, preponderante en la alpaca, constituía la trabécula septomarginal derecha (*Trabecula septomarginalis dextra*). Ella se extendió oblicuamente desde la pared septal (bajo el músculo papilar subarterial) a la pared marginal (en la base del gran músculo papilar) (Fig. 13). Desde las proximidades del septum interventricular surgieron pequeñas trabéculas septomarginales que terminaban en trabéculas

carnosas de la pared septal. Las otras trabéculas carnosas eran de escaso desarrollo y semejantes a los músculos pectinados de las aurículas.

El orificio atrioventricular derecho estaba provisto de una valva calificada de tricúspide pues estaba formada de tres cúspides principales: una cúspide parietal (*Cuspis parietalis*), una cúspide septal (*Cuspis septalis*) y una cúspide angular (*Cuspis angularis*) (Fig. 12). Cada cúspide presentaba un borde dorsal adherente, fijado sobre el anillo fibroso del orificio; un borde ventral libre, más o menos recortado en franjas, flotante en la cavidad ventricular y amarrado por las cuerdas tendinosas sobre dos músculos papilares a la vez; dos caras libres y lisas: una cara atrial y una cara ventricular.

El más grande o músculo papilar magnus emitía cuerdas tendinosas a las cúspides septal y angular de la válvula atrioventricular derecha. El músculo papilar subarterioso que era de tamaño intermedio enviaba cuerdas tendinosas mayormente a la cúspide septal de la válvula atrioventricular derecha y también hacia la cúspide parietal de dicha válvula. Los músculos papilares pequeños (*parvi*) enviaban cuerdas tendinosas exclusivamente a la cúspide parietal de la válvula atrioventricular derecha (Fig. 12).

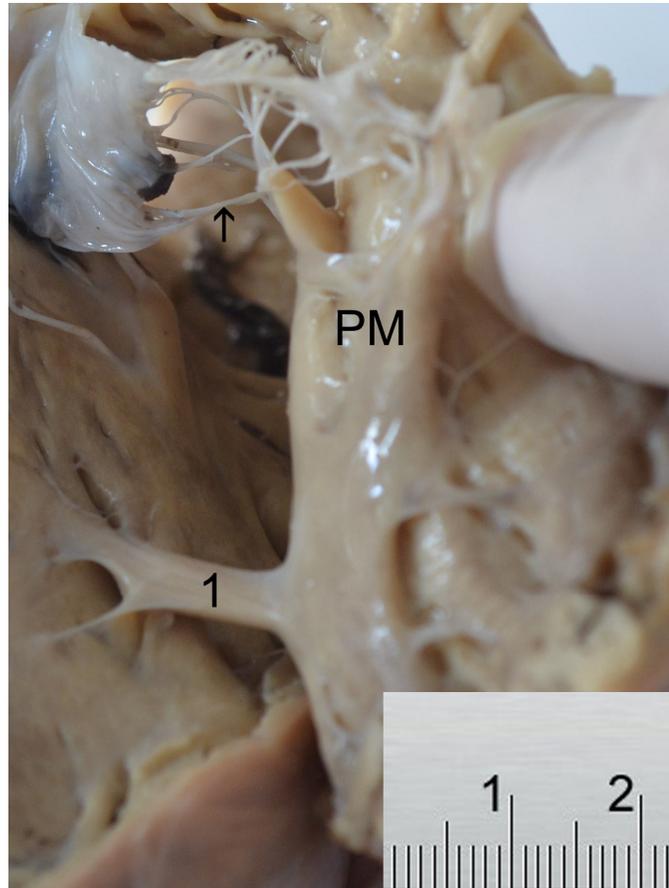


Figura 13: Vista interior del ventrículo derecho de la alpaca. PM: Músculo papilar magnus; 2: Trabécula septomarginal derecha.

El orificio del tronco pulmonar, situado a la izquierda del precedente, ocupaba la punta del cono arterioso. Estaba provisto de una valva, la valva del tronco pulmonar (*Valva trunci pulmonalis*) formada de tres válvulas semilunares (*Valvulae semilunares*) (Fig. 14), a veces aún calificadas de "sigmoideas", y que Winslow ha comparado a tres nidos de paloma reunidos en triángulo o nosotros a un logo de Mercedes Benz (  ). Estas válvulas son llamadas en función de su posición, se distinguía una válvula semilunar derecha (*Valvula semilunaris dextra*), una válvula semilunar izquierda (*Valvula semilunaris sinistra*) y una válvula semilunar intermedia (*Valvula semilunaria intermedia*), craneal.

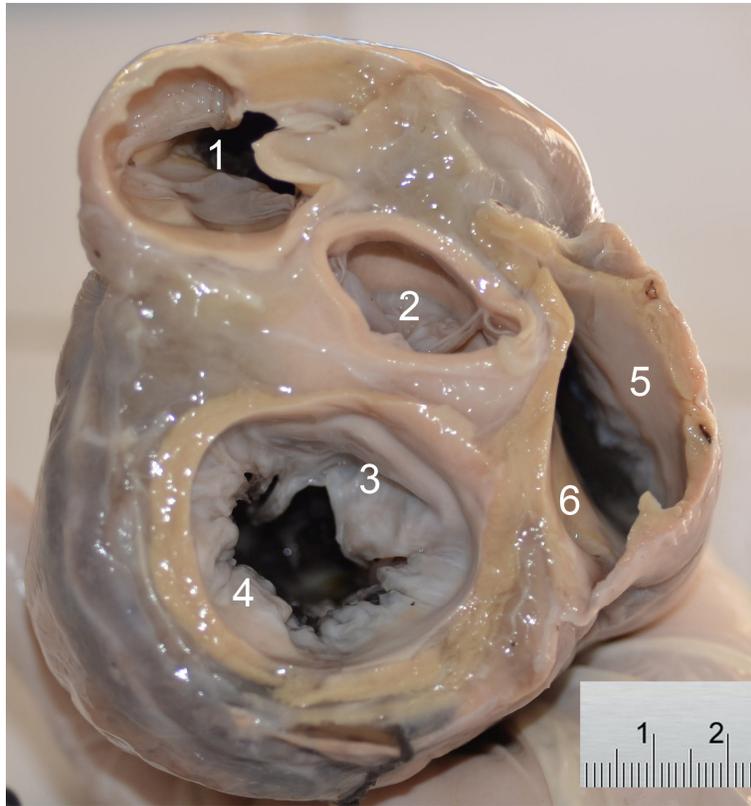


Figura 14: Vista dorsal de los orificios cardíacos con sus válvulas de la alpaca luego de remoción de la masa atrial. 1: Válvula pulmonar; 2: Válvula aórtica; 3: Cúspide septal de la válvula mitral; 4: Cúspide parietal de la válvula mitral; 5: Cúspide parietal de la válvula tricúspide; 6: Cúspide septal de la válvula tricúspide.

Cada válvula presentaba, un borde adherente: fijado al margen del tronco pulmonar; un borde libre flotante en el tronco pulmonar; que presentaba en su mitad un espesamiento, el nódulo de la válvula semilunar (*Nodulus valvulae semilunaris*), y de un lado y otro del nódulo, la válvula presentaba una pequeña zona marginal muy adelgazada y transparente, la lunula (*Luna valvulae semilunaris*), por la cual ella se adosaba a sus vecinas durante el cierre de la valva; una cara ventricular, convexa y libre; una cara arterial, fuertemente cóncava, que concurría a formar con la pared de

la arteria una depresión en fondo de saco: el seno del tronco pulmonar (*Sinus trunci pulmonalis*).

## **Cavidades del corazón izquierdo**

### **Atrio izquierdo**

El corazón izquierdo presentaba una conformación muy comparable y más simple que la del corazón derecho, lo que permite una descripción más rápida.

Menos espacioso que el derecho y provisto de una pared un poco más espesa, el atrio izquierdo recibía la sangre hematosada de las venas pulmonares y la expulsaba por el orificio atrioventricular izquierdo al ventrículo izquierdo. Había menos músculos pectinados en la aurícula izquierda que en la derecha. El piso del atrio estaba casi enteramente ocupado por el orificio atrioventricular izquierdo y su valva.

### **Ventrículo izquierdo**

Este ventrículo recibía la sangre hematosada del atrio izquierdo por el orificio atrioventricular izquierdo, y la expulsaba en la aorta (Fig. 15). Su pared era del triple de espesor de la del ventrículo derecho, su espesor era de  $1.7 \pm 0,4$  cm, su luz era prácticamente circular al corte transversal. Este ventrículo presentaba como el derecho una pared septal; una pared marginal; una punta que formaba el ápex del corazón; una base, provista de dos vastos orificios: el orificio atrioventricular izquierdo y el orificio aórtico (*Ostium aortae*). La cavidad ventricular izquierda estaba incompletamente dividida en dos compartimentos por la cúspide septal de la valva mitral. Se distinguía así una cámara de admisión de sangre, o cámara subatrial, situada bajo el orificio atrioventricular y que se continuaba hasta la punta del

corazón; una cámara de expulsión de la sangre, o cámara arterial, que alcanzaba al orificio aórtico. Los relieves carnosos correspondían a las trabéculas carnosas y a los músculos papilares. Los músculos papilares eran dos, situados opuestos uno al otro, el músculo papilar subatrial (*M. papillaris subatrialis*), y el músculo papilar subauricular (*M. papillaris subauricularis*) (Fig. 15). Ambos músculos papilares eran bilobulados especialmente el músculo papilar subauricular, y ambos emitían cuerdas tendinosas hacia ambas cúspides de la válvula atrioventricular izquierda. Aparte estos músculos también daban inserción a trabéculas septomarginales izquierdas.

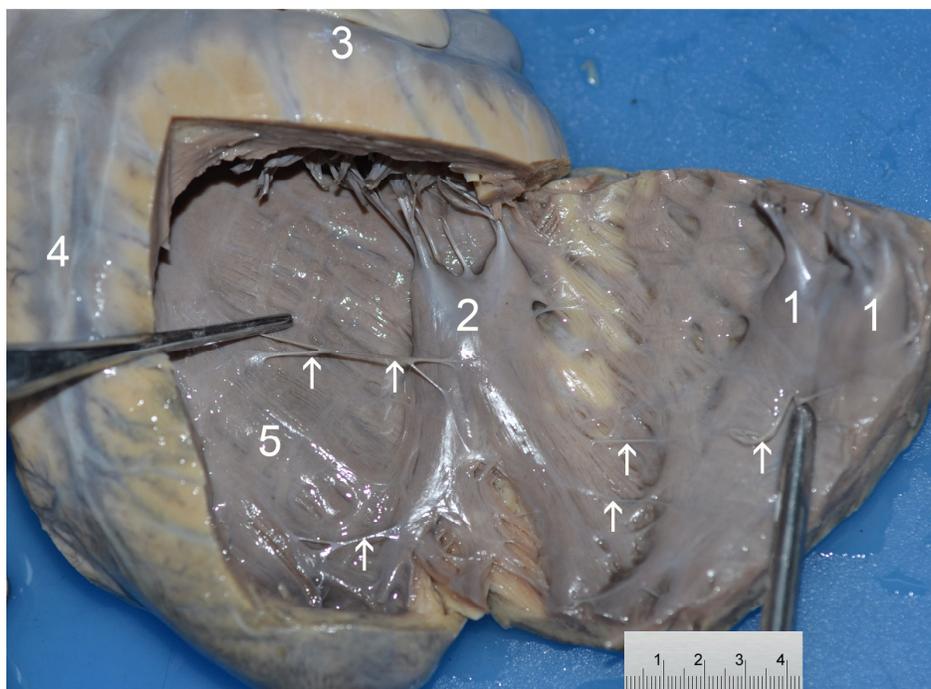


Figura 15: Vista interior del ventrículo izquierdo de la alpaca. 1: Músculo papilar subauricular; 2: Músculo papilar subatrial; 3: Surco coronario; 4: Surco interventricular paraconal; 5: Pared septal; Flechas: Trabéculas septomarginales izquierdas.

Las trabéculas carnosas eran menos numerosas que a la derecha y situadas sobre todo hacia la punta del ventrículo. En el ventrículo izquierdo había dos trabéculas septomarginales izquierdas (*Trabeculae septomarginales sinistrae*), una proximal

que iba desde la base del musculo papilar subatrial a la pared septal, distalmente había otra más pequeña y sobre la pared opuesta al septum cerca del musculo papilar subauricular había pequeñas trabeculas septomarginales izquierdas.

El orificio atrioventricular izquierdo, situado caudalmente al orificio aórtico, estaba provisto de una valva formada por dos cúspides principales, a menudo completadas en su unión por cúspides accesorias: la cúspide septal (*Cuspis septalis*), craneal, muy voluminosa, y la cúspide parietal (*Cuspis parietalis*), caudal.

El orificio aórtico estaba provisto de la valva aórtica (*Valva aortica*) formada por tres válvulas semilunares: una derecha (*Valvula semilunaris dextra*), una izquierda (*Valvula semilunaris sinistra*), y una septal (*Valvula semilunaris septalis*) (Figs. 14, 16).

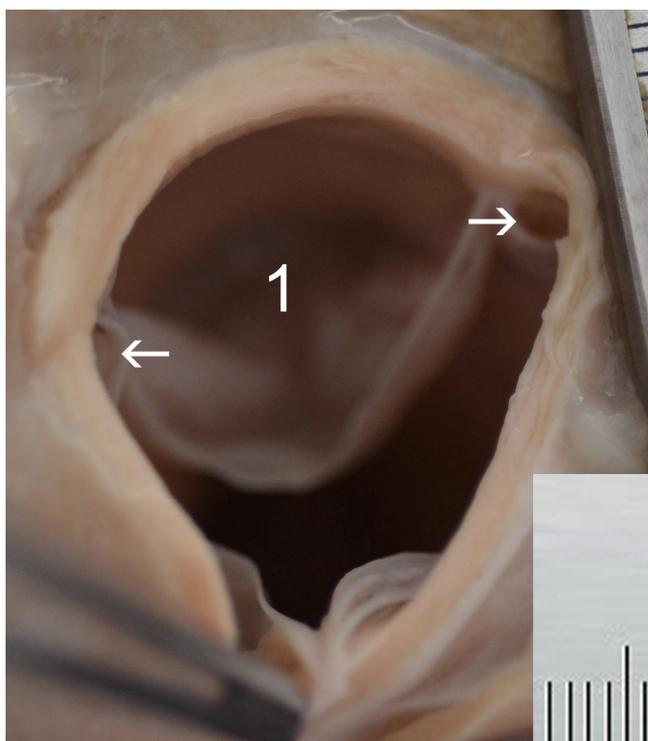


Figura 16: Vista dorsal del orificio aórtico y su Válvula aórtica (1). Flecha hacia la derecha: orificio de la arteria coronaria derecha; Flecha hacia la izquierda: orificio de la arteria coronaria izquierda.

En el esqueleto cardíaco no se encontraron huesos ni cartílagos en el corazón de la alpaca.

### **Irrigación arterial del corazón de la alpaca**

Las arterias coronarias eran emitidas en el bulbo de la Aorta (en los senos derecho e izquierdo). Ambas arterias coronarias y sus ramas estaban cubiertas por grasa subepicárdica en su trayecto por los surcos del corazón (Figs. 17, 18).

La arteria coronaria derecha que se originaba en el seno coronario derecho de la aorta corría cranealmente entre el tronco pulmonar y la aurícula derecha y luego ventralmente y caudalmente en el surco coronario derecho hasta que alcanzaba el surco interventricular subsinusal. En este trayecto emitía ramas ascendentes hacia el atrio derecho y ramas descendentes hacia el ventrículo derecho que se dirigían hacia el borde ventricular derecho. La arteria coronaria derecha continuaba en el surco interventricular subsinusal como rama interventricular subsinusal, donde iba acompañada por la vena cardíaca media (Fig. 18). En la unión de los tercios proximal y medio de su trayecto emitía una arteria que se dirigía oblicuamente hacia el borde ventricular izquierdo, y más distalmente emitía dos ramas hacia el ventrículo derecho. En las proximidades del ápex giraba hacia craneal e irrigaba la parte distal del ventrículo derecho.

La arteria coronaria izquierda surgía del seno coronario izquierdo de la aorta y corría caudalmente y lateralmente entre el tronco pulmonar y la aurícula izquierda y se bifurcaba en dos ramas, la principal que descendía en el surco interventricular paraconal era la rama interventricular paraconal (Figs. 17, 19) y la otra que se dirigía caudalmente en el seno coronario era la rama circunfleja. La rama circunfleja no llegaba al surco coronario derecho, irrigaba por varias ramas la parte dorsal del ventrículo izquierdo y del atrio izquierdo.

La rama interventricular paraconal acompañada por la gran vena cardíaca se dirigía por el surco interventricular paraconal y terminaba sobre el borde ventricular derecho. En todo este trayecto emitía ramas para ambos ventrículos. En la mitad de su trayecto emitía su principal colateral que se dirigía oblicuamente hacia distal para terminar en el ápex del corazón; esta rama emitía colaterales mayormente destinadas a la parte caudal del ventrículo izquierdo.

En suma, el atrio derecho estaba irrigado por la arteria coronaria derecha y el atrio izquierdo por la rama circunfleja de la arteria coronaria izquierda. A su vez el ventrículo izquierdo estaba irrigado por las ramas circunfleja e interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda y por la rama interventricular subsinusal de la arteria coronaria derecha (Figs. 17, 18). El ventrículo derecho estaba irrigado por la arteria coronaria derecha, por su rama interventricular subsinusal y por la rama interventricular paraconal de la arteria coronaria izquierda (Figs. 17, 18, 19).

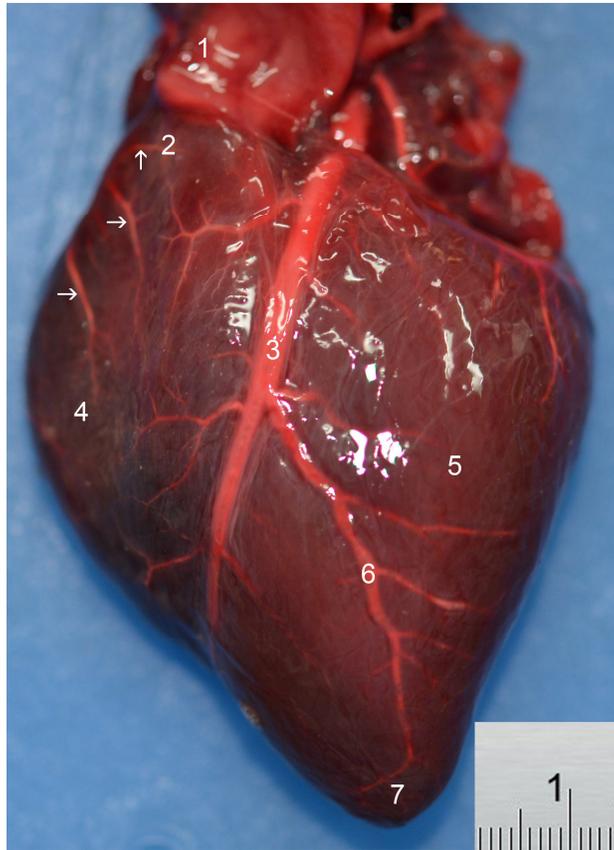


Figura 17: Vista auricular. 1: Tronco pulmonar; 2: Cono arterioso; 3: Rama interventricular paraconal; 4: Ventrículo derecho; 5: Ventrículo izquierdo; 6: Rama de arteria interventricular paraconal; 7: Ápex; Flechas: Ramas de la arteria coronaria derecha.

### **Drenaje venoso del corazón de la alpaca**

Las dos venas principales que se observaron superficialmente que se encargaban de la mayor parte del drenaje venoso del corazón eran la vena cardíaca media (*Venae cordis media*) y la gran vena cardíaca (*Venae cordis magna*). La gran vena cardíaca se originaba desde el borde ventricular derecho y ascendía en el surco ventricular paraconal, acompañando a la rama arterial interventricular paraconal. Luego corría caudalmente en el surco coronario junto a la arteria circunfleja izquierda, y luego cranealmente para desembocar en el seno coronario. La vena cardíaca media era de menor longitud que la gran vena cardíaca, se originaba cerca

del ápex del corazón y ascendía en el surco interventricular subsinusal caudalmente a la rama arterial interventricular subsinusal (Fig. 18) y terminaba desembocando en el surco coronario. El seno coronario se localizaba en el atrio derecho ventralmente al orificio de la vena cava caudal (Fig. 11).

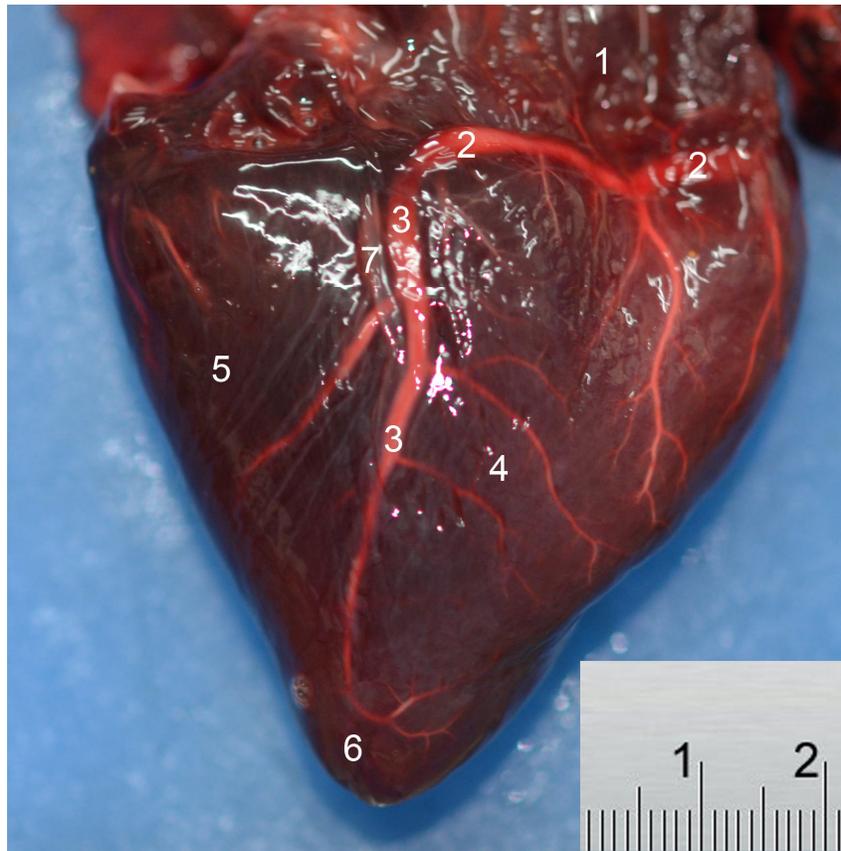


Figura 18: Vista atrial. 1: Atrio derecho; 2: Arteria coronaria derecha; 3: Rama interventricular subsinusal; 4: Ventrículo izquierdo; 5: Ventrículo derecho; 6: Ápex; 7: Vena cardíaca media.

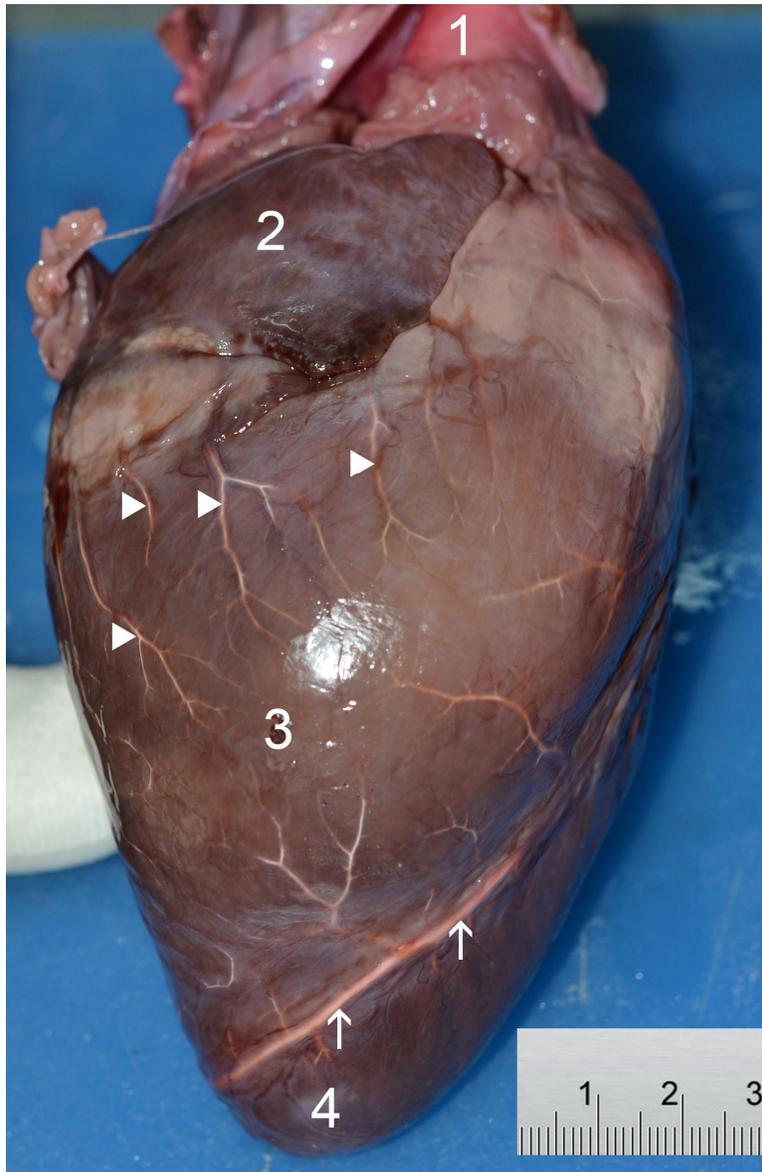


Figura 19: Vista craneal del corazón de la alpaca (borde ventricular derecho). 1: Aorta; 2: Aurícula derecha; 3: Ventrículo derecho; 4: Ventrículo izquierdo; Flechas: Rama interventricular paraconal; Triángulos blancos: Ramas ventriculares de la arteria coronaria derecha.

## 5 DISCUSIÓN

El corazón de la alpaca está ubicado al igual que el resto de los animales en el espacio mediastínico ubicado oblicuamente entre la tercera y la sexta costilla. La parte más craneal de la base del corazón estaba delimitada por la tercera costilla, y la parte más caudal que es el ápex por la sexta costilla. Al estar menos cubierto por pulmón (en comparación a los mamíferos domésticos) es más fácil realizar la percusión y la auscultación cardíaca en esta especie.

El tronco braquiocefálico muestra su nacimiento en el arco aórtico y da origen a la arteria carótida común y a la arteria subclavia en los mamíferos domésticos (Barone, 1996). Las arterias que nacen desde el tronco braquiocefálico irrigan los músculos, tejido conectivo y otros órganos de la cabeza, cuello, miembros torácicos y porción craneal de la cavidad torácica (Getty 1975; Barone, 1996; König y Liebich, 2015).

En las alpacas estudiadas, igual que en el venado de campo y los rumiantes domésticos (Getty, 1975; Barone, 1996; König y Liebich, 2015; Pérez y Erdoğan, 2014) existía tronco bicarotídeo. No se encontró tronco bicarotideo en el guazubirá y en el ciervo axis (Pérez y Erdoğan, 2014). Las otras ramas de la arteria subclavia eran similares a las de los rumiantes domésticos (Getty, 1975; Barone, 1996; König y Liebich, 2015). En las alpacas disecadas, igual que en el perro, gato, conejo y cerdo (Barone, 1996) la arteria subclavia izquierda se originaba del arco aórtico independientemente del tronco braquiocefálico.

La disposición de las venas y sus afluentes en la cavidad torácica de la alpaca era similar a lo descrito para los rumiantes domésticos (Barone, 1996; König y Liebich, 2015).

En cuanto al peso del corazón que rondaba los 400 g en la alpaca, reportes previos en los dromedarios dieron valores que variaron desde 1,1 kg en la cría a 5 kg en el adulto (Lesbre, 1903; Hegazi, 1954; Nawal, y col., 2002). Lesbre (1903) encontró que el corazón de las hembras era mayor que el de los machos. Contrario al trabajo de Lesbre (1903), Budras (2003) reportó que el peso del corazón en la vaca promediaba 2,4 kg, menor al del toro el cual promediaba 2,6 kg. Hubo un acuerdo de que las diferencias que se podrían haber encontrado en los trabajos podrían ser

atribuidas a la edad, sexo y a la crianza. En los animales adultos que estudiamos no fue posible establecer comparaciones pues eran del mismo sexo.

Tanto en la alpaca como en los camellos estudiados por otros autores se vio un recubrimiento inusual de gran cantidad de grasa. Hegazi (1954) mencionó en su estudio en el camello una gran cantidad de grasa que esta relleno los surcos coronario y longitudinal, especialmente la parte del coronario entre las aurículas. En efecto las cantidades de grasa que recubren no solo el surco coronario e interventricular sino la mayoría del corazón, como demostró ese estudio y que comprende cerca del 29.03% del peso del corazón. Nawal y col. (2002) observaron que mucha grasa cubre el surco coronario y longitudinal. El gran acúmulo de esta grasa está en el lado izquierdo, relleno el surco coronario entre las dos aurículas, donde forma un grueso cinturón cerca de las raíces del tronco pulmonar y la aorta.

La conformación exterior del corazón de la alpaca no era muy diferente a la de otros animales domésticos y en general era más semejante a la del Equino, con una parte apical de ambos ventrículos más en punta y poco globuloso en general.

Los hallazgos más sobresalientes de la conformación cardiaca pertenecían a la anatomía interna del corazón. La banda moderadora fue encontrada en ambos ventrículos izquierdo y derecho del corazón de la alpaca, lo cual coincide con lo descrito en el camello dromedario (Ghonimi y col., 2014 d). La trabécula septomarginal del ventrículo derecho fue diferente a la de los ungulados domésticos, en los que se ha estudiado en detalle (Truex y Warshaw, 1942; Depreux y col., 1976) y muy similar a la del camello dromedario. En el ventrículo izquierdo de la alpaca se encontraron trabéculas septomarginales de menor tamaño, estas bandas se han denominado *Trabeculae septomarginales sinistrae* en la NAV (2012) y ha sido descritas por varios autores (Truex y Warshaw, 1942; Ghoshal, 1975; Gerlis y col., 1984). Un número excesivo, anormal de estas bandas se ha asociado con descompensación cardíaca en gatos (Liu y col., 1982). De acuerdo con Truex y Warshaw (1942) contienen haces de fibras de la rama izquierda del haz auriculoventricular.

En relación a los músculos papilares de la alpaca, nuestros hallazgos coinciden a los reportados para el camello (Ghonimi y col., 2014c). En la pared ventricular del camello, igual que en la alpaca, había tres músculos papilares. Dos de estos músculos están en el septum interventricular y el tercero en la pared marginal (Ghonimi y col., 2014c).

En el ventrículo izquierdo del camello las cuerdas tendinosas eran menos numerosas, pero de mayor tamaño que en el ventrículo derecho (Ghonimi y col., 2014 a, c). Los músculos papilares de la alpaca en el ventrículo izquierdo eran dos, y las bandas moderadoras también eran dos, una que iba desde el septum interventricular hasta los músculos papilares y la otra presente en varios lugares especialmente en el ápex. Esto es similar a lo descrito en el camello dromedario (Ghonimi y col., 2014c).

La disposición topográfica de los ostium atrioventricular y arteriales, así como la constitución de las válvulas cardíacas fue similar a las descripciones hechas para los rumiantes domésticos (Barone, 1996; NAV 2012).

Diferente a lo reportado para el camello en el esqueleto cardíaco (Ghonimi, 2014 b) no encontramos hueso cardíaco en las alpacas estudiadas.

La circulación arterial coronaria de la alpaca corresponde al tipo de circulación derecha, dado que la rama interventricular subsinusal era emitida por la arteria coronaria derecha. Los mismos resultados fueron encontrados en el dromedario (Kanan, 1971; Ghazi y Tadjalli, 1993; Taha y Abel-Magied, 1996; Yuan y col., 2009) y en el equino (Barone y Malavieille, 1951). Los rumiantes domésticos y otras especies como el corzo son de tipo izquierdo, donde la rama circunfleja de la arteria coronaria izquierda da origen a la arteria interventricular subsinusal (Barone, 1996; Frackowiak y col., 2007). La irrigación del septum interventricular de la alpaca era similar a la descrita en el burro (Ozgel y Dursun, 2005).

En lo que respecta al drenaje venoso del corazón hay un consenso general respecto a los nombres y distribución de las venas del corazón en varios animales domésticos (Ghoshal, 1981 a y b; Habel, 1989; Constantinescu, 2001). La vena cardíaca media ocupa el surco subsinusal interventricular y es así que se une al seno coronario se abre directo al atrio derecho. La gran vena cardíaca ocupa el surco paraconal interventricular y corre en el surco coronario hasta que se le une a la vena izquierda azygos para formar el seno coronario el cual se abre en el atrio derecho ventralmente a la apertura de la vena cava caudal.

Sin embargo, Kanan (1971) describió a las venas del corazón como dos grandes venas y dos venas medianas. Las grandes venas son la vena cardíaca media y la gran vena coronaria que corresponde a la gran vena cardíaca. Pero las descritas como venas medias las cuales nombro coronaria derecha y vena margo acutus no habían sido antes reportadas.

En conclusión, la mayoría de las diferencias del corazón de la alpaca estaban en su conformación interior, pero sin embargo eran sutiles. El mismo era más cercano en conformación, en las características de su irrigación a los camélidos del viejo mundo y diferente a los rumiantes taxonómicos domésticos. Al estar menos cubierto por pulmón (en comparación a los mamíferos domésticos) es más fácil realizar la percusión y la auscultación cardíaca en esta especie. Es de destacar la ausencia de ligamento esternopericárdico, la ausencia de hueso cardíaco, la disposición de los músculos papilares y trabéculas septomarginales en ambos ventrículos. Con otras técnicas, es necesario realizar estudios histológicos, semiológicos y fisiológicos en el corazón de esta especie para entender mejor su anatomía y fisiología.

## Bibliografía

1. Barone R, Malavieille R (1951) Les vaisseaux du coeur des equides. Rec Med Vet; 127: 514-520
2. Barone R (1996) Anatomie comparée des mammifères domestiques, Angiologie. Paris, Vigot, V.5. 904p.
3. Budras KD (2003) Bovine anatomy: an illustrated text. Schlütersche.
4. Christensen GC (1962). Blood supply to interventricular septum of heart-comparative study. Am J Vet Res; 23: 869
5. Constantinescu GM (2001) Guide to regional ruminant anatomy based on the dissection of the goat. Iowa State University Press. 243 p.
6. Depreux R, Mestdagh H, Houcke M (1976) Comparative morphology of the septomarginal trabecula in the terrestrial mammals. Anat Anz; 139: 24-35
7. Erdoğan S, Lima M, Pérez W (2014) Inner ventricular structures and valves of the heart in white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). Anat Sci Int; 89: 46-52
8. Fowler ME (1998) Medicine and surgery of South American camelids: llama, alpaca, vicuña, guanaco ( 2a ed). Iowa State University Press, 808 p.
9. Frąckowiak H, Jasiczak K, Pluta K, Godynicki S (2007) Coronary arteries of the roe deer (*Capreolus capreolus*; Linnaeus 1758) heart. Pol J Vet Sci; 10: 105-108
10. Getty R (1975) Sisson and Grossman's Anatomy of the Domestic Animals. Vols. 1 and 2, (5a ed) Philadelphia, Saunders Company.
11. Ghazi SR, Tadjalli M (1993) Coronary arterial anatomy of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*). Vet Res Commun; 17:163-170

12. Ghonimi W, Abuel-Atta AA, Bareedy MH, Balah A (2014a) Left Ventricles of the Mature Camel Heart (*Camelus dromedarius*) with Special References to the Structure and Distribution of the Purkinje Cardiomyocytes: Microanatomy. J Cytol Histol
13. Ghonimi W (2014b) Os cordis of The Mature Dromedary Camel Heart (*Camelus dromedarius*) with Special Emphasis to The Cartilago Cordis. J Vet Sci Technol
14. Ghonimi W, AA, Bareedy MH, Balah A (2014c) Papillary Muscles in the Heart Ventricles of the Mature Dromedary Camel (*Camelus dromedarius*) with Special References to the Chordae Tendineae: Gross and Microanatomy. J Cytol Histol
15. Ghonimi W., Abuel-Atta AA., Bareedy MH, Balah, A. (2014d) Gross and microanatomical studies on the moderator bands (septomarginal trabecula) in the heart of mature Dromedary camel (*Camelus dromedarius*). J Adv Vet Anim Res; 124-31.
16. Ghoshal NG (1981): The Venous Drainage of the Domestic Animals. Philadelphia, WB Saunders Company, 84p.
17. Grant RT, Regnier M (1926) The comparative anatomy of the cardiac coronary vessels. Heart 13; 285-317
18. Habel RE (1989) Guide to the dissection of domestic ruminants . (4a ed) Habel RE, 233p.
19. Habermehl KH, Nickel R, Schummer A, Seiferle E (2005) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. Hamburg, Parey, 664p.

20. Hegazi, A.H. (1954) The heart of the cam el. *Brit Vet J*; 110: 104-108.
21. Hoffman E (2006) Classification, prehistory and history. En: Hoffman E. *The Complete Alpaca Book*. 2a ed. Santa Cruz, Bonny Doon Press, 3-32 p.
22. Kaldwell M, Fernandez M, Stanley HF, Baldi R, Wheeler JC, Rosadio R, Bruford M (2001) Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268:2575-2584.
23. Kanan CV (1971) Observations on the pattern and distribution of the coronary blood vessels of the camel (*Camelus dromedarius*). *Acta Morphol Neerl Scand*; 8: 321
24. König HE, Liebich HG (2015) *Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. 6a ed. Stuttgart, Schattauer, 790 p.
25. Lesbre FX (1903) *Recherches anatomiques sur les camélidés*. *Arch Mus Hist Nat Lyon*; 8: 1-196
26. Lima M, Méndez V, Pérez W (2009) Anatomía Macroscópica del Corazón en el Canguro Gris Occidental (*Macropus fuliginosus*). *Int J Morphol*; 27: 1099-1104.
27. Liu S, Fox PR y Tilley LP (1982) Excessive moderator bands in the left ventricle of 21 cats. *J Am Vet Med Assoc*; 180: 1215-1219.
28. López A, Maiztegui J, Cabrera R (1998) Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (*Lama pacos*). *Small Rum Res*; 29: 295-301.
29. Nawal SO, Osman DI, Abda Ila AB (2002) The morphology of the heart of the dromedary. *Sud J Vet Sci Anim Husbandry*; 41(1&2): 1- 13.
30. Nómima Anatómica Veterinaria (2012) *International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (I.C.V.G.A.N.)* 5a ed. Disponible en: [http://www.wava-amav.org/Downloads/nav\\_2012.pdf](http://www.wava-amav.org/Downloads/nav_2012.pdf) (fecha de consulta: 10 June 2016).

31. Ozbag D, Gumusalan, Demirant A (2005) The comparative investigation of morphology of papillary muscles of left ventricle in different species. *Int J Clin Prac*; 59: 529-536
32. Ozgel O, Dursun N (2005) The arterial vascularization of septum interventriculare in donkeys (*Equus asinus* L.). *Anat Histol Embryol*; 34: 80-84.
33. Parraguez VH, Thénot M, Latorre E, Ferrando G, Raggi LA (2003) Milk composition in alpaca (Lama Pacos): Comparative study in two regions of Chile. *Arch. Zootec*; 52:431-439.
34. Pérez W, Erdoğan S (2014) Arterial thoracic vascularization in some deer species: Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*), Brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*) and Axis deer (*Axis axis*). *Anat Histol Embryol*; 43: 490-494.
35. Pérez W, Lima M (2006) Cardiac anatomy of the *Pontoporia blainvillei*. *Int J Morphol*; 24: 351-357
36. Pérez W, Katz H, Lima M (2008) Gross heart anatomy of *Arctocephalus australis* (Zimmerman, 1783). *Anat Sci Int*; 83: 6-10.
37. Pérez W, Lima, M (2010) Distribución de las arterias coronarias en el rinoceronte blanco (*Ceratotherium simum*). *Int J Morphol*; 28: 811-814
38. Poser H, Dalla Pria, A, De Benedictis G. M, Stelletta C, Berlanda M, Guglielmini C (2015) Ventricular septal defect and double-chambered right ventricle in an alpaca. *J Vet Cardiol*; 17: 71-76.

39. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ (1987) *Anatomy of the dromedary*. Oxford University Press.
40. Stanley HF, Kadwell M, Wheeler JC (1994) Molecular evolution of the family Camelidae: a mitochondrial study. *Proc R Soc Lond B* 256, 1- 6.
41. Taha AAM y Abdel-Magied EM (1996) The coronary arteries of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Anat Histol Embryol*; 25: 295-299.
42. Truex RC, Warshaw LJ (1942) The incidence and size of the moderator band in man and mammals. *Anat Rec*; 82: 361-372.
43. Wheeler JC, Russel AJF y Redden H (1995) Llamas and alpacas: pre-conquest breeds and post-conquest hybrids. *J Archaeol Sci*; 22: 833-840.
44. Yuan G, Ma J, Ye W, Bai Zy Wang J (2009) Macroanatomy of coronary arteries in Bactrian camel (*Camelus bactrianus*). *Vet Res Commun*; 33: 367-377.