

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i16.0126>

Arquitectura histológica del cayado aórtico en tres especies: implicaciones para investigación cardiovascular comparada

Histological architecture of the aortic arch in three species: implications for comparative cardiovascular research

Cedeño-Zavala Karelys Brigitte ¹; Vega-Herrera Ángeles Milena ²;
Intriago-Muñoz Vicente Alejandro ³; Vines-Gilces Ángel Yovanny ⁴

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.
Correo: karelys.cedeno@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3757-6248>

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.
Correo: angeles.vega@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-0203-6601>

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.
Correo: vicente.intriago@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5583-0672>

⁴ Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
Correo: drangelvines@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-1348-3651>

Resumen

La arteria aorta es un componente esencial del sistema cardiovascular, que varía significativamente entre especies y se adapta a las demandas hemodinámicas específicas de cada organismo. Este trabajo tuvo como objetivo realizar la descripción comparativa de las características histológicas del cayado aórtico en bovinos, porcinos y humanos. Las muestras fueron obtenidas del centro de faenamiento del cantón Bolívar, Manabí-Ecuador, procesadas en un laboratorio anatomopatológico en la ciudad de Portoviejo, y observadas mediante un microscopio digital (ABAXIS 3000-LED Series). Los resultados mostraron que los diámetros promedios fueron $2,68 \pm 0,70$ cm en bovinos, $1,92 \pm 0,48$ cm en porcinos y $2,35 \pm 0,35$ cm en humanos. En su histología, la túnica íntima humana con células endoteliales poligonales, en bovinos núcleos fusiformes y membrana elástica interna en porcinos, la túnica media humana fibras elásticas fenestradas, en bovinos capas múltiples y compactas y en porcinos fibras colágenas con bandas elásticas poco definidas, mientras que en la túnica externa humana fue fibroelástica con vasa vasorum, densa en bovinos y laxa con colágeno abundante en porcinos. Por lo que se concluye que el cerdo, con características histológicas y morfométricas más cercanas al humano es un modelo experimental preferente para estudios vasculares.

Palabras clave: arteria aorta, bovinos, histología, humano, porcinos.

Abstract

The aorta is an essential component of the cardiovascular system and it varies significantly between species and adapts to the specific hemodynamic demands of each organism. This study aimed to provide a comparative description of the histological characteristics of the aortic arch in cattle, pigs, and humans. The samples were obtained from a slaughterhouse in the Bolívar cantón in Manabí, Ecuador, processed in a pathology laboratory, and observed using a digital microscope (ABAXIS 3000-LED Series). The average diameters measured were $2,68 \pm 0,70$ cm in cattle, $1,92 \pm 0,48$ cm in pigs and $2,35 \pm 0,35$ cm in humans. Histologically, the human tunica intima exhibited polygonal endothelial cells, in cattle, fusiform nuclei, and pigs presented and internal elastic membrane. The tunica media in humans displayed fenestrated elastic fibers, cattle had multiple compact layers, and pigs exhibited collagen fibers with poorly defined elastic bands. The tunica adventitia was fibroelastic with vasa vasorum in humans, dense in cattle, and loose with

175

Fecha de recepción: 09 de abril de 2025; **Fecha de aceptación:** 18 de junio de 2025; **Fecha de publicación:** 09 de julio del 2025.



abundant collagen in pigs. It is concluded that the pig, due to its histological and morphometric similarity to humans, represents a preferred experimental model for vascular studies.

Keywords: aorta artery, cattle, histology, human, pigs.

1. Introducción

La arteria aorta es un componente esencial del sistema cardiovascular, responsable de transportar sangre oxigenada desde el corazón hacia los tejidos de todo el cuerpo. Microscópicamente está dispuesta en tres capas concéntricas: la túnica íntima, túnica media y túnica adventicia. Según el tamaño y estructura histológica, el sistema arterial se clasifica en grandes arterias elásticas, arterias musculares de calibre mediano y pequeño, y arteriolas (Mitchell & Halushka, 2020; Robinson & Robinson, 2016).

Su relevancia radica no solo en su fisiología, sino también en su estructura histológica, que varía significativamente entre especies y se adapta a las demandas hemodinámicas específicas de cada organismo (Mitchell & Halushka, 2020; Shakuntala et al., 2016). Estas características han convertido a la aorta en un objeto de estudio fundamental tanto en la medicina comparativa como en la investigación biomédica.

Estudios como el de Calvo-Sánchez et al. (2024) describen una superficie íntima corrugada de la aorta torácica en cabras y ovejas, considerada un fenómeno fisiológico más no patológico. Sin embargo, Martín & Sun (2012) y Martín et al. (2011) evidencian diferencias histológicas y funcionales entre especies, en la que destacan las diferencias materiales y estructurales entre los tejidos aórticos humanos y porcinos envejecidos, por lo que los modelos porcinos pueden no representar con precisión los tejidos aórticos humanos.

En humanos, las capas de la aorta, especialmente la túnica íntima, son susceptibles a lesiones ateroscleróticas y otras alteraciones asociadas al envejecimiento y a factores de riesgo como hipertensión y obesidad.

Los modelos animales más comunes para estudiar el remodelado cardíaco adverso (Constricción aórtica transversa, TAC), como ratones y ratas, presentan una considerable variabilidad

metodológica y diferencias anatómicas entre especies, lo cual limita su aplicabilidad a humanos (Bosch et al., 2021). En cambio, aunque existen modelos en especies mayores como bovinos y porcinos, los cuales muestran similitudes macroscópicas con la anatomía humana, pero existe una falta de descripciones histológicas detalladas al arco aórtico en estos animales (Wang et al., 2024; Srinivas et al., 2022; Davis et al., 2019).

Muchos animales desarrollados para estudios como aneurismas aórticos, torácicos o abdominales presentan limitaciones debido a diferencias entre especie en factores de riesgo y estructura anatómica (Tian et al., 2025).

Además de otras recopilaciones de diferentes investigaciones en distintas especies (Awad et al., 2021; Skotsimara et al., 2022; Espínola et al., 2023; Rosalia et al., 2024), se sugiere ampliar los conocimientos sobre una descripción detallada de la estructura del arco aórtico en bovino y cerdos adultos, debido a que, no existen estudios específicos que lo detallen de manera exclusiva.

Comprender las diferencias histológicas resulta fundamental para reconocer las adaptaciones evolutivas en las especies animales y mejorar la selección correcta de modelos animales para estudios cardíacos relacionados con la vascularización y detección de anomalías en los tejidos. Asimismo, contribuir al desarrollo de dispositivos, terapias y procedimientos quirúrgicos más seguros y eficaces en el área de biomedicina.

El objetivo de esta investigación es describir comparativamente las características histológicas del cayado aórtico en bovinos, porcinos y humanos, con el fin de aportar al conocimiento estructural y patológico cardiovascular, lo cual representa una contribución de crucial importancia para la comprensión de la estructura y función del cayado de la aorta de estas especies animales, que resultará esencial para la medicina veterinaria y para la investigación traslacional, además de proveer bases sólidas para futuras investigaciones.

2. Metodología (materiales y métodos)

Este estudio se basó en un diseño descriptivo-comparativo, no experimental, enfocado en el análisis histológico del cayado aórtico en

bovinos (*Bos Taurus*), porcinos (*Sus scrofa domestica*) y humanos (*Homo sapiens*).

2.1. Obtención y preparación de muestras

Las muestras de bovinos y porcinos (n=5 por especie) fueron tomadas de animales faenados en el centro de faenamiento de Calceta-Ecuador (0°50 '45" S 80°9.833' O), donde se seleccionaron animales clínicamente sanos (independiente de la edad, peso, raza o sexo) verificados mediante examen veterinario pre-mortem y se descartaron aquellos con lesiones cardiovasculares macroscópicas. Los segmentos aórticos (5 cm de longitud) se extrajeron post-mortem con instrumental estéril y se fijaron en formaldehído tamponado al 10% durante 48 horas siguiendo protocolos

estandarizados para perseveración tisular (Comanescu et al., 2012).

Se procedió a realizar el examen macroscópico con la observación de su morfología y dimensiones, seguidamente se realizó pequeños cortes en secciones transversales utilizando un bisturí #22, y se procedió a introducirlos en un casete de plástico, por último, se coloca los casetes en vasos clínicos con formol.

Posteriormente, fueron enviadas al laboratorio Anatomopatológico Dr. Ángel Vines Gilces en la ciudad de Portoviejo-Manabí, donde fueron procesadas e incluidas en parafinas, cortadas en secciones de 2 µm y teñidas con hematoxilina-eosina (H&E) para una visualización general de su histomorfología; los detalles específicos del procedimiento se detallan en la siguiente tabla (Tabla1).

Tabla 1. Etapas del procesamiento histológico

Etapas	Tiempo estimado	Temperatura
1. Cortes y casetes	Inmediato	Ambiente
2. Procesamiento automático: deshidratación	10-15 h (1-2 h por paso)	Ambiente
3. Aclaramiento (Xilol x2)	10 min	Ambiente
4. Infiltración con parafina	2-3 h	58-62 °C
5. Inclusión en bloques de parafina	5-10 min	4 °C

6. Corte en micrótomo	Variable	Ambiente
7. Secado de láminas	30-60 min	58-60 °C
8. Desparafinización (Xilol x2)	10 min	Ambiente
9. Rehidratación (Alcoholes 100%, 95%, 70% + Agua)	5-10 min	Ambiente
10. Tinción H&E ((Hematoxilina y Eosina)	10-15 min	Ambiente
11. Deshidratación final (Alcoholes - Xileno)	10 min	Ambiente
12. Montaje de lámina	Inmediato	Ambiente

2.2. Examen histológico

Las muestras teñidas fueron observadas con un microscopio digital (ABAXIS 3000-LED Series) utilizando los lentes 4x y 40x, con el objetivo de identificar las tres tunicas del arco aórtico (íntima, media y externa) después se procedió a capturar imágenes de las muestras en las que se observen primero las tres capas y después cada túnica de manera individual.

Las muestras humanas proceden de estudios previos o de literatura(s) (Geneser, et al., 2015; Kierszenbaum & Tres, 2020; Ross & Pawlina, 2012) con consentimiento ético, garantizando la anonimización de datos. Cabe señalar, que la información proveniente de la literatura en seres humanos presenta limitaciones metodológicas para su

comparación directa con bovinos y porcinos, debido a posibles diferencias en técnicas de procesamiento histológico, variaciones anatómicas y fisiológicas entre especies, así como los criterios de medición y los métodos utilizados por distintos autores.

3. Resultados y discusión

La evaluación macroscópica del cayado aórtico incluyó el registro del diámetro en bovinos y porcinos, en la siguiente tabla (tabla 2) se presentan los valores promedios $\pm$ desviación estándar para cada una de estas variables. El análisis estadístico se realizó mediante una prueba t para muestras independientes, utilizando el software InfoStat (versión 2020), antes de realizar este análisis se aplica la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de las varianzas, la cual

no mostró diferencias significativas en el diámetro ($p=0,3116$), por consiguiente, se utilizó la prueba t de Student asumiendo varianzas iguales, lo que se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre especies ($p=0,0275$).

Tabla 2. Mediciones del diámetro macroscópico del arco aórtico

Evaluación macroscópica			
	Diámetro (cm) Media $\pm$ DE	pHomVar	p-valor
Bovinos	2,68 $\pm$ 0,70	0,3116	0,0275
Porcinos	1,92 $\pm$ 0,48		

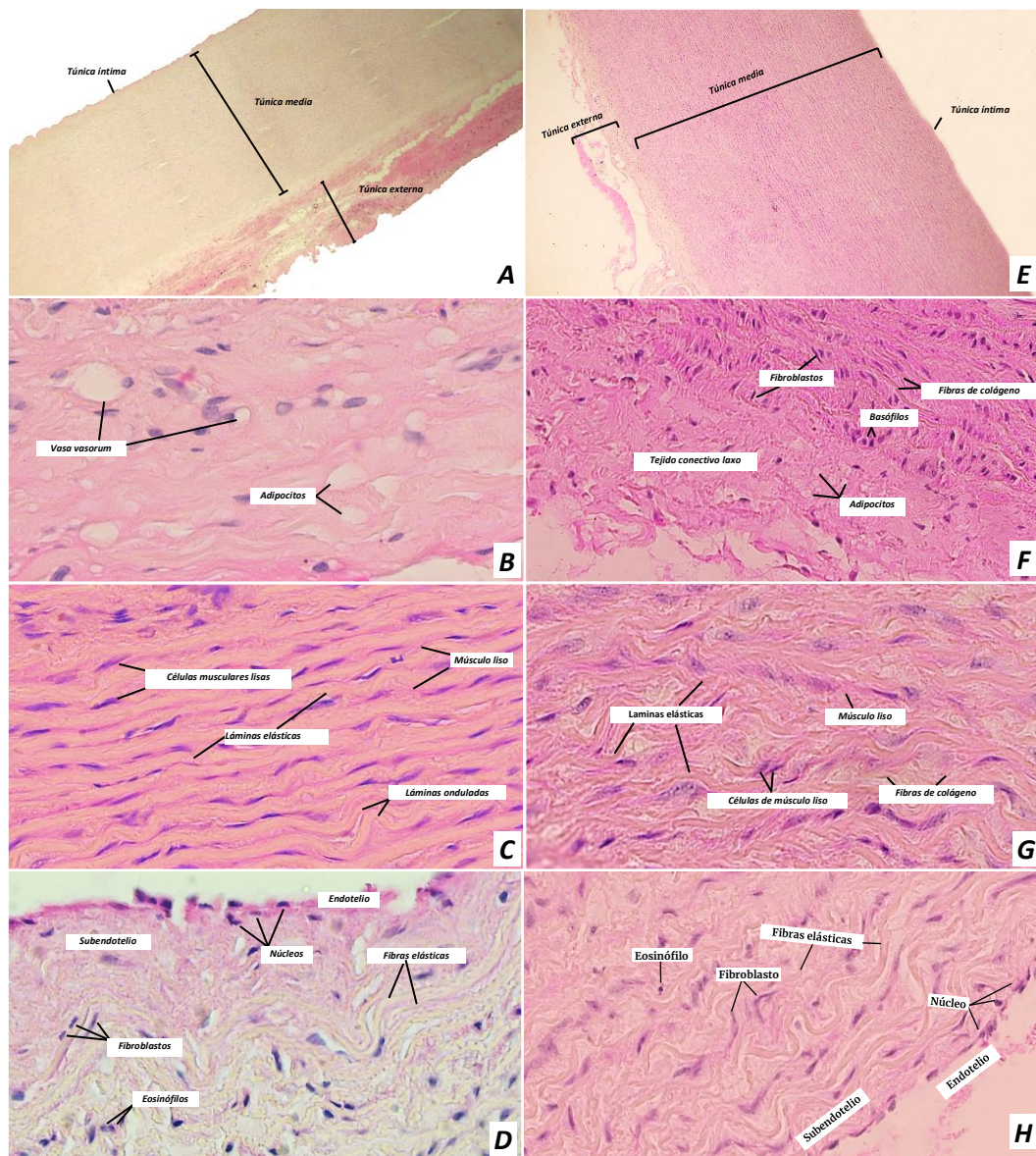
Nota. Media $\pm$ DE (desviación estándar). Prueba t de Student para muestras independientes. Valor de la prueba de Levene para igualdad de varianzas (pHomVar). Diferencias significativas consideradas con $p < 0,05$.

Se analizaron las imágenes histológicas para describir de manera precisa las capas de la pared arterial, identificando diferencias y similitudes estructurales entre las especies.

fibras elásticas, pocos eosinófilos, fibroblastos con núcleo aplanados y lámina elástica fenestrada (poco visible).

En la Figura 1 correspondiente a las muestras de los porcinos se observó una estructura histológica bien conservada del arco aórtico (vista general). La túnica adventicia se caracterizó por un tejido laxo conectivo con fibras colágenas (rosadas) fibroblastos con núcleo elongado, basófilos, adipocitos y vasa vasorum, mientras que la túnica media presentó células musculares lisas, bandas eosinófilas poco definidas (fibras elásticas) y fibras de colágeno intercaladas entre las fibras musculares, por última la túnica íntima se evidencia una membrana elástica interna, células planas con núcleos ovalados o fusiformes teñidos de púrpura oscuro,

Fig. 1. Fotomicrografías de corte transversal del arco aórtico de los porcinos, teñidas con hematoxilina-eosina (H&E). Vista general de las tres túnicas con lente de 4x (A, E). Túnica adventicia (externa) (B, F), túnica media (C, G) y túnica íntima (D, H), todas con lente 40x.



En cuanto a las muestras de la especie bovina cabe destacar que estas no fue posible obtener una vista general de las tres capas en una sola toma debido al grosor de la pared aórtica, por lo que se optó por capturar dos tomas generales por muestra: una que se visualice la túnica íntima y media, y otra en la túnica

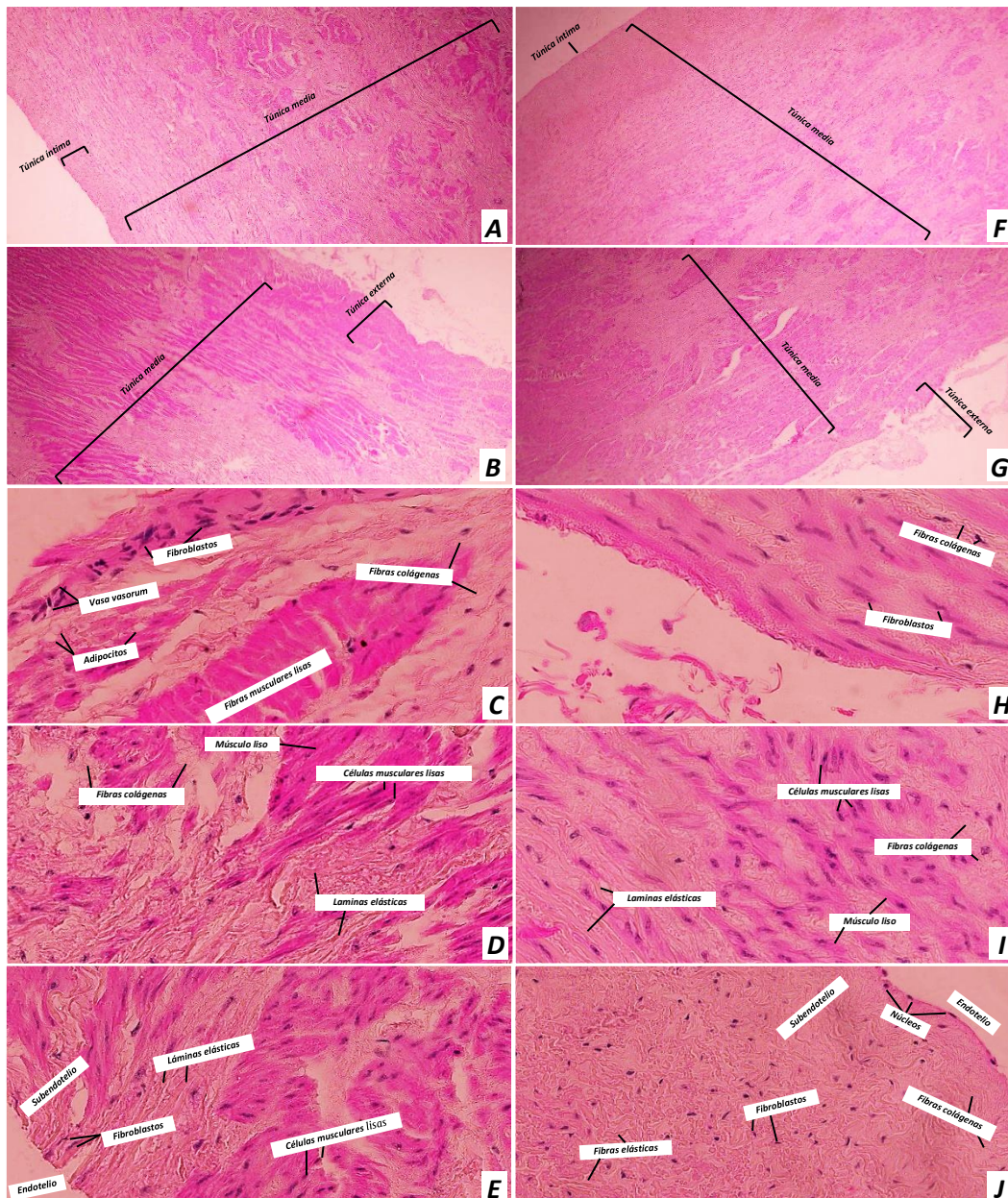
media y externa, realizadas con aumento/lente 4x.

En la Figura 2, de los bovinos se observa las vistas generales del arco aórtico. Se detalla de cada una de las túnicas: la túnica externa caracterizada por fibras colágenas (rosadas), fibroblastos con núcleos alargados, tejido conectivo

denso, eosinófilo, adipocitos y pocos vasa vasorum; la túnica media con predominio de fibras musculares lisas e islas musculares en la parte externa, células musculares lisas con núcleos fusiformes (morado oscuro), múltiples capas concéntricas de fibras elásticas y

fibras colágenas; mientras que, la túnica íntima destaca un endotelio continuo formado por una monocapa de núcleos fusiformes, basófilos, tejido conectivo laxo, fibroblastos y pocas fibras colágenas.

Fig. 2. Fotomicrografías de corte transversal del arco aórtico de los bovinos, teñidos con hematoxilina-eosina. Túnica íntima y túnica media (A, F) y túnica media y túnica adventicia (externa) ambas con lente 4x (B, G). Túnica adventicia (externa) (C, H), túnica media (D, I) y túnica íntima (E, J), todas con lente 40x.



En cuanto a la descripción de las capas de la aorta en humanos, según Genser et al. (2015) la túnica íntima es relativamente delgada y está compuesta por células endoteliales poligonales y aplanadas, que descansan sobre una lámina basal que separa el endotelio del tejido conectivo laxo subyacente, a su vez Kierszenbaum y Tres (2020) detallan que la túnica media en humanos, presentan grandes cantidades de capas elásticas fenestradas, con haces de células musculares lisas que se

extienden por los estrechos espacios de entre las laminillas elásticas, sintetizando fibras elásticas y de colágeno. Mientras que la túnica externa de acuerdo con Gartner (2021) está conformada por una capa delgada de tejido conjuntivo fibroelástico, vasa vasorum, vasos linfáticos y fibras nerviosas.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo (Tabla 3) entre las especies en estudio:

Tabla 3. Comparación histológica del arco aórtico entre las especies

Características	Humano	Bovino	Porcino
Túnica íntima	Capa delgada, con células endoteliales poligonales y aplanadas sobre lámina basal.	Endotelio continuo de núcleos fusiformes y basófilos; tejido conectivo laxo con fibroblastos y pocas fibras colágenas.	Membrana elástica interna presente; células planas con núcleo ovalados o fusiformes; fibras elásticas y fibroblastos con núcleos aplanados.
Túnica media	Capas fenestradas de fibras elásticas con haces de músculo liso entre ellas; producción de colágeno y elastina.	Múltiples capas concéntricas de fibras elásticas; predominio de músculo liso con núcleos fusiformes; islas musculares en la parte externa.	Células musculares lisas; fibras de colágeno y bandas elásticas poco definidas intercaladas.
Túnica adventicia	Tejido fibroelástico con vasa vasorum, vasos linfáticos y fibras nerviosas.	Tejido conectivo denso con fibras colágenas, fibroblastos de núcleos alargados, eosinófilos, adipocitos y pocos vasa vasorum.	Tejido conectivo laxo, colágenos abundantes, fibroblastos, adipocitos, vasa vasorum evidentes.

Discusión

La comparación del diámetro del cayado aórtico entre especies evidencia diferencias morfológicas de interés anatómico y funcional. Los valores obtenidos sobre el diámetro promedio en bovinos ($2,68 \pm 0,70$) y porcinos ($1,92 \pm 0,48$) mostró diferencias respecto al valor detallado en humanos ($2,35 \pm 0,35$) por Carrero et al. (2020). El diámetro en bovinos resultó ser ligeramente mayor y presentó variabilidad alta, en cambio en porcinos fue algo menos, sin embargo se mantuvo dentro de un rango cercano al humano. Esta similitud relativa entre humanos y porcinos probablemente se deba a adaptaciones y funcionales semejantes, lo que justifica su uso como modelo experimental en investigaciones cardiovasculares debido a su semejanza morfológica que presenta su estructura vascular con la humana.

El análisis histológico comparativo en bovinos, porcinos y humanos muestran diferencias y similitudes notables. En bovinos, la túnica íntima es más desarrollada, mientras que la túnica media está formada por láminas elásticas gruesas e islas musculares en su parte externa, lo cual coincide con lo reportado por Sánchez (2019) en

rumiantes domésticos, por último, su túnica externa es más robusta brindando un soporte significativo al vaso.

En porcinos, la túnica íntima es más delgada y homogénea, lo que favorece a un flujo sanguíneo laminar, en cuanto a su túnica media sus laminas elásticas son más finas y numerosas, este hallazgo también ha sido reportado por Martin & Sun (2012), y su túnica externa al igual que el humano son de menor grosor.

Los hallazgos obtenidos coinciden con estudios experimentales que emplean modelos animales para estudiar la estructura y funcionalidad de la aorta. Esto se evidencia en Cabrera-Vargas et al. (2024) que reportaron la utilización exitosa de un modelo porcino cadavérico en el cual diseñaron un dispositivo para el retiro de endoprótesis aórticas de manera segura, destacando así la similitud histológica con la aorta humana en términos de grosor de pared y composición de túnicas, lo que coincide con nuestras observaciones en porcinos.

La similitud anatómica entre porcinos y humanos en el sistema vascular han promovido a la realización de estudios como lo son el de Vargas et al. (2020) analizando la longitud y diámetro de las arterias coronarias, encontrando alta

similitud anatómica entre ambas especies, reforzando así el estudio de Cabrera-Vargas et al. (2024), además, de respaldar la utilización del cerdo como modelo experimental debido a su semejanza morfológica, por lo cual nuestros resultados histológicos refuerzan esta relación debido a que se identificaron características estructurales similares en la aorta de las dos especies. No obstante, los autores señalan la escasa información sobre la dominancia arterial en corazones porcinos.

Por otro lado, Bravo-Reyna et al. (2024) realizan una revisión de los modelos animales utilizados para investigaciones de aneurismas aórticos torácicos y abdominales destacando la utilidad de grandes especies (cerdos y ovejas) en la evaluación de nuevos dispositivos endovasculares, al igual que Yazdani et al. (2013) describen las implantaciones de stents en las arterias coronarias porcinas presentan una reendotelización más rápida que en humanos, reforzando así su valor como modelo experimental.

Los resultados de las características histológicas del porcino muestran similitud estructural de la aorta con el humano, lo que respalda como modelo

experimental en investigaciones cardiovasculares, en coincidencia con los hallazgos de Beslika et al. (2024) y Busch et al. (2021) quienes destacan las ventajas del cerdo en comparación con modelos murinos (ratones o ratas) debido a su característica vascular más cercana a la humana. En comparación con la aorta bovina debido a su grosor y robustez respaldan su uso en ensayos de dispositivos vasculares, como lo indican Georges et al. (2023), mientras que la fisiología y el tamaño del cerdo sería un modelo ideal para su aplicación en técnicas como REBOA, según lo reportado por Russo et al. (2021).

A pesar de que los estudios mencionados respaldan el uso del porcino como modelo animal debido a que su estructura de la aorta es lo más similar al de los humanos, no se deben descartar ciertas limitaciones indicadas en la literatura (Martín et al., 2011; Tian et al., 2025), incluso modelos útiles como los conejos que utilizaron Espínola et al. (2023) podrían no ser similares a la arquitectura aórtica de especies de mayor tamaño.

A pesar de los avances significativos alcanzados, existieron algunas limitaciones entre las cuales está: el

tamaño reducido de la muestra restringe la posibilidad de generalizar los resultados, además de la falta de muestras humanas propias podrían afectar los resultados de las comparaciones en lo que respecta a la conservación y el procedimiento del tejido. Por otra parte, el uso exclusivo de la tinción hematoxilina-eosina limitó la identificación de ciertos componentes celulares o fibrilares que podrían haber aportado mayor profundidad al análisis.

Es por esto, que se recomienda realizar estudios específicos que incorporen técnicas como la inmunohistoquímica y otras tinciones especializadas para caracterizar con mayor detalle la composición del tejido aórtico y su relación con enfermedades cardiovasculares humanas. Además, que futuras investigaciones incluyan análisis estadísticos que permitan cuantificar con mayor precisión el grosor de cada túnica y considerar variables como edad, peso, sexo o raza, con el fin de destacar si estás podrían influir en los resultados.

4. Conclusiones

Se observaron diferencias morfológicas significativas en el cayado aórtico entre bovinos, porcinos y humanos, tanto en la

estructura histológica como en el diámetro vascular. El cerdo demostró $1,92 \pm 0,48$ cercano al de humanos ($2,35 \pm 0,35$), lo que lo convierte en un modelo experimental apropiado para investigaciones cardiovasculares. En cambio, los bovinos presentaron un diámetro mayor ($2,68 \pm 0,70$) y una pared vascular más gruesa, lo que sugiere una adaptación a su gran tamaño corporal, así como su posible utilidad en ensayos de dispositivos vasculares.

Estos hallazgos aportan evidencia descriptiva para futuras investigaciones anatómicas y preclínicas.

Bibliografía

- Awad, H., Efanov, A., Rajan, J., Denney, A., Gigax, B., Kobalka, P., Kelame, H., Basso, D. M., Bozinovski, J. & Tili, E. (2021). Histological Findings After Aortic Cross-Clamping in Preclinical Animal Models. *Journal Of Neuropathology & Experimental Neurology*, 80(10), 895-911. <https://doi.org/10.1093/jnen/nla b084>
- Beslika, E., Leite-Moreira, A., De Windt, L. J., & Da Costa Martins, P. A. (2024). Large animal models of pressure overload-induced cardiac left ventricular hypertrophy to study remodelling of the human heart

- with aortic stenosis. Cardiovascular Research, 120(5), 461-475.
<https://doi.org/10.1093/cvr/cva045>
- Bosch, L., De Haan, J. J., Bastemeijer, M., Van der Burg, J., Van der Worp, E., Wesseling, M., Viola, M., Odille, C., El Azzouzi, H., Pasterkamp, G., Sluijter, J. P., Wever, K. E. & De Jager, S. C. (2021). The transverse aortic constriction heart failure animal model: a systematic review and meta-analysis. Heart Fail Rev, 26, 1515–1524.
<https://doi.org/10.1007/s10741-020-09960-w>
- Bravo-Reyna, C. C., Mejía-Cervantes, J., Verduzco-Vázquez, A. T., Sánchez-Rodríguez, C. C., Medina-Velázquez, L. A., Gómez-Vergara, V., Hinojosa, C. A. y Anaya-Ayala, J. E. (2024). Desarrollo, técnicas y utilidad de modelos animales experimentales de aneurismas aórticos torácicos y abdominales. Archivos de Cardiología de México, 94(3), 373-380.
<https://doi.org/10.24875/acm.23000180>
- Busch, A., Bleichert, S., Ibrahim, N., Wortmann, M., Eckstein, H., Brostjan, C., Wagenhäuser, M. U., Goergen, C. J. & Maegdefessel, L. (2021). Translating mouse models of abdominal aortic aneurysm to the translational needs of vascular surgery. JVS Vascular Science, 2, 219-234.
<https://doi.org/10.1016/j.jvssci.2021.01.002>
- Cabrera-Vargas, L., Iván, L., Forero-Ramírez, N., y Thorne-Vélez, H. (2024). Explantador de Cabrera: un nuevo dispositivo para explantar endoprótesis aórticas después de reparo endovascular de aneurisma de aorta, un estudio experimental ex vivo. Revista Colombiana de Cirugía, 39(4), 585-594.
<https://doi.org/10.30944/20117582.2496>
- Calvo-Sánchez, N., Rodríguez-Largo, A., Puzol, L., De Miguel, R., Pérez, E., Gómez, A., Micheloud, J. F. & Luján, L. (2024). Corrugated intimal surface of the ovine aorta: when physiology resembles pathology. Journal of Comparative Pathology, 211, 8-11.
<https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2024.03.207>
- Carrero, M. C., Constantín, I., Benger, J., Asch, F. M., Cintora, F., Makhoul, S., Baratta, S. y Bagnati, R. (2020). Valores normales de aorta torácica por ecocardiografía. Registro MATEAR (Medición de Aorta Torácica por Ecocardiografía en Argentina. Revista Argentina de Cardiología., 88(1), 14-25.

- <https://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v88.i1.17194>
- Comanescu, M., Annaratone, L., D'Armento, G., Cardos, G., Sapino, A., y Bussolati, G. (2012). Pasos críticos en el procesamiento de tejidos en histopatología. *Open Journal of Histology*, 6(1), 22–32. doi:10.2174/187221512799303190
- Davis, F. M., Daugherty, A., & Lu, H. S. (2019). Updates of Recent Aortic Aneurysm Research. *Arteriosclerosis Thrombosis And Vascular Biology*, 39(3). <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.119.31200>
- Espínola, M. F., Andani, E. P., Velasco, A. C., & Hernández, M. M. (2023). Animal model for assessing collateral vein sealing with energy-based devices in revascularization surgery. *Angiología*, 75(4), 218-227. <https://doi.org/10.20960/angiologia.00483>
- Gartner, L. (2021). Sistema circulatorio. En *Textbook of Histology*, 5th Edition (págs. 287-290). Philadelphia: Elsevier.
- Geneser, F., Brüel, A., Christensen, E., Trantum-Jensen, J., & Qvortrup, K. (2015). Aparato Circulatorio. En Geneser, *Histología*. 4.ª ed (págs. 377-379). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Georges, G., Couture, T., & Voisine, P. (2023). Assessment of Large Animal Vascular Dimensions for Intra-Aortic Device Research and Development: A Systematic Review. *Innovations Technology And Techniques In Cardiothoracic And Vascular Surgery*, 18(2), 144-151. <https://doi.org/10.1177/15569845231164134>
- Kierszenbaum, A., & Tres, L. (2020). Sistema Cardiovascular. En *Histología y biología celular: Introducción a la anatomía patológica* (págs. 421-425). Barcelona: Elsevier España.
- Martín, C., & Sun, W. (2012). Biomechanical characterization of aortic valve tissue in humans and common animal models. *Journal Of Biomedical Materials Research Part A*, 100(6), 1591–1599. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.34099>
- Martín, C., Pham, T., & Sun, W. (2011). Significant differences in the material properties between aged human and porcine aortic tissues. *European Journal Of Cardio-Thoracic Surgery*, 40(1), 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.08.056>
- Mitchell, R. N., & Halushka, M. K. (2020). Blood vessels. En M. K. Mitchell, *Robbins & Cotran Pathologic Basis of Disease*, 10th Edition

- (págs. 463–506). Philadelphia: Elsevier.
- Robinson, W. F., & Robinson, N. A. (2016). Cardiovascular system. En M. Maxie, Pathology of domestic animals. 6.ª ed (págs. 1–101). St. Louis: Elsevier.
- Rosalía, L. W., Beatty, R. W., Goergen, C. J., & Roche, E. T. (2024). Soft robotic platform for progressive and reversible aortic constriction in a small-animal model. *Science Robotics*, 9(91). <https://doi.org/10.1126/scirobotics.adj9769>
- Ross, M., & Pawlina, W. (2012). Sistema Cardiovascular. En *Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular*. 6.ª ed. (págs. 410-417). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Russo, R. M., White, J. M., & Baer, D. G. (2021). Partial Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta: A Systematic Review of the Preclinical and Clinical Literature. *Journal Of Surgical Research*, 262, 101-114. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.12.054>
- Sánchez, A. (2019). Estudio comparativo de la estructura histológica de la aorta en rumiantes. [Trabajo de Fin de Grado]. Obtenido de Universidad de Zaragoza, Zaragoza: <https://zaguan.unizar.es/record/85124?ln=es#>.
- Shakuntala, N., Krishna, K., Sujatha, K., & Krishna, H. R. (2016). Aortic arch arteries in man and domestic animals: a comparative study. *International Journal Of Anatomy And Research*, 4(4.2), 3087-3091. <https://doi.org/10.16965/ijar.2016.409>
- Srinivas, A., Yij, M., & Smith, J. A. (2022). Comparative Review of Large Animal Models for Suitability of Proximal Aortic Endovascular Repair. *International Journal Of Medical Students*, 10(2), 185–191. <https://doi.org/10.5195/ijms.2022.763>
- Tian, K., Malik, F., & Zhao, S. (2025). Animal models for abdominal aortic aneurysms: Where we are and where we need to go. *Animal Models And Experimental Medicine*. <https://doi.org/10.1002/ame2.12572>
- Vargas, D., Camacho, J., Alvarado, L., Cuervo, Ó., Leguizamón, L., Triviño, A., Diaz, L. y Quijano, Y. (2020). Caracterización de las arterias coronarias en corazón de porcino como modelo anatómico didáctico en estudiantes del área de la salud. *Morfología*, 12, 56-74. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/5c9382a8-dd0e-48cf-98f9-1786c22b3ad2/content>

Wang, Y., Panicker, I. S., Anesi, J., Sargisson, O., Atchison, B., & Habenicht, A. J. (2024). Animal Models, Pathogenesis, and Potential Treatment of Thoracic Aortic Aneurysm. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2), 901. <https://doi.org/10.3390/ijms25020901>

Yazdani, S. K., Nakano, M., Otsuka, F., Kolodgie, F. D., & Virmani, R. (2013). Modelos animales de reparación vascular y reendotelización. *Revista Española de Cardiología Suplementos*, 20-28. [https://doi.org/10.1016/S1131-3587\(13\)70089-X](https://doi.org/10.1016/S1131-3587(13)70089-X)