



# Revista

Panamericana de Morfología

Art.¿Desde cuándo existe la  
neurociencia y los neurocientíficos?  
Fig.2

**Vol 3. Número 9 | enero-abril 2025**

Mesa Directiva 2025-2026 · Año académico Dra. Dora Virginia Chavez Corral

Editorial Archivos Mexicanos de Anatomía desde 1960

## CONSEJO EDITORIAL

**Editor Honorario:** Sebastián Manuel Arteaga Martínez

**Editor en jefe:** Roberto Carlos Lazzarini Lechuga

**Asistente editorial:** Brenda Romero Flores

**Coeditores:** René Rodríguez Vega  
Alfonso Francisco Ponce Reyes  
María Isabel García Peláez  
Francisco Raúl Barroso Villafuerte

**Diseñadora:** Josie Rebeca Alfaro González

## Comité Editorial

Adolfo Soto Domínguez (Mex)  
Alfonso Francisco Ponce Reyes (Mex)  
Andrés Castell Rodríguez (Mex)  
Antonio Soto Paulino (Mex)  
Ariel Farit Gutiérrez Alexander (Mex)  
Armando Pérez Torres (Mex)  
Blas Antonio Medina Ruiz (Par)  
César Aguilar Torres (Mex)  
Dora Virginia Chávez Corral (Mex)  
Diego Pineda Martínez (Mex)  
Eduardo Agustín Godínez (Mex)  
Germán Isauro Garrido Fariña (Mex)  
Héctor Orlando Guzmán Duchén (Bol)  
Ismael Herrera Vázquez (Mex)  
Jaime Jesús Martínez Anda (Mex)  
Jessica González Fernández (CR)  
Jorge Moscol Gonzáles (Per)  
José Darío Rojas Oviedo (Col)  
José Guadalupe de Jesús Arriaga García (Mex)  
José Ramón Sañudo Tejero (Esp)

José Rogelio Lozano Sánchez (Mex)  
Lorena González Vadillo (Mex)  
Lorena Valencia Caballero (Mex)  
Luis Enrique Gómez Quiroz (Mex)  
Ma. Elena Samar Romani (Arg)  
Manuel A. Ángeles Castellanos (Mex)  
Marco Aurelio Guerrero Figueroa (Ecu)  
Mariano del Sol Calderón (Chi)  
Mario Murguía Pérez (Mex)  
Miguel Ángel Herrera Enríquez (Mex)  
Nicolás Ernesto Ottone (Chi)  
Norberto López Serna (Mex)  
Olivia Espinosa Vázquez (Mex)  
Ricardo Jorge Losardo (Arg)  
Richard Halti Cabral (Bra)  
Rodolfo Esteban Ávila Uliarte (Arg)  
Rodrigo Elizondo Omaña (Mex)  
Rubén Daniel Algieri (Arg)  
Rubén García Garza (Mex)  
Yolanda Salinas Álvarez (Mex)





<b>Presidente Honorario</b>	Dr. Manuel Granados y Navarrete
<b>Secretaría Patrimonial</b>	Dra. Isabel García Peláez
<b>Presidente</b>	Dr. René Vega Rodríguez
<b>Secretario</b>	Dr. Alfonso Francisco Ponce Reyes
<b>Tesorero</b>	Dr. Martín Benito Pinto Pineda German
<b>Primer Vocal</b>	Dr. Leopoldo Cinto Aguilar
<b>Segundo Vocal</b>	Dr. Antonio Soto Paulino
<b>Vocal de Anatomía</b>	Dr. Alberto Manuel Ángeles Castellanos
<b>Vocal de Anatomía</b>	Dr. Rodrigo Elizondo Omaña
<b>Vocal de Embriología</b>	Dr. Adrián García Cruz
<b>Vocal de Embriología</b>	Dra. Dora Virginia Chávez Corral
<b>Vocal de Histología</b>	Dr. Adolfo Soto Domínguez
<b>Vocal de Histología</b>	Dr. Eduardo Gómez Conde
<b>Vocal de Neuroanatomía</b>	Dr. José Guadalupe de Jesús Arriaga García
<b>Vocal de Neuroanatomía</b>	Dr. Daniel Álvarez Sandoval
<b>Vocal de Anatomía Quirúrgica</b>	Dr. Nicolás Lázaro Miguel
<b>Vocal de Anatomía Quirúrgica</b>	Dr. Julio César Viñas Dozal
<b>Vocal de Antropología</b>	Dra. Lorena Valencia Caballero
<b>Vocal de Antropología</b>	A.F. Julia Stephan Sánchez Torrijos
<b>Vocal de Investigación en Ciencias Morfológicas</b>	Dr. Adrián Manuel Verdines Pérez
<b>Vocal de Técnicas de Preservación</b>	Dr. Eric Alejandro González Sánchez
<b>Vocal de Microscopía y procesamiento de Imágenes</b>	Dr. Eduardo Agustín Godínez
<b>Vocal de Educación Médica</b>	Dra. Ana Elsa Velasco Loaeza
<b>Vocal de Historia y Filosofía de la Anatomía</b>	Dr. Ismael Herrera Vázquez
<b>Vocal de diseño, imagen y divulgación</b>	Lic. Josie Rebeca Alfaro González
<b>Vocal de Actualización Docente y Planeación Curricular</b>	Dr. Francisco Raúl Barroso Villafuerte
<b>Vocal por Integración de Morfo-Simulación</b>	Dr. Diego Pineda Martínez
<b>Vocal de Anatomía Clínica</b>	Dr. Eduardo A. Rivas Sánchez
<b>Vocal de Anatomía Clínica</b>	Dr. Aldo Ramírez Campos
<b>Vocal de Anatomía Biomecánica</b>	Dra. Ana Luz Muñoz Zurita
<b>Vocal de Anatomía Biomecánica</b>	Dr. Israel Jiménez Garrido
<b>Vocal de Anatomía de Habilidad y Rehabilitación</b>	Dra. Esmeralda Ramos Romero
<b>Vocal de Certamen Morfológico</b>	Dr. Miguel Ángel Herrera Enríquez
<b>Vocal de Certamen Morfológico</b>	Dra. Sandra Acevedo Nava
<b>Vocal de la Red Nacional de Donación de Cuerpos Humanos</b>	Dr. Ariel Farit Gutiérrez Alexander
<b>Vocal Regional Centro</b>	Dr. Guillermo Muñoz Zurita
<b>Vocal Regional Centro</b>	Dra. Circe Minerva Gómez Glockner
<b>Vocal Regional Occidente</b>	Dra. Diana Gabriela Garnica García
<b>Vocal Regional Occidente</b>	Dra. Juliana Godínez Rubí
<b>Vocal Regional Occidente</b>	Dra. Guillermina Muñoz Ríos

# Tabla de contenidos

<b>Doble vena cava inferior e hipoplasia de arteria iliaca primitiva izquierda en feto con síndrome de Down: reporte de caso</b>	<b>5</b>
Lautaro Nahuel Zárate, Agustín Alejandro Suárez Zeniquel, Daniel Esteban Rojas, Gabriel Alejandro Saucedo, Valeria Soledad Alvarez, Arturo Martin Gorodner.	
<b>Técnicas de preservación anatómica veterinaria: conceptos, métodos y perspectivas futuras</b>	<b>15</b>
Samantha Jardon Xicotencatl, Carlos Gerardo García Tovar.	
<b>¿Desde cuándo existe la neurociencia y los neurocientíficos?</b>	<b>25</b>
Jorge Eduardo Duque Parra, Jhonatan Duque-Colorado, Laura García-Orozco, María Eugenia Cuastumal Caipe, Jhony Alejandro Díaz Vallejo.	
<b>De células a embriones: celebrando la trayectoria de una gran científica</b>	<b>32</b>
Eduardo Agustín Godínez, Manuel S. Arteaga Martínez y Francisco Raúl Barroso Villafuerte.	
<b>Tensor of the vastus intermedius muscle: anatomy, function, and clinical implications</b>	<b>41</b>
Carolina Sena Vieira, Sóstenes Silva de Oliveira.	
<b>Estudio anatómico de la Laringe mediante técnica de hidrodissección</b>	<b>46</b>
Juan Agustín Cabrera Frola, Mikaela Vidori, Gustavo Armand Ugón.	
<b>Neurofisiopatología de la conciencia en la muerte cerebral: evidencia experimental, clínica y transcripcional del umbral de irreversibilidad neurológica</b>	<b>54</b>
Tomas Omar Zamora Bastidas, Jonathan Alexander Cerón López, Fleider Leovani Gómez Cabrera, Maira Alejandra Guayambuco Medina, Jhan Sebastián Saavedra Torres, Robert Alexander Cuadrado Guevara.	
<b>Consideraciones etimológicas del término músculo diafragma</b>	<b>70</b>
Jorge Eduardo Duque Parra, Jhonatan Duque Colorado, Jhony Alejandro Díaz Vallejo.	
<b>Instrucciones a los autores de la Revista Panamericana de Morfología</b>	<b>75</b>

# Doble vena cava inferior e hipoplasia de arteria iliaca primitiva izquierda en feto con síndrome de Down: reporte de caso

Lautaro Nahuel Zárate<sup>1</sup>, Agustín Alejandro Suárez Zeniquel<sup>1</sup>, Daniel Esteban Rojas<sup>1\*</sup>, Gabriel Alejandro Saucedo<sup>1</sup>, Valeria Soledad Alvarez<sup>1</sup>, Arturo Martin Gorodner<sup>1</sup>

1. Cátedra II de Anatomía Humana Normal - Facultad de Medicina – U.N.N.E. - Sargento Cabral 2001 C.P. (W 3400 BKE) Corrientes. Argentina.

**\* Autor de Correspondencia:**

Daniel Esteban Rojas

[daniesrojas19@gmail.com](mailto:daniesrojas19@gmail.com)

## RESUMEN

El síndrome de Down es la anomalía cromosómica más común, asociada con múltiples complicaciones, entre ellas, cardiopatías congénitas. En este reporte de caso se presentan las malformaciones cardiovasculares halladas en una disección de un feto femenino de 34 semanas con síndrome de Down, diagnosticado según criterios clínicos de Hall. Se realizó la disección del espécimen, conservado en formaldehído al 10%, que reveló varias anomalías anatómicas. Entre las cardiopatías, se observó un ventrículo izquierdo hipoplásico y un ventrículo derecho agrandado, junto con dilatación de la aurícula derecha y un defecto parcial del canal atrioventricular. La disección también evidenció la presencia de una doble vena cava inferior, una variación anatómica poco frecuente, y una hipoplasia aislada de la arteria iliaca primitiva izquierda, con un diámetro notablemente reducido. La duplicación de la vena cava inferior es rara, encontrándose en solo un pequeño porcentaje de la población, y no se han reportado casos en fetos con síndrome de Down. Por su parte, la hipoplasia de la arteria iliaca primitiva es extremadamente infrecuente, con escasos casos documentados. Este caso resalta la importancia de reconocer las anomalías cardiovasculares en fetos con síndrome de Down, ya que pueden complicar los procedimientos diagnósticos y terapéuticos, subrayando la necesidad de una mayor conciencia entre los profesionales de la salud sobre estas variaciones anatómicas.

**Palabras clave.** Cardiopatía congénita, Doble vena cava inferior, Hipoplasia de Arteria Iliaca, Síndrome de Down.

## ABSTRACT

Down syndrome is the most common chromosomal anomaly, associated with multiple complications, including congenital heart defects. This case report presents the cardiovascular malformations found in the dissection of a 34-week female fetus with Down syndrome, diagnosed according to Hall's clinical criteria. The specimen, preserved in 10% formaldehyde, was dissected, revealing several anatomic anomalies. Among the heart defects, a hypoplastic left ventricle and an enlarged right ventricle were observed, along with right atrial dilation and a partial atrioventricular canal defect. The dissection also evidenced the presence of a double inferior vena cava, a rare anatomical variation, and isolated hypoplasia of the left primitive iliac artery, with a markedly reduced diameter. Duplication of the inferior vena cava is rare, found in only a small percentage of the population, and no cases have been reported in fetuses with Down syndrome. Hypoplasia of the primitive iliac artery is extremely uncommon, with few documented cases. This case highlights the importance of recognizing cardiovascular anomalies in fetuses with Down syndrome, as they can complicate diagnostic and therapeutic procedures, emphasizing the need for greater awareness among healthcare professionals regarding these anatomical variations.

**Keywords.** Congenital Heart Disease, Double Inferior Vena Cava, Down Syndrome, Hypoplasia of Iliac Artery.

## INTRODUCCIÓN

El síndrome de Down (SD), es la anomalía cromosómica más frecuente, su prevalencia oscila alrededor de 1 en cada 600 a 700 nacidos vivos (Cammarata Scalisi *et al.*, 2016). Se debe a una trisomía del par cromosómico 21, siendo la causa más común, pero puede presentarse como mosaicismo en la que existen tanto líneas celulares, que contienen los 23 pares de cromosomas, como otras que tienen una copia adicional del cromosoma 21 (Arias Lobo *et al.*, 2023).

El SD se caracteriza por presentar trastornos neurológicos, oftalmológicos, dismorfias craneales, un cuello corto, cardiopatías congénitas (CC), anomalías urológicas, lesiones dermatológicas, trastornos musculoesqueléticos, gastrointestinales, anomalías hematológicas, etc. (Esther *et al.*, 2022). Dentro de estos trastornos mencionados, las CC están presentes en alrededor del 40 al 60% de los pacientes con SD (Attie *et al.*, 2000), siendo estas la principal causa de mortalidad precoz (Esther *et al.*, 2022). A pesar de la amplia afectación del SD en los distintos órganos, la escasa evidencia existente (Mercer *et al.*, 2004; Postolache *et al.*, 2022) demuestra una baja frecuencia de patología renal.

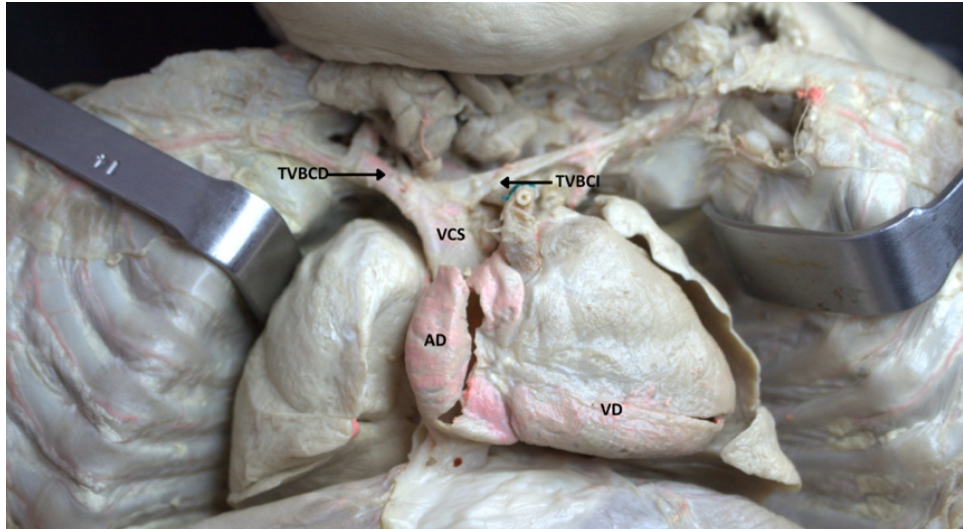
En estos pacientes es frecuente la necesidad de intervenciones quirúrgicas debido a las múltiples patologías, por lo que resulta imperioso tener en cuenta las distintas variantes vasculares asociadas, no tan comúnmente descritas en la población con SD. Por esta razón, presentamos el caso de un espécimen fetal con SD, remitido a nuestra cátedra para estudio. El protocolo de disección cadavérica de nuestra institución establece directrices éticas y técnicas, como la disección por planos anatómicos, para asegurar un manejo seguro y respetuoso de los cadáveres, siguiendo las normativas legales y científicas vigentes en conjunto con las medidas de bioseguridad. Tras su disección según el protocolo, constatamos varias malformaciones, algunas de las cuales están ampliamente descritas en la bibliografía consultada, como la CC, y otras menos detalladas, como la doble vena cava inferior y la hipoplasia de la arteria ilíaca primitiva izquierda. Consideramos importante reportar el caso, dada su novedad y la relevancia que podría tener, especialmente para los profesionales intervencionistas.

## PRESENTACIÓN DE CASO

Se realizó la disección de un feto femenino de 34 semanas, con diagnóstico clínico de SD basado en los criterios clínicos de Hall (Díaz Cuellar *et al.*, 2016), fijado y conservado en formaldehído al 10%, perteneciente a la Cátedra II de Anatomía Humana Normal de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) de Argentina y remitido para estudio. Se asumió la edad gestacional basándose en el perímetro cefálico y se decidió no utilizar la longitud femoral, dado que en estos especímenes es común encontrar un fémur corto. Se procedió la disección de este según el protocolo, evidenciándose los siguientes hallazgos anormales relevantes:

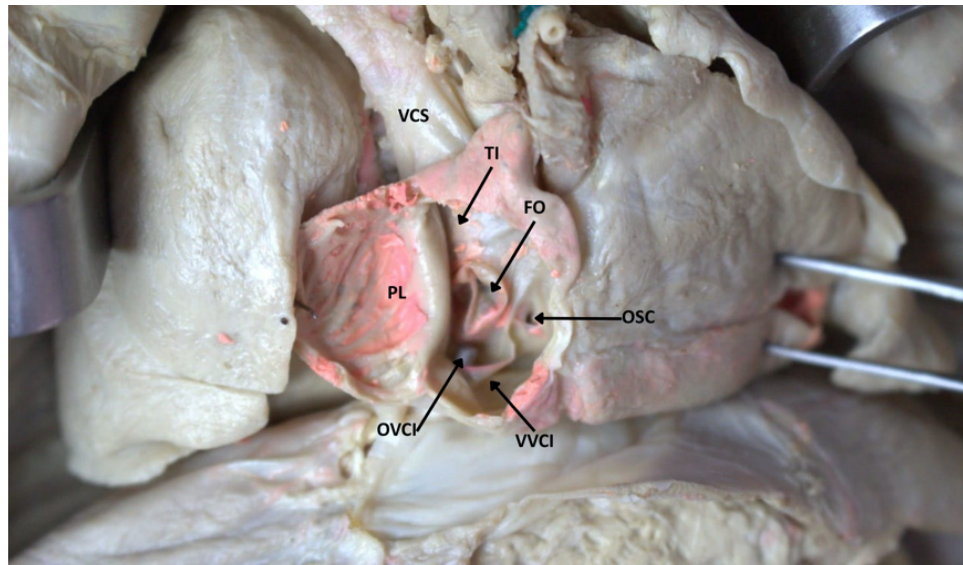
### 1. A nivel cardíaco y de los grandes vasos:

- Ensanchamiento del mediastino anterior por asimetría ventricular, con ventrículo izquierdo hipoplásico y ventrículo derecho hipertrófico que pasa a formar el ápex cardíaco. Se evidencia desplazamiento del tabique interventricular hacia la izquierda (Figura 1).



**Figura 1.** Vista frontal de mediastino donde se observa el atrio derecho dilatado. Abreviaturas: AD = Atrio derecho, VD = Ventrículo derecho, VCS = Vena cava superior, TVBCD = Tronco venoso braquiocefálico derecho, TVBCI = Tronco venoso braquiocefálico izquierdo.

- Atrio derecho y foramen oval dilatados (**Figura 2**).

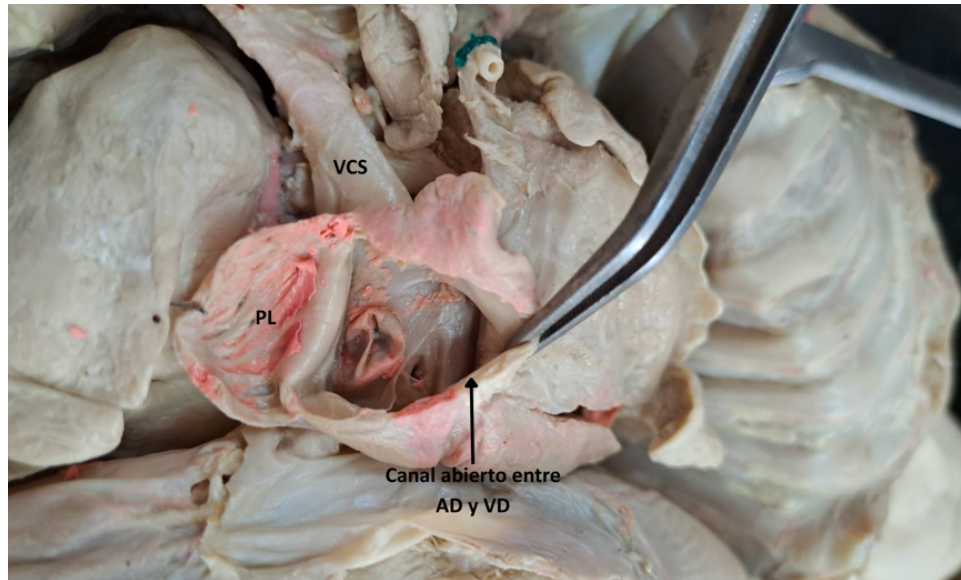


**Figura 2.** Vista frontal de corazón con disección de la pared lateral del atrio derecho donde se observa la configuración interna del mismo destacándose la dilatación del foramen oval. Obsérvese el extremo del estilete en el trayecto de la vena cava inferior (\*) Abreviaturas: VCS = Vena cava superior, TI = Tubérculo intervenoso, FO = Foramen oval, PL: pared lateral, OSC = Orificio del seno coronario, OVCI = Orificio de la vena cava inferior, VVCI = Válvula de la vena cava.

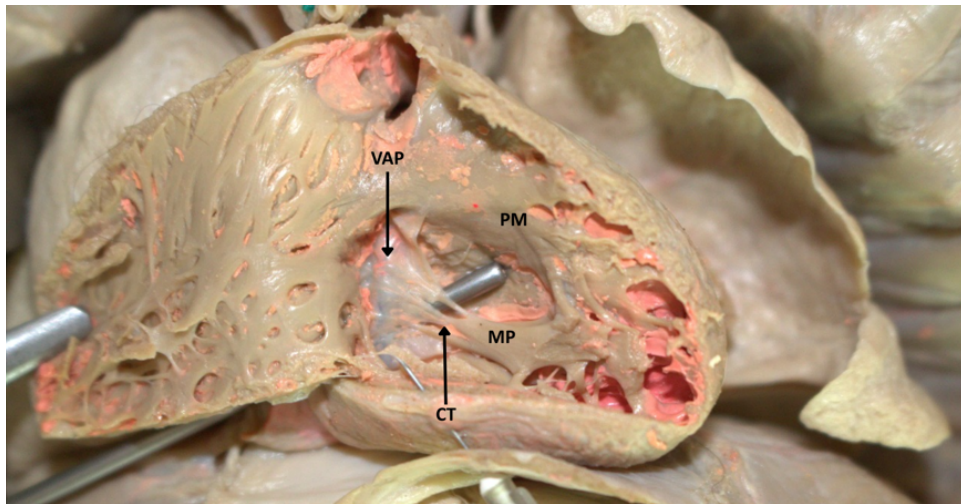
- Válvula atrioventricular (A-V) derecha: valva anterior y posterior fusionada, con ausencia de la valva septal produciendo así un canal abierto entre el atrio y el ventrículo derechos. Válvula A-V



izquierda es congruente con una hipoplasia, evidenciada por la delgadez de sus valvas en comparación con las de la válvula A-V derecha, junto con un cierre incompleto debido a una disminución de la longitud de estas. Estas anomalías mencionadas anteriormente son compatibles con un defecto parcial del canal A-V (**Figuras 3-5**).

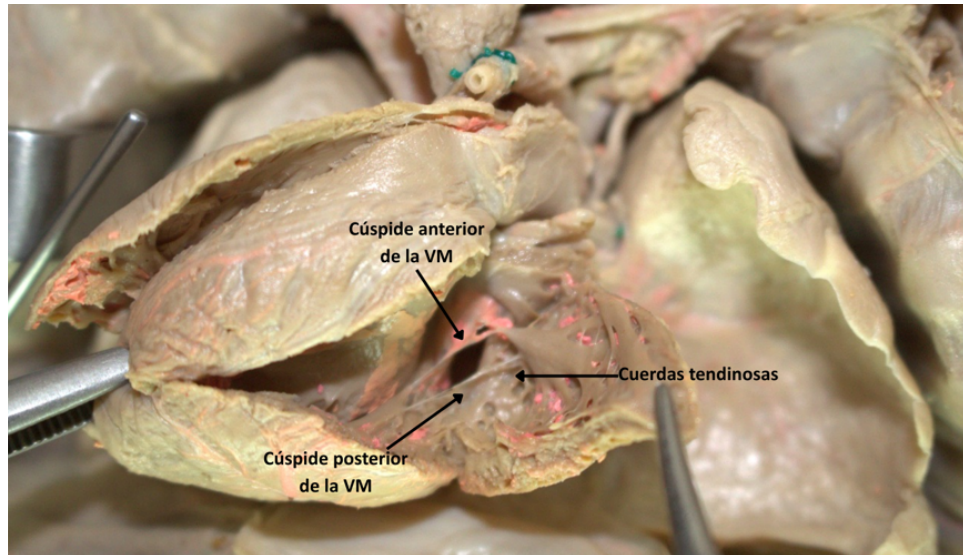


**Figura 3.** Vista frontal de corazón con disección de la pared lateral del atrio derecho donde se observa la configuración interna del mismo destacándose el canal abierto entre el atrio y el ventrículo derechos. Abreviaturas: VCS = Vena cava superior, PL = Pared lateral, AD = Atrio derecho, VD = Ventrículo derecho.



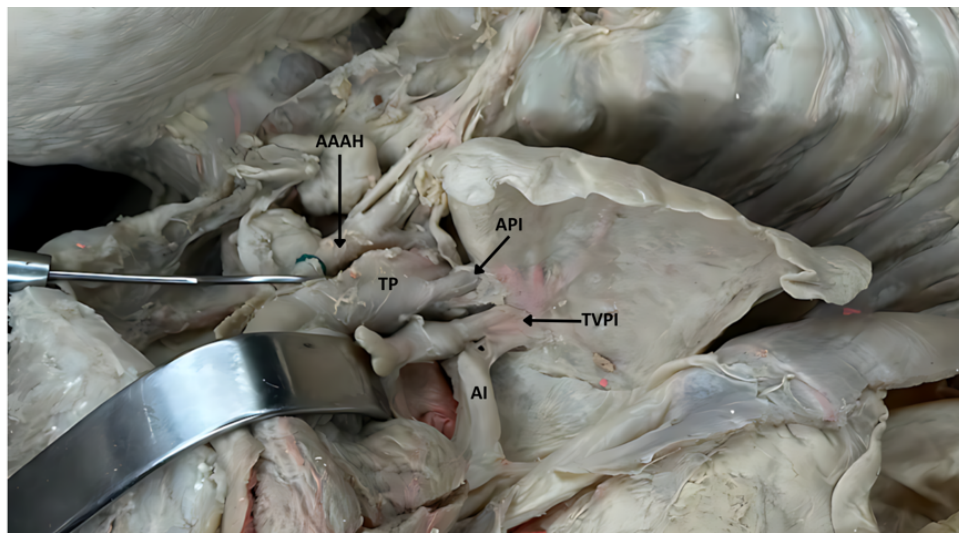
**Figura 4.** Vista frontal de corazón con disección de la pared anterior del ventrículo derecho donde se observa la configuración interna del mismo con el extremo del estilete siguiendo el trayecto del canal abierto entre el atrio y ventrículo derechos. Nótese como la valva anterior y posterior de la válvula tricúspide se encuentran fusionadas y la presencia de un único músculo papilar de forma aplanada. Abreviaturas: VAP = Valva anterior y posterior, A: valva anterior y posterior fusionada; PM = Pared medial, MP = Músculo papilar, CT = Cuerdas tendinosas.



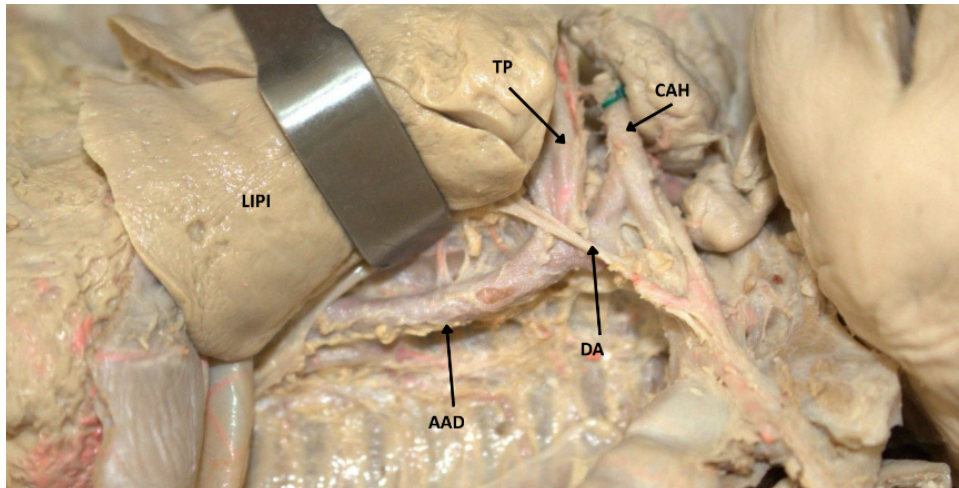


**Figura 5.** Vista caudocefálica de corazón con disección de la pared lateral izquierda donde se observa la válvula mitral. Se destaca la delgadez de las cúspides de la válvula mitral, así como un cierre incompleto debido a una disminución en la longitud de estas. Abreviaturas: VM = Válvula mitral.

- El tronco de la arteria aorta impresiona hipoplasia y el tronco de la arteria pulmonar se encuentra aumentado de tamaño como así también el *ductus arterioso*. Sin embargo, las ramas derecha e izquierda de la arteria pulmonar presentan un tamaño normal (**Figuras 6 y 7**).



**Figura 6.** Vista frontal de mediastino donde se ha retraído el corazón con un separador de Farabeuf para observar grandes vasos destacándose el tronco pulmonar aumentado de tamaño y la aorta ascendente hipoplásica. Nótese la diferencia de diámetro entre la porción ascendente de la aorta y el tronco pulmonar. También se observa en la continuación del tronco venoso pulmonar izquierdo el drenaje de las venas pulmonares superiores e inferiores al atrio izquierdo. Abreviaturas: AAAH = Arteria aorta ascendente hipoplásica, TP = Tronco pulmonar, API = Arteria pulmonar izquierda, TVPI = Tronco venoso pulmonar izquierdo, AI = Atrio izquierdo.



**Figura 7.** Vista lateral izquierda de mediastino donde se ha retraído el pulmón izquierdo para observar el trayecto de la porción descendente de la aorta torácica. Se observa el cayado aórtico hipoplásico junto al tronco pulmonar aumentado de tamaño, así como también el ductus arterioso y un tamaño normal de la aorta descendente. Abreviaturas: TP = Tronco pulmonar, CAH = Cayado aórtico hipoplásico, DA = Ductus arterioso, AAD = Arteria aorta descendente, LIPI = Lóbulo inferior de pulmón izquierdo.

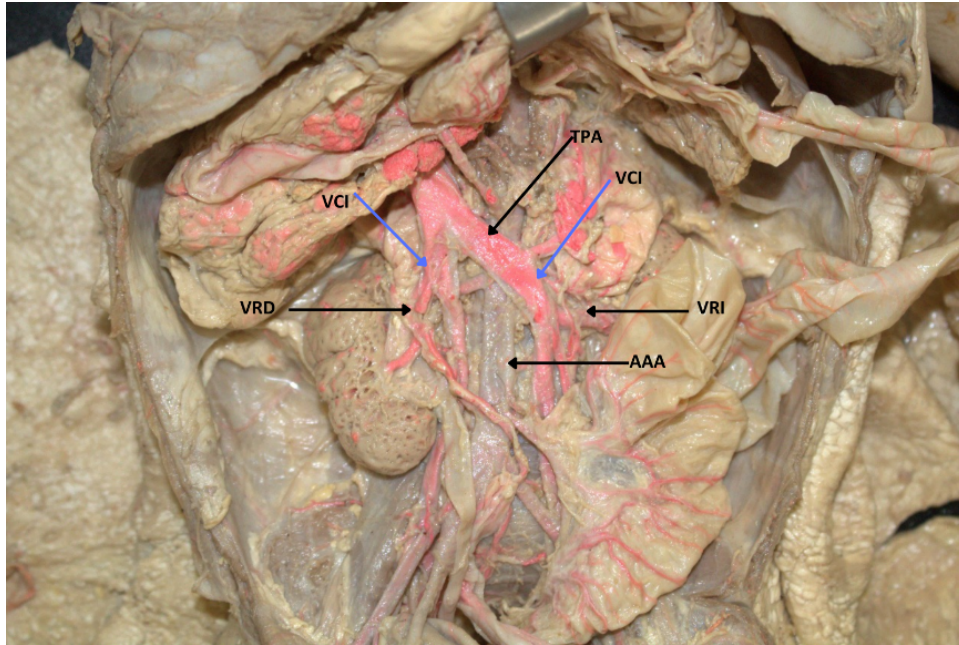
2. En el retroperitoneo medio: se observa una duplicación tipo II de la vena cava inferior (VCI). Esta variante, clasificada como duplicación menor (Shaha *et al.*, 2016), se caracteriza por la presencia de dos venas simétricas que se unen en un tronco pre-aórtico de mayor calibre. En nuestro caso las venas simétricas se extienden desde el hilio renal y la unión se da a una altura aproximada entre T12-L1. Las venas renales junto con la suprarrenal izquierda confluyen en la vena cava del mismo lado, mientras que la vena ovárica izquierda desemboca en la vena renal del mismo lado (Figura 8).

Los riñones carecen de patología; sin embargo, su anatomía, que a priori impresionaba ser una consecuencia patológica, resultó ser una alteración debido a la conservación en formol. Ergo, la apariencia patológica se debe al proceso de conservación.

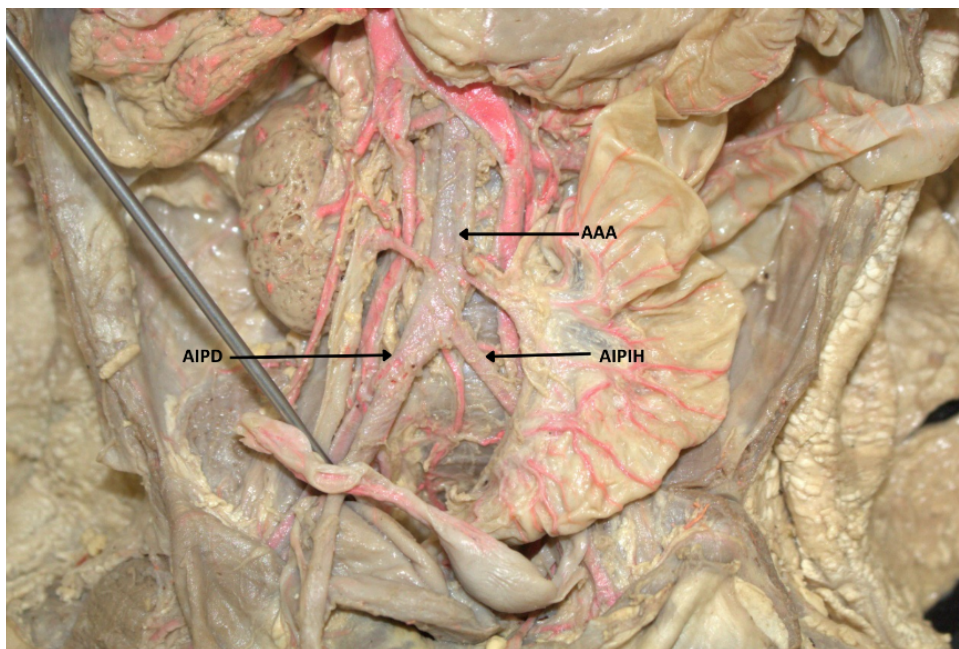
3. Hipoplasia de la arteria iliaca primitiva izquierda. La aorta abdominal no evidenciaba alteración, excepto cuando de esta se desprende la arteria iliaca común izquierda que, en su nacimiento, presenta una hipoplasia en comparación con su contraparte derecha. Esta asimetría produce un estrechamiento del calibre del vaso aproximadamente de 2 a 4 mm; no obstante, luego de este pequeño trayecto, los tamaños se equiparán (Figura 9).

Se identifica, por lo tanto, una anomalía congénita iliofemoral de tipo III (Tamisier *et al.*, 1990), consistente en una hipoplasia aislada. Se destaca que no hay un acortamiento de la extremidad izquierda en comparación con la extremidad derecha mostrando así, un mismo trofismo en ambas extremidades inferiores que suele ser frecuente en estos casos, aunque no una regla general.



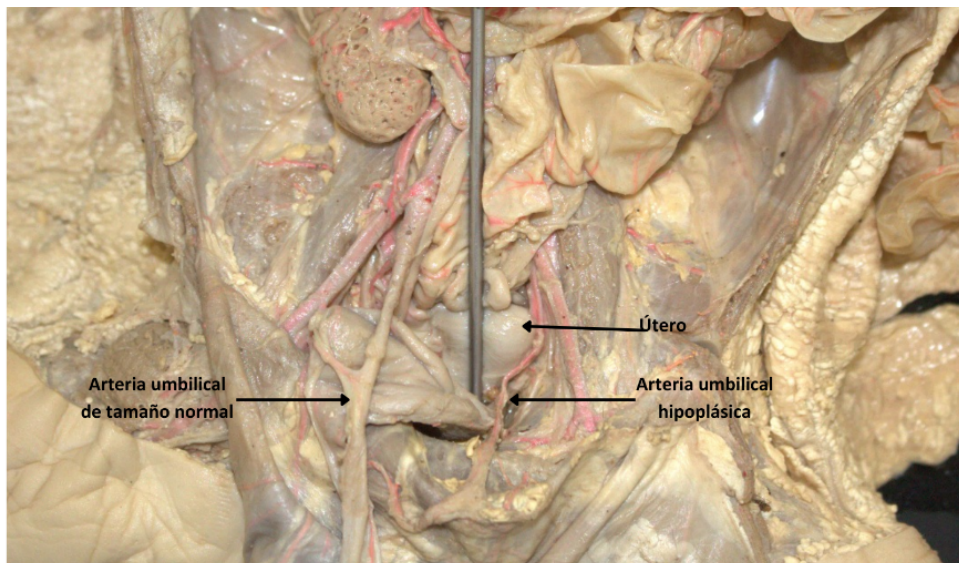


**Figura 8.** Vista frontal de región abdominal con disección de las estructuras de la cavidad abdominal donde se ha desplazado el tubo digestivo para observar el retroperitoneo medio. Se destaca la presencia de una doble vena cava inferior (flechas azules) reunidas mediante un tronco pre-aórtico. Abreviaturas: VCI = Vena cava inferior, TPA = tronco pre-aórtico, VRD = Vena renal derecha, VRI = Vena renal izquierda, AAA = Arteria aorta abdominal.



**Figura 9.** Vista frontal de la región abdominal donde se observa el retroperitoneo medio. Obsérvese la diferencia de diámetros entre ambas arterias ilíacas primitivas. Abreviaturas: AAA = Arteria aorta abdominal, AIIPIH = Arteria ilíaca primitiva izquierda hipoplásica, AIPD = Arteria ilíaca primitiva derecha.

Sumado a esto se observó otra diferencia de tamaños entre las arterias umbilicales derecha e izquierda donde la izquierda presentaba aproximadamente un tercio del tamaño de la derecha (**Figura 10**).



**Figura 10.** Vista frontal de la región abdominal y estrecho superior de la pelvis donde se observa el extremo del estilete presionando al útero para apreciar las diferencias de diámetro entre las arterias umbilicales.

## DISCUSIÓN

Las CC se encuentran entre las anomalías más frecuentes. La incidencia posnatal de los defectos cardíacos congénitos varía entre 4-12/1.000 en recién nacidos vivos, aunque la tasa prenatal es aún mayor, ya que existen cardiopatías complejas en un porcentaje importante de abortos espontáneos o mortinatos, que elevan significativamente la incidencia (**Hoffman, 1995**).

En el SD, las CC están muy bien descritas en la literatura, y hay gran consenso sobre las afecciones más frecuentes encontradas, aunque estas pueden variar dependiendo la región del mundo analizada.

En Argentina, las prevalencias de CC en recién nacidos con SD fueron: la comunicación interventricular fue la más frecuente (61,74%), seguida por el defecto del septum A-V (15,65%), comunicación interatrial (13,04%), estenosis pulmonar y tetralogía de Fallot (**Chernovetzky et al., 2017; Ventura et al. 2004**).

Con respecto a la variante venosa descrita, no hemos encontrado antecedentes similares en la bibliografía consultada de pacientes con SD, pero sí en pacientes asintomáticos en el cual la prevalencia es aproximadamente de 0,2 a 0,5% entre la población sana y de hasta 2% en pacientes con otras alteraciones cardiovasculares (**Nigro et al., 2006**), pero podría estar subestimado a raíz de que su diagnóstico generalmente es un hallazgo fortuito durante una cirugía abdominal o estudios radiológicos por otras causas (**Debing et al., 1993; Eifert et al., 2000**). Con frecuencia se asocia con otras malformaciones congénitas, como asplenia (60%), doble vena cava superior (50%), *situs inversus* (45%) asimetría de hígado (40%), así como anomalías cardíacas como defecto de septación de las cavidades y defectos de la posición del corazón (**Campell et al., 1967; Romao et al., 1970**). En nuestro caso, la disección permitió corroborar la coexistencia de la malformación cardíaca.

Esta duplicación de la VCI se da por la persistencia de ambas venas embrionarias supracardinales, dando como resultado dos VCI, una a cada lado de la aorta (Corbalán Sevilla *et al.*, 2018). El proceso embriológico de desarrollo de la VCI ocurre alrededor de los días 33 y 40 del desarrollo y coincide con la organización del corazón (D'Archambeau *et al.*, 1990). Es posible que algún mecanismo teratogénico sea el responsable, en este periodo crítico, de la anomalía del desarrollo de la VCI y de la malformación cardíaca, o bien por la condición de la cromosomopatía asociada.

Se sabe, además, que las variaciones anatómicas del sistema venoso en general, y de la VCI en particular, pueden dificultar procedimientos diagnósticos y terapéuticos cuando es usada como vía de acceso. Son ejemplo de ello los estudios electrofisiológicos, que convencionalmente se realizan en cardiología mediante el acceso a las cavidades derechas del corazón a través de la VCI, para los cuales se efectúan punciones en las venas femorales.

La hipoplasia aislada de la arteria iliaca común izquierda presente en nuestro caso fue la anomalía congénita más infrecuente de todas las descritas. Es tan excepcional e infrecuente que entre 1957 y 1986 solo se han reportado 9 casos en toda la literatura (Tamisier *et al.*, 1990). Esta anomalía congénita tiene su origen en la interrupción del desarrollo normal de la vascularización en el sistema axial.

Abordando la última anomalía, las malformaciones congénitas del aparato genitourinario son la cuarta causa más común dentro de las afecciones de los pacientes con SD. Dentro de estas, la enfermedad renal poliquística autosómica recesiva podría ser más frecuente en niños con síndrome de Down, debido a su gen ubicado en el cromosoma 21 (Nickavar *et al.*, 2006).

## CONCLUSIÓN

A pesar de que las anomalías vasculares en fetos con síndrome de Down no suelen ser descritas con frecuencia, salvo en el caso de los grandes troncos arteriales, su presencia puede tener implicaciones críticas durante procedimientos invasivos, tanto diagnósticos como terapéuticos, en estos pacientes. Este reporte de caso resalta la importancia de reconocer las variaciones anatómicas observadas en este espécimen fetal con síndrome de Down, en particular las anomalías del sistema venoso, la vena cava inferior, la estenosis de la arteria iliaca primitiva y las malformaciones cardíacas. El conocimiento de estas variaciones es esencial para minimizar los desafíos técnicos imprevistos que podrían enfrentar electrofisiólogos, cirujanos cardiovasculares y otros especialistas, quienes podrían verse obligados a recurrir a vías alternativas durante las intervenciones. Es fundamental que estos hallazgos sean tenidos en cuenta por los profesionales de la salud involucrados en el manejo de pacientes con síndrome de Down, ya que su conocimiento previo puede ser crucial para prevenir complicaciones durante procedimientos invasivos.

## REFERENCIAS

- Arias Lobo, R., Lupinta Paredes, E., Calderón Colmenero, J., Cervantes Salazar, J. L., García Montes, J. A., Patiño Bahena, E. J., & Benita Bordes, A. (2023). Abordaje terapéutico de cardiopatías congénitas en el síndrome de Down. *Archivos de Cardiología de México*, 93(3). <https://doi.org/10.24875/acm.22000053>
- Attie, F., Buendía Hernández, A., & Zabal, C. (2000). *Cardiología pediátrica: Diagnóstico y tratamiento*. Editorial Médica Panamericana.

- Cammarata Scalisi, F., González, S., & Álvarez Nava, F. (2016). Síndrome metabólico en el síndrome de Down. *Revista de la Sociedad Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 14(2), 96–106. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-31102016000200002](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-31102016000200002)
- Campell, M., & Deuchar, D. C. (1967). Absent inferior vena cava, symmetrical liver, splenic agenesis, and situs inversus, and their embryology. *British Heart Journal*, 29, 268–275.
- Chernovetzky, G., Oppizzi, M. Y., & Címbaro, C. R. (2017). Prevalencia de las cardiopatías congénitas en recién nacidos con síndrome de Down en una maternidad de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Revista del Hospital de Niños de Buenos Aires*, 3(2), 119–135. <https://www.sarda.org.ar/images/2017/3%20original.pdf>
- Corbalán Sevilla, M. T., Vara Cilla, R., Núñez Moreno, L., Bautista Castro, J. J., Ortiz Fernández, L., & Cobos Alonso, J. (2018). Anomalías congénitas de la vena cava inferior (VCI): Aproximación mediante TC. *SERAM*. <https://www.piper.espacioseram.com/index.php/seram/article/view/2821>
- D'Archambeau, O., Verguts, L., & Myle, J. (1990). Congenital absence of inferior vena cava. *Journal Belge de Radiologie*, 73, 516–517.
- Debing, E., Tielemans, Y., Jolie, E., & Van den Brande, P. (1993). Congenital absence of inferior vena cava. *European Journal of Vascular Surgery*, 7, 201–203.
- Díaz Cuéllar, S., Yokoyama Rebollar, E., & Del Castillo Ruiz, V. (2016). Genómica del síndrome de Down. *Acta Pediátrica de México*, 37(5), 289–296. <https://doi.org/10.18233/apm37no5pp289-296>
- Eifert, S., Villavicencio, J. L., Kao, T. C., Taute, B. M., & Rich, N. M. (2000). Prevalence of deep venous anomalies in congenital vascular malformations of venous predominance. *Journal of Vascular Surgery*, 31(3), 462–471. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(00\)90306-9](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(00)90306-9)
- Esther, O., Borja, Q. (2022). Enfermedad renal y síndrome de Down. *Nefrología al día*. <https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-enfermedad-renal-y-sindrome-de-down-530>
- Hoffman, J. I. (1995). Incidence of congenital heart disease: I. Postnatal incidence. *Pediatric Cardiology*, 16(3), 103–113. <https://doi.org/10.1007/BF00801907>
- Mercer, E. S., Broecker, B., Smith, E. A., Kirsch, A. J., Scherz, H. C., & Massad, C. A. (2004). Urological manifestations of Down syndrome. *The Journal of Urology*, 171(3), 1250–1253. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000112915.69436.91>
- Nickavar, A. (2006). Polycystic kidney and Down Syndrome. *Journal of Research in Medical Sciences*, 11(4), 278–280. <https://www.semanticscholar.org/paper/e54a94dc47d336b5cec4a26460641085bd5962cb>
- Nigro, B., & Ferrari Ayarragaray, J. E. (2006). Inferior vena cava anomalies: Review and surgical considerations. *Angiología*, 73(4), 182–191. <https://doi.org/10.20960/angiologia.00282>
- Postolache, L., Parsa, A., Simoni, P., Boitsios, G., Ismaili, K., Schurmans, T., Monier, A., Casimir, G., Albert, A., & Parsa, C. F. (2022). Widespread kidney anomalies in children with Down syndrome. *Pediatric Nephrology*, 37(10), 2361–2368. <https://doi.org/10.1007/s00467-022-05455-y>
- Romao, N., Vas, J., Drumond Neto, C., Rezende, O., & Reis, N. B. (1970). Agenesis of the inferior vena cava with venous drainage by the azygous vein. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 23, 115–120.
- Shaha, P., Garg, A., Sahoo, K., Kothari, N., & Garg, P. (2016). Duplication of inferior vena cava with associated anomalies: A rare case report. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(3), TD01–TD04. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18240.7406>
- Tamisier, D., Melki, J. P., & Cormier, J. M. (1990). Congenital anomalies of the external iliac artery: Case report and review of the literature. *Annals of Vascular Surgery*, 4(5), 510–514. [https://doi.org/10.1016/S0890-5096\(07\)60081-8](https://doi.org/10.1016/S0890-5096(07)60081-8)
- Ventura, A. A., Ruffino, G. A., Ferro, E. A., Zarate, H. R., & Manzolillo, H. S. (2004). Ablación por radiofrecuencia de una vía anómala anterolateral izquierda en un paciente con agenesia de la vena cava inferior. *Revista Argentina de Cardiología*, 72(3), 225–228.



# Técnicas de preservación anatómica veterinaria: conceptos, métodos y perspectivas futuras

Samantha Jardon Xicotencatl<sup>1\*</sup>, Carlos Gerardo García Tovar<sup>1</sup>

1. Laboratorio 4 “Morfología Veterinaria y Biología Celular”, Unidad de Investigación Multidisciplinaria. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma De México. Cuautitlán Izcalli 54714, Estado de México, México.

**\*Autor de correspondencia:**

Samantha Jardon Xicotencatl  
Tel. +52 01 5556231999 Ext. 39424.  
[doctora.jardon@cuautitlan.unam.mx](mailto:doctora.jardon@cuautitlan.unam.mx)

## RESUMEN

La preservación anatómica se refiere a un conjunto técnicas y métodos utilizados para mantener la integridad estructural de órganos y tejidos con diversas aplicaciones en educación, investigación y exhibición museográfica. En el campo veterinario permite estudiar estructuras tridimensionales fundamentales para la formación médica y el avance científico. Actualmente la preservación anatómica enfrenta retos como limitación en la accesibilidad de material biológico, costos elevados de producción y riesgos sanitarios debido al uso de químicos, por ello los avances en digitalización, impresión 3D y realidad virtual buscan transformar el aprendizaje con piezas preservadas a un formato más sostenible e interactivo. El presente escrito aborda los conceptos, técnicas y perspectivas de la preservación anatómica desde un enfoque ético en el campo de las ciencias morfológicas veterinarias.

**Palabras clave:** Anatomía veterinaria, Ciencias morfológicas, Ética animal, Preservación anatómica, Tecnología educativa.

## ABSTRACT

Anatomical preservation refers to techniques and methods used to maintain the structural integrity of organs and tissues, with various applications in education, research, and museum exhibitions. In the veterinary field, it enables the study of three-dimensional structures essential for medical training and scientific advancement. Currently, anatomical preservation faces challenges such as limited accessibility to biological material, high production costs, and health risks associated with the use of chemicals. Advances in digitization, 3D printing, and virtual reality aim to transform learning with preserved specimens into a more sustainable and interactive format. This paper explores the concepts, techniques, and perspectives of anatomical preservation from an ethical standpoint within the field of veterinary morphological sciences.

**Keywords:** Anatomical preservation, Animal ethics, Educational technology, Morphological sciences, Veterinary anatomy.

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la anatomía se fundamenta en la interacción de los estudiantes con material biológico, lo que constituye un pilar esencial para el aprendizaje anatómico. Esta práctica, no solo facilita la integración

de los conocimientos teóricos, prácticos y el uso de la terminología anatómica, sino que también fomenta competencias que son fundamentales para el ejercicio profesional en la sociedad, como la reflexión sobre temas trascendentales como la vida y la muerte, la promoción de valores éticos y el desarrollo de habilidades académicas, personales y de trabajo en equipo (Castellanos & Correa, 2013; Gasse, 2017; Ghosh, 2017; Guevar, 2020; Pettorali, 2016; Vélez & Ruiz, 2017).



**Figura 1.** Aplicaciones de la Preservación Anatómica.

Las técnicas de preservación anatómica incluyen una serie de procedimientos diseñados para preparar, conservar y proteger piezas anatómicas, con el fin de mantenerlas en un estado lo más similar posible al natural o al observado en vida. Estas técnicas aseguran la preservación de características clave como el color, la consistencia y la forma de las piezas, deteniendo o ralentizando su descomposición natural (Brenner, 2014; García *et al.*, 2020; Ghosh & Sharma, 2015; Goyri-O'Neill *et al.*, 2013). Esto permite su estudio, enseñanza y exhibición a largo plazo (Figura 1). El análisis de las piezas preservadas facilita la comprensión de la estructura y función de los animales domésticos, al apoyarse en un conocimiento

integral de sus componentes tisulares y orgánicos, proporcionando una base morfológica esencial para el desempeño del médico veterinario zootecnista.

### TÉCNICAS EMPLEADAS EN ANATOMÍA VETERINARIA

Las técnicas de preservación de piezas anatómicas de animales varían tanto en sus protocolos de preparación como en las características que confieren a las piezas en términos de color, textura, resistencia, mantenimiento y vida útil. Algunas están diseñadas para conservar cuerpos completos, mientras que otras se enfocan en órganos huecos o parenquimatosos. Por lo tanto, no existe una técnica única que sea ideal; en su lugar, se dispone de una variedad de métodos que deben seleccionarse en función de las características específicas de la pieza que se desea preservar (García *et al.*, 2014, 2020; Nieto *et al.*, 2014; Oviedo *et al.*, 2024; Pichardo *et al.*, 2024). Según la textura final obtenida, estas técnicas se pueden clasificar en dos grandes grupos: técnicas de preservación blanda y rígida (Figura 2).

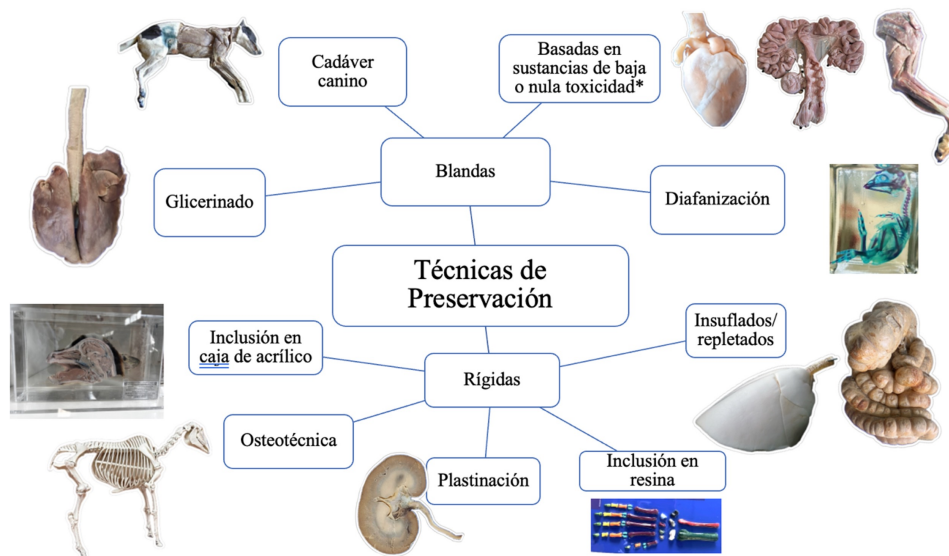


Figura 2. Técnicas de Preservación Anatómica empleadas en Veterinaria.

#### Técnicas de preservación que proporcionan piezas blandas

Las técnicas de preservación blanda se caracterizan por mantener las piezas anatómicas flexibles y manipulables, permitiendo su observación desde distintos ángulos y estratos. Esta flexibilidad es fundamental en contextos educativos y profesionales, ya que facilita el estudio detallado de las estructuras anatómicas. Además, cuando las piezas incluyen dos o más estructuras anatómicas, es posible generar movimientos dinámicos, lo que resulta especialmente útil para comprender la función y la interacción de órganos y tejidos en un organismo vivo. Entre las técnicas de este grupo se encuentran las basadas en glicerina, como la técnica de glicerina fenolada (Janczy *et al.*, 2011; Lombardero *et al.*, 2017; Pereyra, 2019; Szleszkowski *et al.*, 2022), la técnica de Algiflen (Cauzor *et al.*, 2022) y la técnica de alcohol-propilenglicol (Pichardo *et al.* 2024), la diapanización con tinción (simple y doble) (Baeza, 1989; Sandoval *et al.*, 2016) y

la conservación cadavérica temporal o embalsamamiento (Denis & Aguirre, 2019; Ernesto *et al.*, 2016; García *et al.*, 2014; Messmer *et al.*, 2010; Nam *et al.*, 2020).

#### **Técnicas de preservación que proporcionan piezas rígidas**

Las técnicas de preservación rígida preservan las estructuras anatómicas en una posición fija, convirtiendo la conformación espacial de la pieza durante el proceso en una postura permanente. Esto hace que la manipulación de las piezas sea delicada e inflexible. Entre las técnicas rígidas más utilizadas en medicina veterinaria se encuentran las osteotécnicas (Allouch, 2014), la plastinación (Farhat *et al.*, 2021; Pineda, 2017; Von Haegens, 1979), los insuflados (Cooper & Slavin, 1977; Sutinen *et al.*, 1979; Thomas *et al.*, 2021), la técnica de repleción-corrosión (Baeza, 1989; Ferreri *et al.*, 1994; Rossi *et al.*, 2008; Weibel & Vidone, 1961) y las técnicas de inclusión en cajas de acrílico o resina poliéster (Valenzuela *et al.*, 2015; Von Haegens, 1979).

#### **LIMITACIONES DE LAS TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN ANATÓMICA**

Entre las limitaciones asociadas a las técnicas de preservación anatómica se encuentran los costos, los riesgos químicos y su impacto en la calidad de los especímenes. El costo de generar piezas anatómicas puede variar considerablemente según la técnica utilizada, siendo el equipo, instrumentos, materiales y reactivos utilizados y los procedimientos necesarios, los factores principales que determinan el costo final de la producción de la pieza. Por ejemplo, la plastinación requiere equipamiento especializado y polímeros costosos, lo que dificulta su implementación en instituciones con recursos limitados. Además, la complejidad operativa de estas técnicas exige personal altamente capacitado para realizar procedimientos extensos y precisos (Unger *et al.*, 2010; Von Haegens, 1979). En cuanto a los riesgos químicos, se debe considerar el uso de reactivos tóxicos empleados en diversas técnicas, entre los que destaca el formaldehído como fijador de tejidos (Méhes *et al.*, 2014; Musial *et al.*, 2016; Varlet *et al.*, 2019). Este compuesto es tóxico y puede generar irritación en la piel, los ojos y las vías respiratorias, lo que limita su uso seguro en entornos educativos y clínicos (Janczy *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2007).

No existe una técnica de preservación que no altere la representación realista de los tejidos, ya que tienden a modificar características como el color o la textura. Por ello, la elección de la técnica adecuada, en función de los objetivos y los recursos disponibles, es la opción más viable para mitigar estas limitaciones.

#### **CONSIDERACIONES ÉTICAS EN LA PRESERVACIÓN ANATÓMICA DE ANIMALES**

El manejo ético de cadáveres de animales es un aspecto crucial que refleja nuestra responsabilidad hacia los seres vivos. Este enfoque implica un trato humanitario del material biológico y un compromiso de respeto durante todo el procesamiento, considerando una serie de aspectos éticos que deben abordarse con sensibilidad, especialmente en contextos de investigación y cuidado animal. En el caso de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, para el estudio de la Anatomía Veterinaria no se sacrifican animales para obtener cadáveres y órganos para su preservación, ya que estos se obtienen a partir de donaciones de animales que murieron por causas naturales, por enfermedades no infecciosas, que son sacrificados en centros de control canino o bien de animales sacrificados para abasto. Los principios éticos en la preservación anatómica deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Justificación del uso: es fundamental garantizar que el uso de piezas anatómicas esté debidamente justificado, evaluando de manera clara y concreta su valor científico o educativo. Además, se deben considerar alternativas como modelos 3D o simulaciones de realidad virtual y aumentada.
- Obtención de las piezas: es esencial informar sobre el origen y uso de las piezas anatómicas, analizar la causa de muerte (ya sea natural, eutanasia o sacrificio) y asegurar, cuando sea aplicable, el consentimiento informado.
- Proceso de preservación: durante todo el proceso de preservación, se debe garantizar un manejo respetuoso y sensible de los cadáveres o piezas anatómicas de las distintas especies.
- Almacenamiento y manejo: es crucial mantener condiciones que eviten la contaminación y asegurar un trato digno a las piezas, evitando impactos negativos en otros animales y en el medio ambiente.
- Comunicación y transparencia: informar al público sobre el origen del material biológico y los procedimientos de preservación contribuye a generar confianza y promover prácticas éticas. (Berros, 2015; Franks & Higgins, 2012; Muñoz, 2018).

La implementación de normativas adecuadas en los centros de trabajo, junto con una educación continua, es fundamental para fomentar prácticas responsables en este ámbito. Esto incluye reconocer a la naturaleza como sujeto de derechos, lo que influye en la percepción y el tratamiento de los cadáveres de animales.

#### IMPLICACIONES ÉTICAS DE LA EXHIBICIÓN DE PIEZAS ANATÓMICAS EN MUSEOS

La exhibición de piezas anatómicas en museos es una herramienta valiosa para la educación y la investigación. Al considerar los aspectos éticos y culturales previamente mencionados, los museos pueden garantizar que estas exhibiciones sean enriquecedoras para el público, sin recurrir a la explotación o maltrato de los cuerpos y órganos animales. Sin embargo, esta práctica plantea desafíos éticos y culturales diversos. Es fundamental abordar cada caso de manera individual, tomando en cuenta las particularidades culturales y legales de cada contexto. (Rollin, 2006).

#### AVANCES EN LA TECNOLOGÍA DE PRESERVACIÓN

La preservación anatómica enfrenta desafíos como el desarrollo de nuevas técnicas más seguras y eficientes, la gestión ética de las colecciones y la adaptación a las nuevas tecnologías (Dickson *et al.*, 2022; Durosaro *et al.*, 2008; Estai & Bunt, 2016; McLachlan, 2004; Sugand *et al.*, 2010). Las tendencias actuales incluyen:

- Digitalización: la creación de modelos 3D y atlas digitales a partir de especímenes preservados implica la conversión de especímenes físicos en modelos tridimensionales que pueden ser manipulados y analizados en entornos digitales (Figura 3). Este proceso se realiza mediante técnicas como la fotogrametría, la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y el escaneo digital, técnicas que capturan detalles anatómicos con gran precisión (Little *et al.*, 2018; Mohamed *et al.*, 2022; Senos *et al.*, 2026).



**Figura 3.** Esqueleto regional de cabeza de perro digitalizado mediante escaneo.

Los modelos 3D permiten visualizar piezas anatómicas desde diferentes perspectivas, manteniendo las proporciones de las estructuras que las conforman, lo que facilita la realización de simulaciones sin necesidad de manipular piezas físicas. Además, el desarrollo de atlas digitales a partir de estos modelos facilita el acceso global a contenidos anatómicos de alta calidad, eliminando barreras geográficas y económicas en la enseñanza y la investigación. También promueven la preservación del patrimonio anatómico, ya que los especímenes originales pueden deteriorarse con el tiempo. En cambio, los modelos digitales permanecen inalterados y pueden actualizarse con nuevas anotaciones o funcionalidades, promoviendo un aprendizaje interactivo y dinámico. Estas herramientas son especialmente valiosas en instituciones que enfrentan limitaciones en el acceso a especímenes físicos. (Schirone et al., 2024; Silva et al., 2007).

- Realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA): el uso de estas tecnologías para la enseñanza y la visualización de estructuras anatómicas están revolucionando la educación y la práctica médica al proporcionar experiencias inmersivas y altamente visuales. Estas tecnologías permiten a los estudiantes y profesionales explorar las estructuras anatómicas en un entorno tridimensional, interactuando de manera más intuitiva y precisa. En RV, los usuarios ingresan a un entorno completamente digital donde pueden recorrer cuerpos, diseccionar órganos virtuales y observar sistemas en funcionamiento, mientras que la RA superpone información digital en el mundo real, lo que facilita la combinación de especímenes físicos con elementos virtuales (Kapoor & Singh, 2022; Uruthiralingam & Rea, 2020).



- Impresión 3D: los avances en el campo de la impresión 3D han abierto nuevas posibilidades, proporcionando un método adicional y económico para desarrollar recursos educativos en anatomía. Gracias a esta tecnología, es posible crear modelos de órganos a partir de escaneos de piezas anatómicas preservadas, replicando sus características estructurales. Estos modelos representan una alternativa accesible y práctica para el aprendizaje, al evitar la manipulación directa de especímenes preservados. Además, superan los desafíos asociados con el almacenamiento y manejo de preparaciones húmedas o plastinaciones, ofreciendo una solución eficiente y sostenible para instituciones educativas y estudiantes (Inglis et al., 2017; Borunda et al., 2024).

## CONCLUSIONES

La preservación anatómica de animales es una práctica interdisciplinaria que combina técnicas quirúrgicas, métodos de conservación e innovaciones tecnológicas, y que plantea importantes desafíos éticos. Su adecuada implementación es esencial para avanzar en la educación, la investigación y los resultados clínicos, siempre bajo un enfoque humanitario que refleje la responsabilidad hacia los seres vivos. La adopción de normativas claras y la formación ética son fundamentales para garantizar que estas actividades se realicen de manera respetuosa con los animales y la sociedad en general.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

los autores refieren que no existe conflicto de intereses incluyendo entre estas últimas relaciones financieras personales y de otro tipo con otras personas organizaciones que pudieran influir de manera inapropiada en el presente escrito.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la MVZ. Ma. Reyes Pichardo Molinero, Técnico Académico del Laboratorio de Apoyo Técnico a la Anatomía de la FES Cuautitlán.

## REFERENCIAS

- Allouch, G. (2014). Scientific technique for skeletons preservation and preparation of anatomical models to promote veterinary anatomy. *Journal of Veterinary Anatomy*, 7(2), 133–139. <https://doi.org/10.21608/jva.2014.44817>
- Baeza, A. R. (1989). Determinación mediante técnicas de corrosión, diafanización y microscopía electrónica de barrido de los territorios vasculares arteriales, con especial referencia a la irrigación de la médula espinal. *Revista de la Real Academia de Medicina de Barcelona*, 29–38. <https://www.raco.cat/index.php/RevistaRAMB/article/view/71183/91011>
- Berros, M. (2015). Animal ethics in dialogue with recent reforms in the legislation of Latin-American countries. [https://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n33/08\\_bioetica\\_animal.pdf](https://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n33/08_bioetica_animal.pdf)
- Borunda-Escudero, G., Chávez-Ponce, N. A., Borunda-Escudero, F. S., Velasco-Villaseñor, M. L., & Castillo-Cardiel, M. G. (2024). From medical imaging to 3D printed anatomical models: A low-cost, affordable 3D printing approach. *Cirugía y Cirujanos*, 92(4), 426–436. <https://doi.org/10.24875/ciru.22000643> PMID: 39079248
- Brenner, E. (2014). Human body preservation - old and new techniques. *Journal of Anatomy*, 224(3), 316–344. <https://doi.org/10.1111/joa.12160> . PMID: 24438435; PMCID: PMC3931544
- Castellanos Londoño, I., & Correa Assmus, G. (2013). Enseñanza de la medicina veterinaria, bioética y uso de las TIC. *Revista de la Universidad de la Salle*, (60), 177–191. <https://revistauls.lasalle.edu.co/files-articles/ruls/vol2013/iss60/11/fulltext.pdf>

- Cauzor, R. X. G., Chávez, M. E. M. R., Martínez, M. A. B., Olmos, M. Y. O., & León, M. R. D. (2022). Técnicas para la preparación y preservación de piezas anatómicas y cadáveres completos. <http://www.cusur.udg.mx/es/sites/default/files/adjuntos/Tecnicas%20para%20la%20preparacion%20y%20preservacion%20de%20piezas%20anatomicas%20y%20cadaveres%20completos%20-%20Ebook.pdf>
- Cooper, J. E., & Slavin, G. (1977). Post mortem inflation of lungs with formalin vapour: Application to veterinary pathology. *Vet Record*, 100(1), 11. <https://doi.org/10.1136/vr.100.1.11>. PMID: 402049
- Denis-Rodríguez, E., & Aguirre-Gutiérrez, Á. A. (2019). Método Thiel Soft-Fix para la preservación de cadáveres a largo plazo. *Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud*, 3(2), 91–98. <https://www.medigraphic.com/pdfs/forense/mmf-2018/mmf182i.pdf>
- Dickson, J., Gardiner, A., & Rhind, S. (2022). Veterinary anatomy education and spatial ability: Where now and where next? *Journal of Veterinary Medical Education*, 49(3), 297–305. <https://doi.org/10.3138/jvme.2020-0087> PMID: 33950803
- Durosaro, O., Lachman, N., & Pawlina, W. (2008). Use of knowledge-sharing web-based portal in gross and microscopic anatomy. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 37(12), 998–1001. <https://www.annals.edu.sg/pdf/37VolNo12Dec2008/V37N12p998.pdf> PMID: 19159031
- Ernesto Ottone, N., Vargas, C. A., Fuentes, R., & del Sol, M. (2016). Walter Thiel's embalming method: Review of solutions and applications in different fields of biomedical research. *International Journal of Morphology*, 34(4). <https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v34n4/art44.pdf>
- Estai, M., & Bunt, S. (2016). Best teaching practices in anatomy education: A critical review. *Annals of Anatomy*, 208, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2016.02.010> Epub 2016 Mar 17. PMID: 26996541
- Farhat, N., Alam, T., & SM, N. R. (2021). Preservation of human tissue by plastination: An anatomical perspective. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 12(3), 2265–2268. <http://dx.doi.org/10.26452/ijrps.v12i3.4852>
- Ferreri, A. J., Mansi, H. D., Castanon, J. A., & Teragni, E. (1994). Technique de réplétion-corrosion pour l'étude de l'os temporal et son contenu [The corrosion casting technique for the study of the temporal bone and its contents]. *Bulletin of the Association of Anatomy (Nancy)*, 78(242), 9–13. (in French). PMID: 7833537
- Franks, B., & Higgins, E. T. (2012). Effectiveness in humans and other animals: A common basis for well-being and welfare. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 46, pp. 285–346). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394281-4.00006-4>
- García Tovar, C. G., González, O., & Rubén, M. (2014). Desarrollo de habilidades y destrezas en los estudiantes de las asignaturas de Anatomía Veterinaria Básica y Biología Celular de la carrera de MVZ para la generación y difusión de información obtenida en procesos de elaboración de material didáctico. <https://www.innovacioneducativa.unam.mx:8443/jspui/handle/123456789/4877>
- García, T. C. G., Soto, Z. C. I., Oliver, G. M. R., Garrido, F. G. I., & Rodríguez, S. L. M. (2020). Piezas anatómicas preservadas como instrumento de enseñanza de la anatomía veterinaria. *Latin American Journal of Science Education*, 7, Article No. 12004. <https://www.lajse.org/may20.html>
- Gasse, H. (2017). *Nomina Anatómica Veterinaria*. International Committee on Veterinary Gross Anatomic Nomenclature, 6th Edition, Chairman Committee, Hanover. <https://www.wava-amav.org/wava-documents.html>
- Ghosh, S. K. (2017). Cadaveric dissection as an educational tool for anatomical sciences in the 21st century. *Anatomical Sciences Education*, 10(3), 286–299. <https://doi.org/10.1002/ase.1649> Epub 2016 Aug 30. PMID: 27574911
- Ghosh, S. K., & Sharma, S. (2015). Cadaveric preservation under adverse climatic conditions. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 37, 1287–1288. <https://doi.org/10.1007/s00276-015-1505-9>
- Goyri-O'Neill, J., Pais, D., Freire de Andrade, F., Ribeiro, P., Belo, A., O'Neill, A., Ramos, S., & Neves Marques, C. (2013). Improvement of the embalming perfusion method: The innovation and the results by light and scanning electron microscopy. *Acta Médica Portuguesa*, 26(3), 188–194. Epub 2013 Jun 28. PMID: 23815830. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23815830/>
- Guevar, J. (2020). The evolution of educational technology in veterinary anatomy education. In *Advances in Experimental Medicine and Biology*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6_2) PMID: 33211305.

- Inglis, S. D., Tomaszewski, J. E., & Dannenhoffer, R. P. (2017). Imaging and 3D reconstruction of anatomical specimens as an alternative to traditional learning models. *The FASEB Journal*, 31, 736–739. [http://dx.doi.org/10.1096/fasebj.31.1\\_supplement.736.9](http://dx.doi.org/10.1096/fasebj.31.1_supplement.736.9)
- Janczyk, P., Weigner, J., Luebke-Becker, A., Kaessmeyer, S., & Plendl, J. (2011). Nitrite pickling salt as an alternative to formaldehyde for embalming in veterinary anatomy: A study based on histo- and microbiological analyses. *Annals of Anatomy*, 193(1), 71–75. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2010.08.003> PMID: 20829010
- Janczyk, P., Weigner, J., Luebke-Becker, A., Richardson, K. C., & Plendl, J. (2011). A pilot study on ethanol-polyethylene glycol-formalin fixation of farm animal cadavers. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, 124(5-6), 225–227. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22059293/> PMID: 22059293
- Kapoor, K., & Singh, A. (2022). Veterinary anatomy teaching from real to virtual reality: An unprecedented shift during COVID-19 in socially distant era. *Anatomy Histology Embryology*, 51(2), 163–169. <https://doi.org/10.1111/ahe.12783> PMID: 34994005
- Little, W. B., Artemiou, E., Conan, A., & Sparks, C. (2018). Computer assisted learning: Assessment of the veterinary virtual anatomy education software IVALA™. *Veterinary Sciences*, 5(2), 58. <https://doi.org/10.3390/vetsci5020058> PMID: 29921803; PMCID: PMC6024603
- Lombardero, M., Yllera, M. M., Costa-E-Silva, A., Oliveira, M. J., & Ferreira, P. G. (2017). Saturated salt solution: A further step to a formaldehyde-free embalming method for veterinary gross anatomy. *Journal of Anatomy*, 231(2), 309–317. <https://doi.org/10.1111/joa.12634> PMID: 28542788; PMCID: PMC5522894
- McLachlan, J. C. (2004). New path for teaching anatomy: Living anatomy and medical imaging vs. dissection. *Anatomical Record B: New Anatomist*, 281(1), 4–5. <https://doi.org/10.1002/ar.b.20040> PMID: 15558778
- Méhes, G., & Beke, L. (2014). Szövetfixálás a klinikai gyakorlatban [Tissue fixation in clinical practice: The 120-year-old formalin]. *Orvosi Hetilap*, 155(14), 550–553. (in Hungarian). <https://doi.org/10.1556/oh.2014.29859> PMID: 24681677
- Messmer, C., Kellogg, R. T., Zhang, Y., Baiak, A., Leiweke, C., Marcus, J. R., ... & Erdmann, D. (2010). A technique to perfuse cadavers that extends the useful life of fresh tissues: The Duke experience. *Anatomical Sciences Education*, 3(4), 191–194. <https://doi.org/10.1002/ase.159>
- Mohamed, R., Benjamin, L. A., & Sahu, P. K. (2022). Online anatomy teaching during the COVID-19 pandemic: Assessing the perceptions of undergraduate veterinary medical students. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(3), 453–462. <https://doi.org/10.5455/javar.2022.i614>
- Muñoz Moreno, A. (2018). La reificación de los animales no humanos por la institucionalidad médico-veterinaria en Colombia. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.38461>
- Musiał, A., Gryglewski, R. W., Kielczewski, S., Loukas, M., & Wajda, J. (2016). Formalin use in anatomical and histological science in the 19th and 20th centuries. *Folia Medica Cracoviensia*, 56(3), 31–40. PMID: 28275269. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28275269/>
- Nam, S. M., Moon, J. S., Yoon, H. Y., Chang, B. J., & Nahm, S. S. (2020). Comparative evaluation of canine cadaver embalming methods for veterinary anatomy education. *Anatomy Science International*, 95(4), 498–507. <https://doi.org/10.1007/s12565-020-00547-x> Epub Apr 30. PMID: 32356264
- Nieto, B. J. L., García, T. C. G., Pichardo, M. M. R., Reyes, S. A. L., & Soto, Z. C. I. (2014). *Técnicas para preservar piezas anatómicas*. FES-Cuautitlán UNAM, México. ISBN/ISSN: 9786070250972
- Oviedo, J. D. R., Ceballos, J. D. Q., Fajardo, M. A. L., Medina, L. F. L., Loaiza, D. M. G., & Aguirre, E. A. V. (2024). Técnicas electivas de baja toxicidad para la preservación de placentas humanas. <https://sociedadmexicanadeanatomia.com/wp-content/uploads/2024/07/ART.-7.pdf>
- Pereyra, C. F. (2019). *Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído: Evaluación en el miembro pelviano del conejo (Oryctolagus cuniculus)*. Doctoral Thesis, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Rosario. <http://hdl.handle.net/2133/17878>
- Pettorali, M. (2016). Una crítica a la profesión veterinaria desde una perspectiva antiespecista. *Revista de Bioética y Derecho*, 37, 121–131. <https://doi.org/10.1344/rbd2016.37.16154>
- Pichardo-Molinero, M. R., Jardon-Xicotencatl, S., Oliver-González, M. R., & García-Tovar, C. G. (2024). Implementation of a new solution for the preservation of anatomical specimens made of non-toxic substances. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 14(3), 56–67. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2024.143005>

- Pineda, E. P., Guerra, J. A. B., Bernal, R. M. L., & Blanco, Y. Q. (2017). La plastinación como técnica de preservación de material biológico para docencia e investigación en anatomía. *Morfología*, 9(1). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/morfologia/article/download/64759/59743>
- Rollin, B. E. (2006). *Science and ethics*. Cambridge University Press.
- Rossi-Schneider, T. R., Verli, F. D., Yurgel, L. S., De Souza, M. A., & Cherubini, K. (2008). Contribution to the study of the vasculature of submandibular and sublingual glands and lymph nodes of rats by corrosion cast technique combined with scanning electron microscopy. *Microscopy Research & Technique*, 71(10), 737–741. <https://doi.org/10.1002/jemt.20615> PMID: 18655134
- Sandoval, D., Téllez, J., García, A., Rivera, G., Moreno, S., & Moreno, F. (2016). Técnica de diafanización para describir el desarrollo embrionario del sistema óseo: Revisión de la literatura. *Univ Med.*, 57(4), 488–501. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed57-4.tddd>
- Schirone, R., Corte, G. M., Ehlers, J. P., Herre, C., Schmedding, M., Merle, R., Pachtmann, J., & Bahramsoltani, M. (2024). Effects of 3D scans on veterinary students' learning outcomes compared to traditional 2D images in anatomy classes. *Animals (Basel)*, 14(15), 2171. <https://doi.org/10.3390/ani14152171> PMID: 39123697 PMCID: PMC11311044
- Senos, R., Leite, C. A. R., Dos Santos Tolezano, F., Roberto-Rodrigues, M., & Pérez, W. (2023). Using videos in active learning: An experience in veterinary anatomy. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52(1), 50–54. <https://doi.org/10.1111/ahe.12839>
- Silva, R. M., Matera, J. M., & Ribeiro, A. A. (2007). New alternative methods to teach surgical techniques for veterinary medicine students despite the absence of living animals. Is that an academic paradox? *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 36(3), 220–224. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2007.00759.x>
- Sugand, K., Abrahams, P., & Khurana, A. (2010). The anatomy of anatomy: A review for its modernization. *Anatomical Sciences Education*, 3(2), 83–93. <https://doi.org/10.1002/ase.139> PMID: 20205265
- Sutinen, S., Pääkko, P., & Lahti, R. (1979). Post-mortem inflation, radiography, and fixation of human lungs. A method for radiological and pathological correlations and morphometric studies. *Scandinavian Journal of Respiratory Diseases*, 60(1), 29–35. PMID: 375385. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/375385/>
- Szleszkowski, Ł., Kadej, M., Ogórek, R., Thannhäuser, A., Dobrowolski, M. A., & Jurek, T. (2022). “Salt mummification” - Atypical method of embalming a corpse. *International Journal of Legal Medicine*, 136(6), 1829–1840. <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02855-5> PMID: 35739355
- Thomas, S. M., Bednarek, J., Janssen, W. J., & Hume, P. S. (2021). Air-inflation of murine lungs with vascular perfusion-fixation. *Journal of Visualized Experiments*, 2(168), 10.3791/62215. <https://doi.org/10.3791/62215> PMID: 33616116; PMCID: PMC9417600
- Unger, S., Blauth, M., & Schmoelz, W. (2010). Effects of three different preservation methods on the mechanical properties of human and bovine cortical bone. *Bone*, 47(6), 1048–1053. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2010.08.012>
- Uruthiralingam, U., & Rea, P. M. (2020). Augmented and virtual reality in anatomical education - A systematic review. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1235, 89–101. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37639-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37639-0_5) PMID: 32488637
- Valenzuela, M., Catoia, B., Munjin, A., & Valdés, F. (2015). Nuevo método de inclusión en resina poliéster P-4 para cortes anatómicos. *International Journal of Morphology*, 33(1), 275–278. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022015000100043](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022015000100043)
- Varlet, V., Bouvet, A., Cadas, H., Hornung, J. P., & Grabherr, S. (2019). Toward safer thanatopraxy cares: Formaldehyde-releasers use. *Journal of Anatomy*, 235(5), 863–872. <https://doi.org/10.1111/joa.13047> Epub 2019 Jul 11. PMID: 31297814; PMCID: PMC6794211
- Vélez-García, J. F., & Ruiz-Lozano, R. (2017). Reflexión sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje de la anatomía veterinaria. *International Journal of Morphology*, 35(3), 888–892. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022017000300015](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000300015)
- Von Haegens, G. (1979). Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers. *Anatomical Record*, 194, 247–255. <https://doi.org/10.1002/ar.1091940206>
- Weibel, E. R., & Vidone, R. A. (1961). Fixation of the lung by formalin steam in a controlled state of air inflation. *The American Review of Respiratory Disease*, 84, 856–861. <https://doi.org/10.1164/arrd.1961.84.6.856> PMID: 14005591

# ¿Desde cuándo existe la neurociencia y los neurocientíficos?

Jorge Eduardo Duque Parra<sup>1\*</sup>, Jhonatan Duque-Colorado<sup>2</sup>, Laura García-Orozco<sup>2</sup>, María Eugenia Cuastumal Caípe<sup>3</sup>, Jhony Alejandro Díaz Vallejo<sup>1</sup>

1. Programa de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Caldas. Carrera 25 #48-57, C.P. 170004, Manizales, Colombia.
2. Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.
3. Programa de Medicina, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

**\*Autor para correspondencia:**

Jorge Eduardo Duque Parra  
[jorge.duque\\_p@ucaldas.edu.co](mailto:jorge.duque_p@ucaldas.edu.co)

## RESUMEN

Se presenta un análisis histórico sobre el tiempo en que inició la neurociencia y surgieron los primeros neurocientíficos, indicando el error común de llamar así a múltiples personajes que no lo han sido, concluyendo que la neurociencia es una relativa nueva ciencia que surgió en la década de los años 1950 como elemento multidisciplinar y transdisciplinar que involucra varias áreas de la ciencia.

**Palabras clave:** Historia, Neurociencia, Neurocientíficos.

## ABSTRACT

A historical analysis is presented at the time when neuroscience began and the first neuroscientists emerged, indicating the common mistake of calling multiple characters that were not neuroscientists by this name, concluding that neuroscience is a relatively new science that emerged in the 1950s as a multidisciplinary and transdisciplinary element that involves several areas of science.

**Keywords:** History, Neuroscience, Neuroscientist.

## INTRODUCCIÓN

La neurociencia, como disciplina científica, ha evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo, integrando conocimientos provenientes de distintas áreas del saber, tales como la biología, la psicología, la medicina, etc. (Kandel & Squire, 2000). Sin embargo, a menudo se cometen errores en la interpretación histórica de figuras clave en el desarrollo de esta ciencia, atribuyéndoles el título de "neurocientíficos" (Riva et al., 2000), cuando, en realidad, su trabajo se encontraba en campos precursores o diferentes.

Datos históricos e investigaciones tanto del pasado como contemporáneas hasta la actualidad, se han relacionado con la neurociencia y se han vinculado desde diversas áreas del conocimiento. No obstante, su asociación temporal no les otorga el atributo de ser neurociencia, ni a sus autores el título de neurocientíficos. A pesar de ello, es común que muchos textos y revistas especializadas en este campo del conocimiento acrediten a ciertos autores y temáticas bajo la etiqueta de neurociencia. Se citan por ejemplo

personajes como neurocientíficos, que suelen ser acreditados como tal, aunque nunca lo fueron, entre ellos: Herófilo de Calcedonia (335-280 a.n.e) y Erasístrato de Cos (304-250 a.n.e) -médicos y anatomistas griegos- (Wills, 1999), Galeno de Pérgamo (129-216) -médico y anatomista romano de origen griego- (Galeno, 2002), Santiago Felipe Ramón y Cajal (1852-1934) -neurohistólogo español (Duque Parra *et al*, 2011)-, Joseph Babinsky (1857-1932) -neurólogo polaco- (Ambesh *et al*, 2017), Constantin von Monakow (1853-1930) -neuropatólogo ruso-suizo- (Sarikcioglu, 2018).

Un poco desbordantes son los casos indicados de Herófilo y Erasístrato que, se dice: llevaron a cabo algunos de los primeros estudios documentados en el campo de la neurociencia (Stefanou, 2018). También es el caso del fisiólogo alemán Emil du Bois-Reymond (1818-1896) considerado precursor del uso de instrumentos en neurociencia (Finkelstein, 2013). Igualmente cuentan las profundas contribuciones del anatomista e histólogo ucraniano Vladimir Betz (1834-1894) a la neurociencia (Kushchayev *et al.*, 2012). Similarmente, cuentan Víctor Alexander Haden Horsley (1857-1916) neurocirujano británico (Vilensky, 2002), Constantin Freiherr von Economo el psiquiatra y neurólogo austríaco (1876-1931) que según se cita, fue un afamado neurocientífico (Río-Hortega, 2013). Finalmente se anota que Giuseppe Nazzareno Sterzi (1876-1919) neuroanatomista italiano, que, según (Riva *et al.*, 2000), informó sobre el progreso de la neurociencia desde el renacimiento en el siglo XIX.

Aunque los personajes mencionados anteriormente, junto con otros no citados, realizaron importantes aportes al conocimiento de la neurociencia, no trabajaron específicamente en el campo de la neurociencia tal como lo entendemos hoy. Este fenómeno puede deberse a la tendencia de interpretar retrospectivamente los descubrimientos de épocas pasadas bajo la óptica de la neurociencia. Sin embargo, es crucial reconocer que la neurociencia, como disciplina formal, es relativamente nueva (Blakemore, 1986; Duque Parra, 2001) y surgió como una ciencia multidisciplinaria y transdisciplinaria. De este modo, la presente revisión tiene el fin de presentar un análisis histórico sobre el tiempo en que inició la neurociencia y surgieron los primeros neurocientíficos, indicando el error común de llamar así a múltiples personajes que no lo han sido.

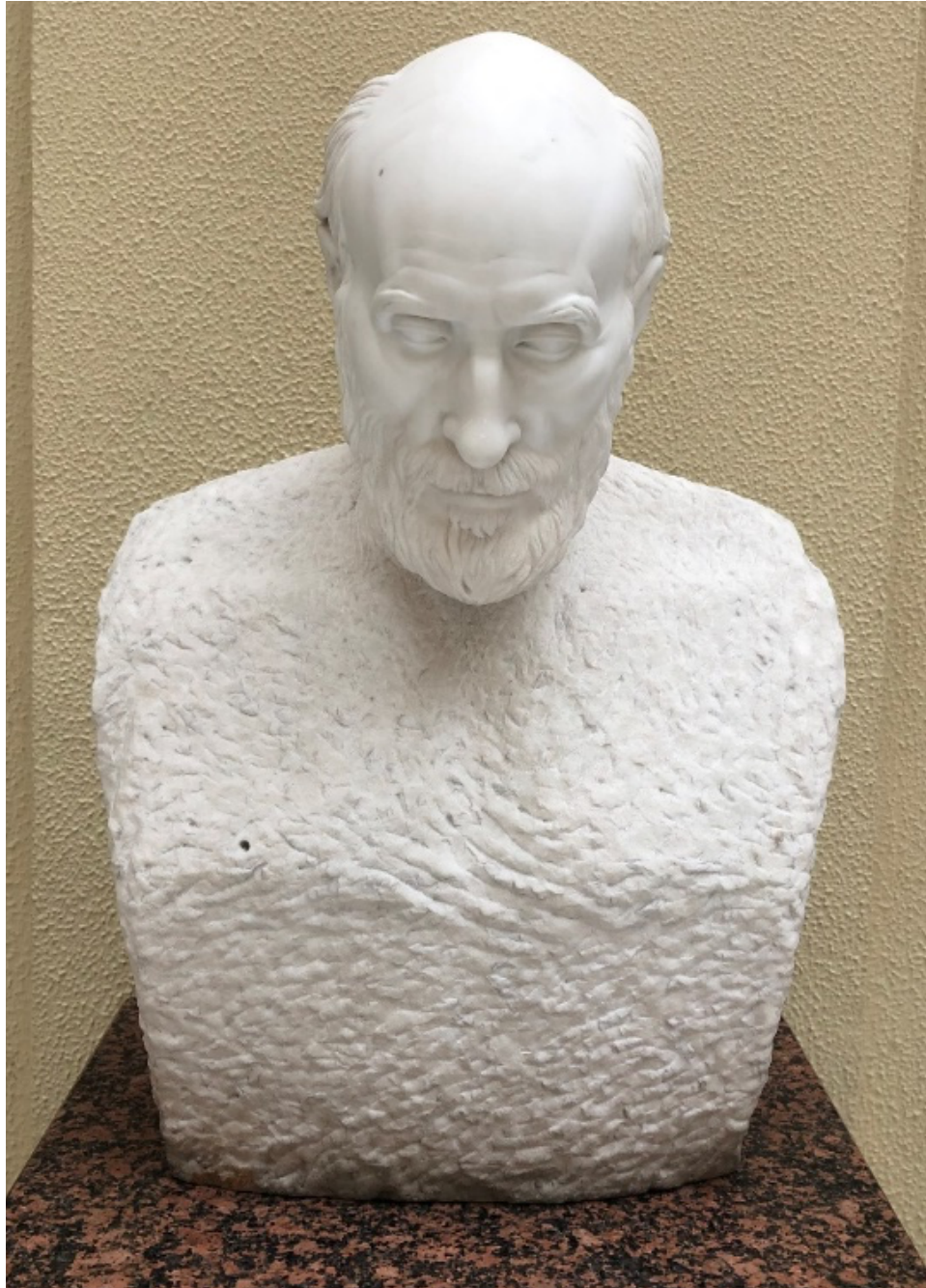
## DISCUSIÓN

Hay graves errores de apreciación sobre lo qué es la neurociencia y los neurocientíficos que son fundamentalmente quienes hacen esta ciencia, pues sin que aún hubiera empezado esta área del conocimiento que surgió en el siglo XX, originalmente en la década de los años 1950 (Duque Parra, 2001) y para otros en los años 1960 (Blakemore, 1986), aún no habían nacido Herófilo, Erasístrato, Galeno de Pérgamo. Incluso tampoco se debe considerar a Santiago Felipe Ramón y Cajal (Palacios Sánchez *et al.*, 2015; Duque Parra *et al.*, 2011) -nombrado especialmente por los españoles como padre de la neurociencia- aunque sí se destaca que este fue uno de los pioneros de la ciencia neural (Duque Parra *et al.*, 2011) -algo diferente- (Figura 1). Igualmente, Babinsky, von Monakow, Horsley y Sterzi -de este último se cita informaba de ella- tampoco, pues no existía aún la neurociencia.

¿Cuál posiblemente es el error de estas notas que suelen hacer muchos autores al respecto y a la que los diversos editores parecen no importarle? El desconocimiento de que independientemente del tiempo en que vivieron, la neurociencia no existía aún y que más bien, estos individuos han contribuido desde áreas diferentes del conocimiento a la multiciencia de la neurociencia, ayudando a afianzarla con base en sus aportes no propiamente como neurocientíficos. Los autores citados atrás desde Erasístrato, hasta von Monakov y Cajal,



innegablemente aportaron al campo de la neurociencia, pero esta área del conocimiento no estaba constituida como tal, además de muchos filósofos de la antigüedad que inicialmente fundamentaron desde el diálogo y la reflexión -la mayoría de los filósofos no son neurocientíficos, aunque pueden pensar y emitir juicios de peso en torno a este campo-.



**Figura 1.** Busto del neurohistólogo español (Premio Nobel) Santiago Felipe Ramón y Cajal es usualmente nombrado como neurocientífico. Murió en 1934 y la neurociencia inició en la década de los años 1950.

Aseverar que la neuroanatomía, por ejemplo, es neurociencia, es como decir que los hermanos Wright por el hecho de iniciar el primer vuelo a motor, fueron astronautas; o que un constructor de tornillos que sirven para ajustar piezas de carros sea necesariamente un piloto de carreras. La neurociencia es multidisciplinaria y recopila información del sistema nervioso, base para la conducta (Squire, 2013), abarcando una amplia gama de esfuerzos de investigación desde la biología molecular de las células nerviosas, hasta la base biológica del comportamiento normal y desordenado, emoción y cognición (Squire, 2013); la neurociencia está avanzando y ha logrado mediante sus aportantes, dar respuestas a interrogantes propios de esta área del conocimiento a las dudas que persisten y a la aclaración de que la historia no es el estudio del pasado, sino el estudio del cambio, pues ella nos enseña cómo han mutado las cosas (Harari, 2024)-.

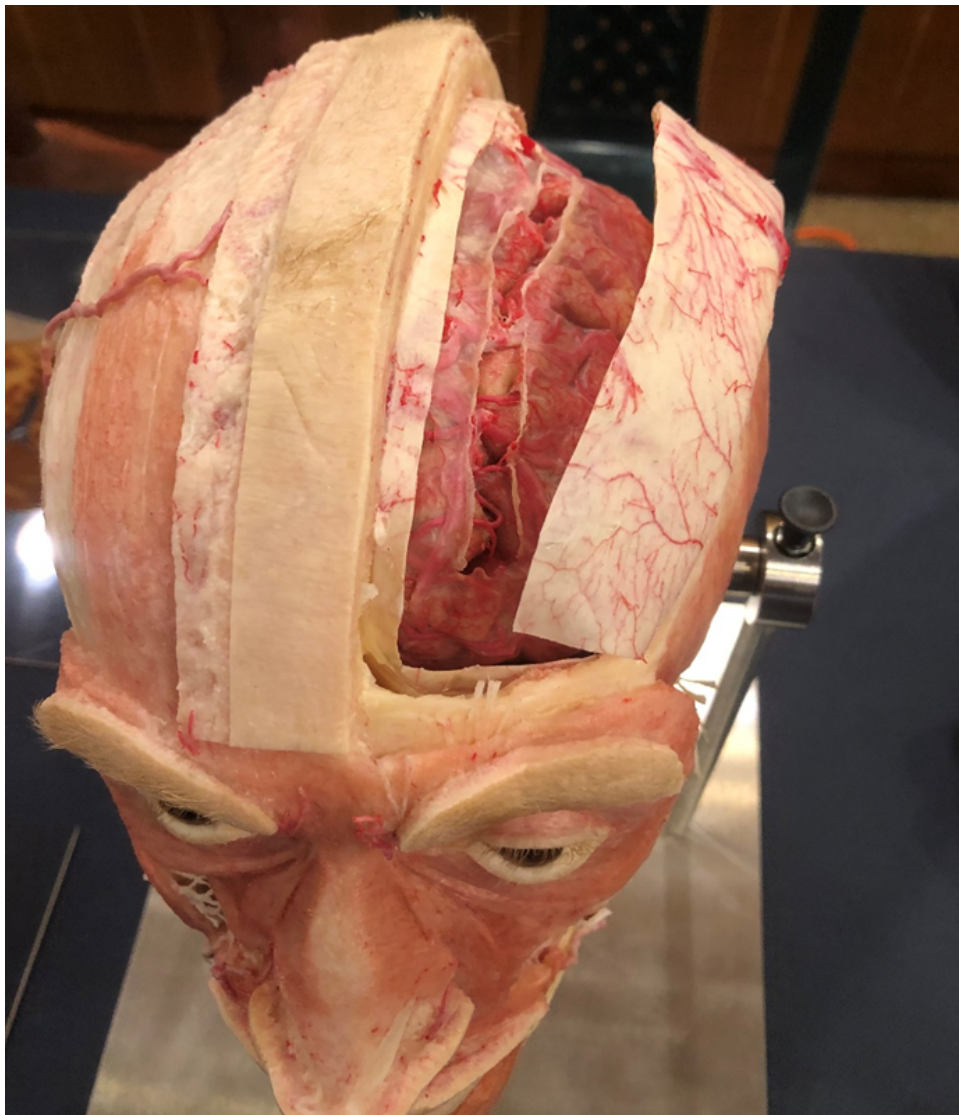
Hace unos 73 años, la neuroanatomía, la neurofisiología, la neuroquímica y el comportamiento eran disciplinas distintas y aisladas unas de otras, debido a sus propias complejidades y provincianismos. La neurociencia fundamentalmente es una especie de entidad interdisciplinaria -algunas de las cuales tienen raíces en la antigüedad (Purpura, 1975)- y multicultural, que suele incluir en grandes campos del saber, como la filosofía, la biología, la psicología y la medicina. Por lo tanto, la neurociencia emerge en las múltiples interfaces (Rose, 2008), con lo que el término neurociencia es relativamente joven y surge con una asociación de neurocientíficos profesionales fundada en 1969 y su primera reunión en 1971 (Fields, 2018).

No obstante, el estudio del cerebro es tan antiguo como la propia ciencia y la revolución de la neurociencia se inició cuando variados científicos se dieron cuenta que la mejor esperanza para discernir el funcionamiento del cerebro, necesitaba de un posicionamiento multidisciplinar que requiera conocimientos sobre infinidad de hechos, desde la estructura de una molécula como la acetilcolina, hasta la razón por la que los perros que empleó el fisiólogo ruso Iván Petróvich Pavlov (849-1936) segregaban saliva cuando sonaba la campana. Por lo tanto, la unidad de estudio de la neurociencia como disciplina, requiere de diferentes niveles de análisis (Soriano Mas et al., 2007), es decir, es multidisciplinar a la vez que transdisciplinar, un área del conocimiento humano que incluye múltiples disciplinas aparentemente disímiles entre sí, las cuales contribuyen al conocimiento del sistema nervioso y por lo tanto aportan significativamente al entendimiento de las conductas de los complejos seres vivos (Duque Parra, 2021), especialmente de nosotros la subespecie *Homo sapiens sapiens*. Se diferencia la neurociencia de otras ciencias cognitivas porque puede enunciar de manera más inequívoca sus interrogantes, presentar sus variados métodos y verificar si se avanza o no con vías a la solución de la comprensión del sistema nervioso y las diversas conductas; para esto, el ser humano ha construido los mejores puentes explicativos entre el nivel biofísico, neurobioquímico, neuronal, sinneuronal (glial) pasando por la neuroanatomía macroscópica, haciéndose complejo en la explicación de la percepción, la memoria, el aprendizaje entre otras (Figura 2).

Solo en el siglo XX de manera inicial, se buscó el desarrollo común de un lenguaje entre los neurobiólogos, a través de una serie de conferencias sobre las ciencias del cerebro, tales como la del simposio titulado: "Mecanismos cerebrales y conciencia", promovido en 1952 en el consejo internacional de organismos de ciencias médicas -UNESCO-OMS- (Fernández-Guardiola, 1979) y el organizado por la UNESCO en 1968 (Rose, 1972).

Al igual que el surgimiento de las palabras, en espacio y tiempo determinado, la palabra neurociencia se introdujo a mediados de la década de 1950-1960, para señalar el comienzo de una era en la que cada una de las disciplinas integradas trabajarían más aunadas o de manera cooperativa, compartiendo un lenguaje

común, conceptos comunes y un objetivo unificado: el comprender la estructura y función del sistema nervioso en estado normal y en estado alterado (Squire, 2013). Por ello, la neurociencia abarca una amplia gama de esfuerzos de investigación muy centrados en la biología molecular de las células de linaje nervioso, particularmente la base neurobiológica que permite comprender en parte el comportamiento normal y alterado, el aprendizaje, la emoción y la cognición. Así, esta ciencia ha entrelazado en un nuevo arreglo significativo, tanto histórica como científicamente, saberes científicos previamente independientes; es la multiplicidad de esos saberes la que le da el nombre singular de neurociencia, aunque algunos la denominan en plural neurociencias (Duque Parra, 2021). Ahora bien, no podríamos hablar de ciencia en singular si no fuera porque todas las ciencias, a pesar de sus aspectos característicos y de un cierto grado de autonomía, poseen aspectos comunes (Mayr, 2016).



**Figura 2.** Imagen de corte sagital de la cabeza de un ser humano con sus meninges y encéfalo. La neurociencia se sirve entre otras áreas de la neuroanatomía, sin ser esta última neurociencia.

## CONCLUSIÓN

El campo del conocimiento neurocientífico es un conjunto de áreas de la ciencia que analizan el sistema nervioso para intentar comprender las bases del comportamiento mediante estudios que han estado en marcha fuertemente desde mediados del siglo XX y que muy antiguamente, a la par que, con los antiguos filósofos, iniciaron sin ser neurociencia y con la contribución de los neuroanatomistas, neurohistólogos, neuroquímicos, neurofisiólogos, neurólogos, psiquiatras, entre otros. Es la sumatoria de las variadas escalas de propiedades y conocimientos diversos como lo biofísico, iónico, molecular, celular, histológico, bioquímico, genético, electrofisiológico y las diversas vías nerviosas -el conectoma- entre otras, lo que da el significado total, como el resultado de una obra literaria lo da la suma de letras, signos de puntuación, párrafos, hojas.

## REFERENCIAS

- Ambesh P, Kumar Paliwal V, Shetty V, Kamholz S (2017). The Babinski Sign: A comprehensive review. *Journal of Neurological Sciences*, 15:372:477-81.
- Blakemore, C. (1986). La naturaleza de la explicación en el estudio del cerebro. Warwick Coen, C. (Ed). *Las funciones del cerebro*. pp. 242-266. Editorial Ariel S.A.
- Duque Parra, J. E (2021). *¿Qué es la neurociencia? Evolución de su estructura*. XIII congreso internacional de Neurociencias. Colegio Colombiano de Neurociencias. IBRO, 52.
- Duque Parra, J. E. (2001). Las Neurociencias: orígenes y conceptos. *Revista Medicina de Caldas*, 15, 29-35.
- Duque Parra, J. E., Barco Ríos, J., Peláez Cortes, F. J. C. (2011). Santiago Felipe Ramón y Cajal, ¿Padre de la Neurociencia o Pionero de la Ciencia Neural? *International Journal of Morphology*, 29(4), 1202-1206. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022011000400022>
- Fernández-Guardiola, A. (1979). *La conciencia. El problema mente cerebro*. Trillas.
- Fields, R. D (2018). The First Annual Meeting of the Society for Neuroscience, 1971: Reflections approaching the 50th anniversary of the Society's formation. *The Journal of Neuroscience*, 38(44):9311-7. <http://dx.doi:10.1523/JNEUROSCI.3598-17>.
- Finkelstein, G. (2013). *Emil du Bois-Reymond: Neuroscience, self, and society in nineteenth-Century Germany*. The MIT Press.
- Galeno (2002). *Procedimientos anatómicos*. Libros I-IX. Editorial Gredos.
- Harari, Y. N. (2024). *Nexus Una breve historia de las redes de información desde la edad de piedra hasta la IA*. Debate.
- Kandel ER, Squire LR (2000). Neuroscience: Breaking down scientific barriers to the study of brain and mind. *Science*, 290, 1113-20. <http://dx.doi:10.1126/science.290.5494.1>
- Kushchayev, S.V., Moskalenko, V.F., Wiener, P.C, Tsymbaliuk, V.I., Cherkasov, V.G., Dzyavulska, I.V., Kovalchuk, O.I., Sonntag, V.K.H., Spetzler, R.F., Preul, M.C. (2012). The discovery of the pyramidal neurons: Vladimir Betz and a new era of neuroscience. *Brain*, 135(Pt 1):285-300. doi: 10.1093/brain/awr276.
- Mayr, E. (2016). *Así es la biología*. Debate.
- Palacios Sánchez, L., Vergara Méndez, L. D., Liévano. J. P., Guerrero, A. (2015). Santiago Ramón y Cajal, neurocientífico y pintor. *Acta Neurológica Colombiana*, 31(4), 454-461.
- Purpura, D. P. (1975). Introduction and overview. National institute of neurological diseases and blindness: origins, founding, and early years. Tower, D.B. *The nervous system. Vol 1. pp Iviii-lxii. The basic Neurosciences*. Raven Press, publishers.
- Río-Hortega, J. (2013) A propósito de los descubrimientos de la microglía y la oligodendroglía: Pío del Río-Hortega y su relación con Achúcarro y Cajal (1914-1934). *Neurosciences and History*, 1(4), 176-190.
- Riva, A., Orrú, B., Riva, F. T. (2000). Giuseppe Sterzi (1876-1919) of the University of Cagliari: a brilliant neuroanatomist and medical historian. *The Anatomical Record (New Anatomist)*, 261 (3), 105-110.
- Rose, S (1972). El futuro de las ciencias del cerebro. En: *El fantástico mundo del cerebro*. Nathan P et al. Monte Avila editores. 127-138.
- Rose, S. (2008). *Tu cerebro mañana. Cómo será la mente del futuro*. Ediciones Paidós Ibérica S.A.

- Sarikcioglu L. Constantin von Monakow (1853-1930) and his legacy to science Childs Nerv Syst. 2018. 34(1):1-3.
- Soriano Mas, C., Guillazo Blanch, G., Redolar Ripoll, D. A., Torras García, M., Vale Martínez, A. (2007). *Fundamentos de Neurociencia*. Editorial UOC.
- Squire, L. R., Berg, D., Bloom, F. E., du Lac, S., Ghosh, A., Spitzer, N. C. (2013). *Fundamental neuroscience*. Elsevier.
- Stefanou, M.I. (2020). The footprints of neuroscience in Alexandria during the 3rd-century BC: Herophilus and Erasistratus. *Journal of Medical Biography*, 28(4),186-194. DOI: 10.1177/0967772018789349
- Vilensky, J. A. (2002). Sir Victor Alexander Haden Horsley (1857-1916): neurosurgeon and neuroscientist. *Clinical Anatomy*, 15(3),171-172. DOI: 10.1002/ca.10033.
- Wills, A (1999). Herophilus, Erasistratus, and the birth of neuroscience. *The Lancet*, 354: 1719-20.



# De células a embriones: celebrando la trayectoria de una gran científica

**Eduardo Agustín Godínez<sup>1\*</sup>, Manuel S. Arteaga Martínez<sup>2</sup> y Francisco Raúl Barroso Villafuerte<sup>3</sup>**

1. Laboratorio de Diagnóstico Médico Especializado en Anatomía Patológica e Inmunohistoquímica (DIME), Especialidades Médica Campestre, León, Guanajuato, Mexico.
2. Escuela de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Panamericana, Ciudad de México, México
3. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

**\* Autor de correspondencia:**

Eduardo Agustín Godínez

[dr.agustin.patologia@gmail.com](mailto:dr.agustin.patologia@gmail.com)

La anatomía, la embriología y la histología son mucho más que ciencias; son lenguajes secretos de la vida que nos permiten leer los versos silenciosos del cuerpo humano. Desde la organización precisa de un tejido hasta la sinfonía invisible de un embrión en formación, cada célula, cada estructura, revela un orden que trasciende lo evidente. Comprender estas disciplinas es aprender a mirar con otros ojos, a escuchar la música sutil de la existencia en su estado más puro.

Dedicarse a ellas es abrazar la vocación de desentrañar misterios y, al mismo tiempo, rendir homenaje a la perfección de lo diminuto y lo grandioso. No todos tienen el don de hacerlo con sensibilidad, pasión y maestría. La Dra. María Isabel García Peláez, a lo largo de su vida, no solo ha estudiado estos lenguajes: los ha enseñado, los ha iluminado y los ha vivido plenamente. En sus manos, la embriología y la histología encontraron a una intérprete excepcional que, más que transmitir conocimiento, sembró pasión y dejó huellas imborrables en todos aquellos que tuvimos el privilegio de aprender de ella.

Hoy, mediante este escrito, rendimos homenaje a su legado. En el marco del XXX Congreso Nacional de Anatomía, organizado por la Sociedad Mexicana de Anatomía en el hermoso puerto de Veracruz, se le ha otorgado el Premio Andrés Vesalio 2024, un reconocimiento que busca, en humilde justicia, reflejar la grandeza de una vida dedicada a descubrir, comprender y enseñar los secretos más íntimos de la vida misma.

Hablar de la Dra. María Isabel García Peláez es recorrer un entramado perfecto de pasiones: la enseñanza, la investigación y el acompañamiento humano en la formación de generaciones de médicos y científicos. Como las delicadas fibras que estructuran una matriz celular, su vida profesional ha sido el sostén, el impulso y la inspiración de quienes hemos tenido el privilegio de transitar su legado.



### GÉNESIS DE VIDA: LA VOCACIÓN DE FORMAR ORÍGENES

Nacida el 19 de septiembre de 1955 en Madrid, España (Figura 1A), en el seno de una familia de educadores —el Sr. Ramón García Castellanos y la Sra. Isabel Peláez Ballesteros— (Figura 1B), su vida temprana estuvo inmersa en los valores de la disciplina, la curiosidad y la pasión por compartir el conocimiento. Segunda de tres hermanos, su infancia transcurrió entre las calles de Madrid y los recuerdos de “un lugar de la Mancha”, como en un tejido familiar lleno de memorias (Figura 1C).

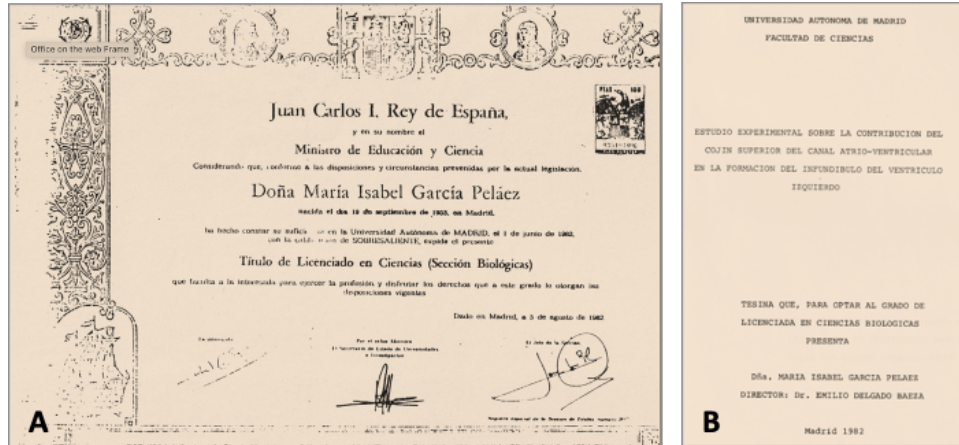
Contrajo matrimonio en 1990 con el Dr. Manuel Arteaga Martínez (Figura 1D), con quien procreó dos hijos: Juan Ramón, licenciado en Turismo, y María Isabel, licenciada en Arquitectura. La familia ha sido el eje afectivo y motivacional en su vida académica y profesional.



**Figura 1.** Génesis de vida: la vocación de formar orígenes. A. Sus padres: Isabel Peláez Ballesteros Y Ramón García Castellanos. B. Su familia en Almedina (Provincia de Ciudad Real, España) (±1970). C. Los tres hermanos en Almedina (±1971). D. Su matrimonio (1990).

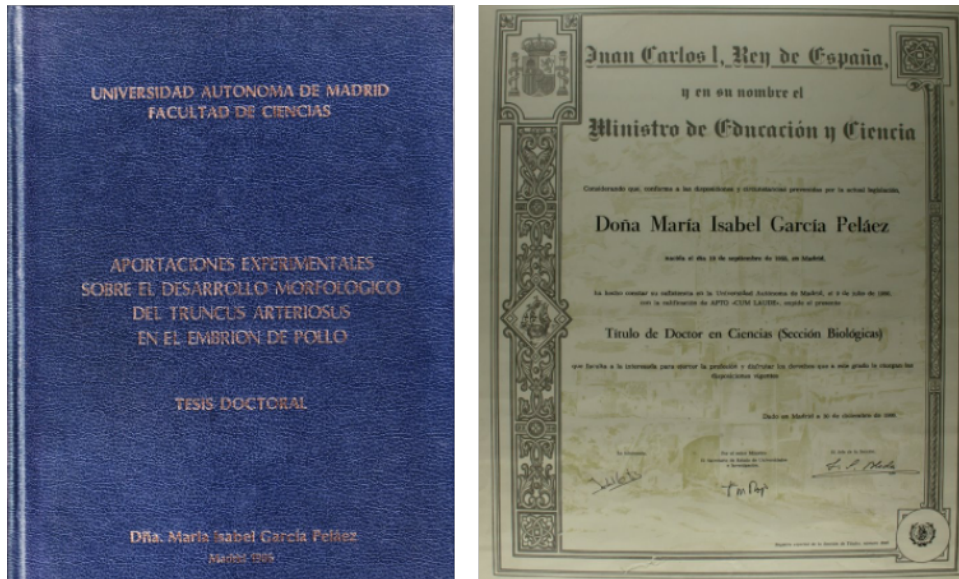
## FORMACIÓN ACADÉMICA: PRIMERAS DIVISIONES CELULARES

La Dra. García Peláez cursó la Licenciatura en Ciencias Biológicas en la Universidad Autónoma de Madrid entre 1972 y 1978 (**Figura 2A**). Su afinidad por los procesos morfogénéticos y el desarrollo embrionario se perfiló con claridad desde sus primeras investigaciones. Su tesis de licenciatura sobre el cojín superior del canal atrioventricular y su papel en la formación del tracto de salida del ventrículo izquierdo marcó el inicio de una brillante carrera científica (**Figura 2B**).



**Figura 2.** Formación académica: primeras divisiones celulares. A. Título de Licenciatura (1982). B. Tesis de Licenciatura (1982).

Posteriormente, obtuvo el grado de Doctora en Ciencias Biológicas en 1986, con la máxima distinción *Apto Cum Laude*. Su investigación experimental sobre el *truncus arteriosus* en el embrión de pollo (**Figura 3**) es, hasta hoy, referencia obligada en la embriología cardiovascular.



**Figura 3.** Tesis y Título de Doctorado (1986).

## TRAYECTORIA PROFESIONAL: EL TEJIDO DE SU LEGADO

Entre 1979 y 1986, se desempeñó como investigadora en el Hospital Ramón y Cajal en Madrid. En 1987, su camino la llevó a México, donde en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) halló un terreno fértil para expandir su vocación (Figura 4).

[illegible]

**Figura 4.** Trayectoria profesional. Primer nombramiento en la UNAM (1987).

Ingresó como Técnico Académico Asociado “B” en el Departamento de Anatomía, y muy pronto se consolidó como Profesora-Investigadora de tiempo completo en el Departamento de Biología Celular y Tisular. Entre 2015 y 2021, ejerció como jefa de dicho Departamento, liderando actualizaciones curriculares, fortaleciendo programas de investigación y formando nuevas generaciones de especialistas (Figura 5).

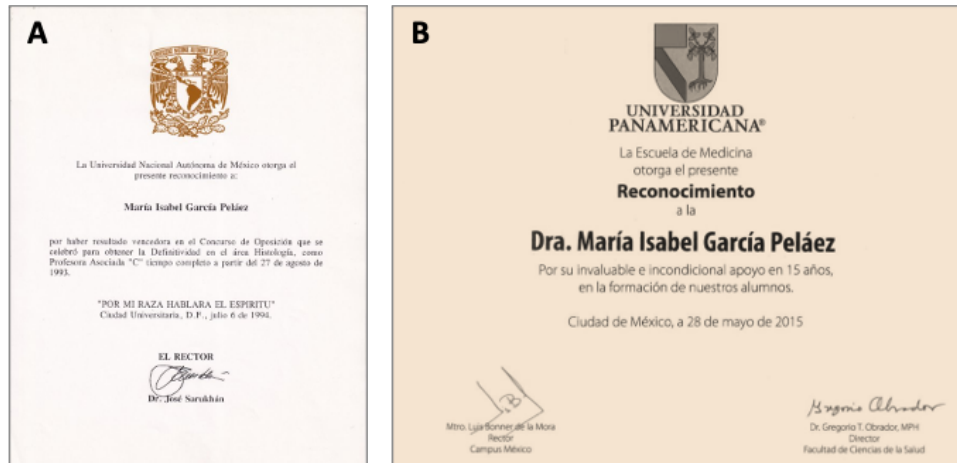


**Figura 5.** Trayectoria profesional. Nombramiento de jefa del Departamento de Histología en la UNAM (2015).



## DOCENCIA: LA MORFOGÉNESIS DE NUEVAS GENERACIONES

La Dra. García Peláez ha sido profesora titular de Histología Médica en la Facultad de Medicina de la UNAM desde 1990 (**Figura 6A**). Además, en la Universidad Panamericana forjó durante casi dos décadas (1997-2015) de generaciones de médicos con su pasión por la Biología del Desarrollo (**Figura 6B**).



**Figura 6.** Docencia. A. Nombramiento de jefa del Departamento de Histología en la UNAM (2015). B. Reconocimiento por su labor docente en la UP (1996-2015).

Ha dirigido tesis de licenciatura y posgrado en Medicina, Ciencias y Odontología en la UNAM, y en múltiples instituciones mexicanas. Cada orientación suya ha sido como una citocinesis, dividiendo conocimientos y multiplicando saberes (**Figura 7A-B**).



**Figura 6.** Docencia. A. 1er Congreso Verano de la Investigación Científica de la Academia Mexicana de Ciencias 1993. Dra. Isabel García Peláez, Dr. Roberto Lazzarini Lechuga, Dr. Manuel S. Arteaga Martínez. B. Departamento de Biología Celular y Tisular Facultad de Medicina UNAM, 2026. Dra. Isabel García Peláez y su alumno de Maestría Dr. Eduardo Agustín Godínez.

## INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN CIENTÍFICA: EL ADN DE SU OBRA

Con más de cien artículos publicados en revistas especializadas, su contribución es vasta. Es coautora del *Libro de Embriología Humana y Biología del Desarrollo* (ediciones 2013, 2014, 2017, 2021 y 2025) (**Figura 7A**) y responsable de la 13ª edición en español del *Histología Básica. Texto y Atlas* de Junqueira y Carneiro (**Figura 7B**). Además, es coautora del *Libro de Morfología Humana* (2022) (**Figura 7C**).



**Figura 7.** Investigación y producción científica. A. Libro *Embriología Humana y Biología del Desarrollo* (ediciones 2013, 2014, 2017, 2021 y 2025). B. Libro *Histología Básica. Texto y Atlas*. Junqueira & Carneiro. 13ª Edición (2021). C. Libro *Morfología Humana* (2022).

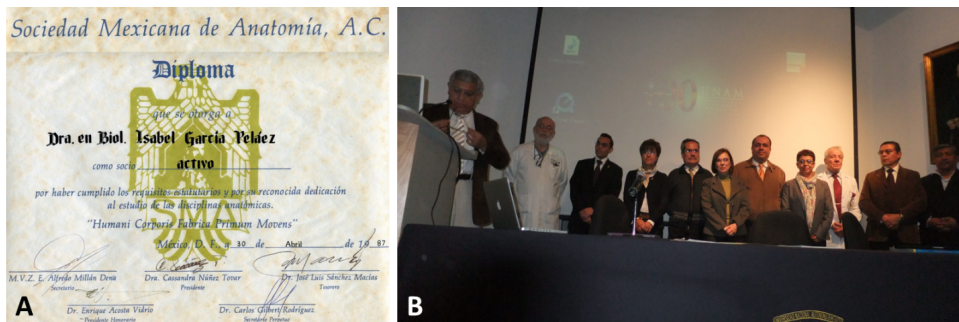
## PARTICIPACIÓN ACADÉMICA: REDES DE CONOCIMIENTO

Su actividad en organizaciones académicas ha sido intensa y constante. Es miembro del *Working Group of Embryology and Teratology of the European Society of Cardiology*, de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, de la Sociedad Mexicana de Anatomía (**Figura 8**), de la Asociación Mexicana de Genética Humana, de la Asociación Panamericana de Anatomía y de la *Anton Van Leeuwenhoek Society for Life & Exact Sciences*.



**Figura 8.** Working Group of Embryology and Teratology de la European Society of Cardiology (1980).

Fue Vocal (Bienio 2007–2008), secretaria (Bienio 2009–2010), vicepresidenta (Bienio 2011–2012) y presidenta de la Sociedad Mexicana de Anatomía (2013–2014) (**Figura 9**), y vicepresidenta de la Asociación Panamericana de Anatomía (2013–2016) (**Figura 10**), contribuyendo de manera decisiva a la integración regional de nuestra disciplina.



**Figura 9.** Participación académica. A. Diploma de Ingreso a la Sociedad Mexicana de Anatomía (1987). B. Toma de posesión como presidenta de la Sociedad Mexicana de Anatomía (2013).





**Figura 10.** Participación académica. A. Diploma de Socio Fundador de la Academia Panamericana de Anatomía (2012). B. Nombramiento como vicepresidenta de la Asociación Panamericana de Anatomía (2013).

### RECONOCIMIENTOS: TEJIDOS DE HONOR

Ha recibido más de setenta y cinco distinciones, entre las que destacan el Premio GEN para Fomento de la Investigación en Defectos al Nacimiento (1987), el Primer Lugar en el VIII Premio Nacional de Investigación *Glaxo Wellcome* (1996) y el Premio “Dr. José Laguna García” al Mérito Docente de Excelencia (2018).

### LEGADO: LA SINAPSIS QUE PERMANECE

La Dra. García Peláez no solo ha dejado una huella académica imperecedera; ha marcado a generaciones de estudiantes, investigadores y docentes, sembrando en nosotros el amor por los tejidos, las células y la ciencia (**Figura 11**).



**Figura 11.** Legado. VII Concurso Nacional Estudiantil de Morfología. Durango, Durango (2013).

Su enseñanza ha sido un proceso vivo de proliferación, diferenciación y maduración, como la formación misma de un órgano. Su legado está inscrito en cada alumno que aprendió a ver en cada corte histológico, no solo estructuras, sino historias de vida (**Figuras 12**).



**Figura 12.** Legado. Concurso Nacional Estudiantil de Morfología. Monterrey, Nuevo León. (2018).

Hoy, a través de esta semblanza publicada en el órgano oficial de la Sociedad Mexicana de Anatomía, *la Revista Panamericana de Morfología*, rendimos homenaje a quien ha sabido transformar el conocimiento en humanidad. Gracias, Dra. María Isabel García Peláez, por enseñarnos que en cada célula late una historia y que en cada tejido se escribe el poema de la vida (**Figura 13**).



**Figura 13.** Embrión de Pollo (*Gallus gallus domesticus*, línea White Leghorn) montado en bloque y teñido con la técnica de verde luz, estadio 10 de la clasificación de Hamburger & Hamilton.

# Tensor of the vastus intermedius muscle: anatomy, function, and clinical implications

Carolina Sena Vieira<sup>1\*</sup>, Sóstenes Silva de Oliveira<sup>2</sup>

1. Medical Program, UniAtenas Curso de Medicina, Porto Seguro, Bahia, Brazil.
2. Professor of Human and Topographic Anatomy, Research and Scientific Initiation Department Advisor, UniAtenas Curso de Medicina, Porto Seguro, Bahia, Brazil.

**\*Autor para correspondencia:**

Carolina Sena Vieira

[kaahvieira.si@gmail.com](mailto:kaahvieira.si@gmail.com)

## ABSTRACT

The quadriceps femoris is traditionally described as comprising four muscles. However, recent anatomical studies have identified a fifth muscle, the tensor of the vastus intermedius (TVI), located between the vastus lateralis and vastus intermedius. This structure remains underexplored, with limited understanding of its morphology, function, and clinical significance. This study aimed to analyze and describe the anatomical characteristics, morphological variations, and clinical implications of the TVI, contributing to its recognition in musculoskeletal anatomy. A systematic review was conducted following PRISMA guidelines. Scientific databases (PubMed, SciELO, LILACS) were searched for studies published between 2010 and 2025, focusing on the anatomy, biomechanics, and surgical relevance of the TVI. Articles describing cadaveric dissections, imaging studies, and clinical correlations were included. The TVI was identified in 65% of cadaveric dissections, showing variable morphology and fiber orientation. It contributes to patellar stabilization and interacts with neurovascular structures, raising concerns in orthopedic surgery and rehabilitation. Imaging techniques, particularly high-resolution MRI, improve its identification, preventing misdiagnosis such as tumors or muscle anomalies. The TVI plays a key role in knee biomechanics yet remains underrepresented in anatomical models. Its recognition may enhance surgical planning, rehabilitation protocols, and anatomical education. Further research is essential to clarify its functional impact and clinical applications.

**Keywords:** Quadriceps femoris, Tensor of the vastus intermedius, Anatomy, Knee biomechanics, Orthopedic surgery.

## RESUMEN

El músculo cuádriceps femoral se describe tradicionalmente como compuesto por cuatro músculos. Sin embargo, estudios anatómicos recientes han identificado un quinto músculo, el tensor del vasto intermedio (TVI), ubicado entre el vasto lateral y el vasto intermedio. Esta estructura sigue siendo poco explorada, con escasa comprensión de su morfología, función y relevancia clínica. Este estudio tuvo como objetivo analizar y describir las características anatómicas, variaciones morfológicas e implicaciones clínicas del TVI, contribuyendo a su reconocimiento en la anatomía musculoesquelética. Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA. Se buscaron estudios publicados entre 2010 y 2025 en bases de datos científicas (PubMed, SciELO, LILACS), centrados en la anatomía, biomecánica y relevancia quirúrgica del TVI. Se incluyeron artículos que describen disecciones cadavéricas, estudios de imagen y correlaciones clínicas. El TVI fue identificado en el 65% de las disecciones cadavéricas, presentando morfología y orientación de fibras variables. Contribuye a la estabilización de la rótula e interactúa con estructuras neurovasculares, lo que plantea preocupaciones en cirugía ortopédica y rehabilitación. Las técnicas de imagen, especialmente la resonancia magnética de alta resolución, mejoran su identificación, evitando diagnósticos erróneos como tumores o anomalías musculares. El TVI desempeña un papel clave en la biomecánica de la rodilla, pero sigue estando poco representado en los modelos anatómicos. Su reconocimiento puede mejorar la planificación

quirúrgica, los protocolos de rehabilitación y la enseñanza anatómica. Se necesitan más investigaciones para esclarecer su impacto funcional y aplicaciones clínicas.

**Palabras clave:** Cuádriceps femoral, Tensor del vasto intermedio, Anatomía, Biomecánica de la rodilla, Cirugía ortopédica.

## INTRODUCTION

The quadriceps femoris muscle is classically described as a muscle group composed of four portions: rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, and vastus intermedius (Grob *et al.*, 2016). However, recent studies using anatomical dissection and magnetic resonance imaging (MRI) have identified the presence of a fifth muscle head, referred to as the tensor of the vastus intermedius (TVI) muscle, located between the vastus lateralis and the vastus intermedius (Grob *et al.*, 2017). This new anatomical perspective challenges the traditional description of quadriceps muscle anatomy, directly influencing biomechanical understanding and surgical approaches to the knee (Schueda *et al.*, 2021).

Cadaveric studies and imaging analyses have shown that TVI is present in a significant portion of the population, with morphological variations that allow its classification into four distinct patterns: independent, vastus lateralis type, vastus intermedius type, and common type (Grob *et al.*, 2016). Additionally, its origin and insertion may vary, with some fibers merging into the vastus lateralis, while others follow an independent path to the quadriceps tendon, indicating that its function may be more complex than previously assumed (Grob *et al.*, 2017).

The presence of the TVI has significant clinical and surgical implications, particularly in orthopedic procedures involving the knee extensor apparatus, such as arthroplasties, tendon repairs, and femur fracture fixation (Schueda *et al.*, 2021). In surgical approaches, its proximity to critical neurovascular structures, such as branches of the femoral nerve and adjacent vessels, reinforces the need for detailed anatomical knowledge to prevent intraoperative complications and reduce the risk of iatrogenic injuries (Grob *et al.*, 2016).

The identification of the TVI through imaging techniques, such as MRI and ultrasonography, has proven to be a useful tool for surgical planning, enabling precise localization of the structure and its relationship with adjacent muscles (Grob *et al.*, 2017). Furthermore, its biomechanics may play a crucial role in patellar stabilization and knee alignment, directly impacting postoperative rehabilitation and the success of orthopedic treatments (Schueda *et al.*, 2021).

Therefore, this study aims to analyze and describe the anatomical characteristics of the tensor of the vastus intermedius muscle, its morphological variations, and its importance in orthopedic surgical practice, contributing to the advancement of knowledge on the functional anatomy of the quadriceps femoris and its impact on knee biomechanics.

## MATERIALS AND METHODS

This study was conducted through a systematic literature review, based on the principles of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), ensuring transparency and reproducibility of the research. The databases used were PubMed, SciELO, and LILACS, searching for articles published between 2010 and 2025 that addressed the anatomy and clinical relevance of the TVI muscle, its presence, anatomical variations, and surgical implications. The selection of articles was



performed using the Health Sciences Descriptors (DeCS) and the Medical Subject Headings (MeSH), with the terms “Skeletal Muscle,” “Anatomy,” “Orthopedic Surgical Procedures,” and “Knee”, ensuring a refined search strategy and greater accuracy in study selection.

Only studies that described the anatomy of the TVI based on cadaveric dissections and imaging techniques, such as MRI and ultrasonography, were included, as well as articles that explored the relationship between this structure and orthopedic surgical approaches, particularly in procedures such as knee arthroplasties, tendon repair, and femur fracture fixation. Original research articles and systematic reviews were included, provided they met rigorous methodological criteria to ensure the quality of the analyzed evidence. On the other hand, studies without direct clinical relevance to orthopedic practice, such as those focusing exclusively on anatomical descriptions without surgical implications, as well as isolated case reports without anatomical confirmation through imaging or cadaveric dissection, were excluded. Studies published in languages other than English, Portuguese, or Spanish were also excluded due to accessibility and translation limitations.

Data extraction was performed in a structured manner, considering information about the sample size in each study, the anatomical variations of the TVI, and its relationships with adjacent structures. The classification proposed by Grob et al. (2016) was used to categorize the TVI into independent pattern, vastus lateralis type, vastus intermedius type, and common type, allowing assessment of its frequency in the population and potential biomechanical implications. Additionally, the relationship between the muscle and neurovascular structures, such as branches of the femoral nerve, was analyzed based on anatomical and surgical studies, aiming to understand the intraoperative risks associated with its presence (Grob et al., 2017). The extracted data were synthesized and organized in a structured manner to facilitate the interpretation of anatomical frequency and functional implications.

From an ethical perspective, this study did not involve direct experimentation with humans or animals, as it is a literature review, thus exempting the need for approval by an ethics committee. However, all the articles included in the analysis followed good scientific practices, including, when applicable, prior ethical approval of the primary studies and participant consent.

## **RESULTS**

A total of eight studies were included in this review, comprising four based on cadaveric dissections and four utilizing imaging techniques, such as MRI. The analyzed anatomical studies demonstrated that the TVI muscle is present in a significant portion of the population. Its morphology was classified into four distinct types: independent, vastus lateralis type, vastus intermedius type, and common type, as described by Grob et al. (2016). Data from cadaveric dissections indicate that the TVI was identified in 100% of the 26 specimens analyzed (Grob et al., 2016), while imaging studies have shown identification in approximately 65% of individuals (Grob et al., 2017). This discrepancy may reflect limitations in imaging resolution or anatomical variability.

High-resolution MRI has proven to be a reliable tool for identifying the TVI in vivo. This imaging technique allows detailed observation of the muscle’s shape, dimensions, and spatial relationship with surrounding muscles, reducing the likelihood of misdiagnosis (Franchi, 2021).

Morphological variability was observed among individuals. In some dissections, the TVI was found to share fibers with the vastus lateralis; in others, it inserted directly into the quadriceps tendon. This anatomical

variability may reflect differences in muscle activation and function during knee extension (Schueda *et al.*, 2021).

Additionally, the proximity of the TVI to neurovascular structures, particularly branches of the femoral nerve and the lateral circumflex femoral artery, was consistently noted. This anatomical relationship carries clinical implications for surgical procedures in the anterior thigh region (Grob *et al.*, 2016).

## DISCUSSION

The presence of the TVI modifies the traditional understanding of quadriceps biomechanics, especially in relation to patellar stabilization. Its functional contribution appears to influence the tension distribution within the knee extensor mechanism. Biomechanical studies suggest that the TVI helps modulate the force vectors acting on the patella, supporting proper alignment and minimizing overload on the femoropatellar joint (Grob *et al.*, 2017).

This functional role becomes particularly relevant in clinical contexts such as total knee arthroplasty, where the balance of quadriceps components affects postoperative recovery. Recognizing and preserving the TVI during surgery may favor better joint stability and improved rehabilitation outcomes (Franchi, 2021).

In rehabilitation, the existence of the TVI prompts the need for individualized muscle training strategies. In cases of patellofemoral pain syndrome or quadriceps tendinopathy, its selective activation could enhance treatment efficacy. Electromyographic analyses have shown that the TVI is more active during high-resistance or eccentric contraction exercises, suggesting a role in joint impact absorption and dynamic control of knee extension (Schueda *et al.*, 2021).

Surgically, the failure to recognize the TVI may lead to intraoperative complications. These include unintended damage to muscle fibers and excessive bleeding, particularly during procedures such as femoral fracture fixation or anterior thigh exposure (Franchi, 2021; Grob *et al.*, 2016).

Radiologically, unawareness of the TVI's existence may result in misinterpretation of MRI scans. There are case reports of the TVI being mistaken for abnormal soft tissue masses, such as neoplasms or pseudotumors, leading to unnecessary diagnostic procedures (Schueda *et al.*, 2021). Thus, radiologists and surgeons must be trained to differentiate this anatomical variant correctly.

In summary, the TVI is not merely an anatomical curiosity but a structurally and functionally significant component of the quadriceps complex. Its inclusion in anatomical education, surgical planning, and physical therapy protocols has the potential to improve diagnosis, patient safety, and treatment effectiveness in musculoskeletal care (Grob *et al.*, 2016; Grob *et al.*, 2017; Schueda *et al.*, 2021).

## CONCLUSION

This review reinforces that the TVI is a distinct and clinically significant anatomical structure within the quadriceps femoris. Its presence and anatomical relationships support its relevance in surgical procedures, rehabilitation, and biomechanical stability of the knee. Although historically overlooked, growing anatomical and imaging evidence highlights the need for its inclusion in contemporary anatomical models and clinical practice. Greater awareness of the TVI may improve diagnostic precision, enhance surgical safety, and promote more effective rehabilitation strategies. Further studies are encouraged to deepen the understanding of its functional roles and clinical implications.



## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to express their gratitude to Professor Sóstenes Silva de Oliveira for his valuable guidance, support, and expertise throughout the development of this study. His contributions were essential in shaping the research and ensuring its academic quality. We also thank all individuals and institutions who directly or indirectly contributed to the completion of this work.

## CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that they have no financial, personal, or professional conflicts of interest that could have influenced the content or findings of this study.

## REFERENCES

- Franchi, T. (2021). Tensor vastus intermedius: A review of its discovery, morphology and clinical importance. *Folia Morphologica*, 80(4), 792–798. <https://doi.org/10.5603/FM.a2020.0123>
- Grob, K., Ackland, T., Kuster, M. S., Manestar, M., & Filgueira, L. (2016). A newly discovered muscle: The tensor of the vastus intermedius. *Clinical Anatomy*, 29(2), 256–263. <https://doi.org/10.1002/ca.22680>
- Grob, K., Manestar, M., Gascho, D., Ackland, T., Gilbey, H., Fretz, C., & Kuster, M. S. (2017). Magnetic resonance imaging of the tensor vastus intermedius: A topographic study based on anatomical dissections. *Clinical Anatomy*, 30(8), 1096–1102. <https://doi.org/10.1002/ca.22981>
- Schueda, M. A., Cohen, M., Bach Neto, J. A., Kulevicz, G. V., Ribeiro, G. R., & Bellolio, J. I. A. (2021). Quadríceps ou multíceps? Revisão bibliográfica sobre sua composição muscular. *Brazilian Journal of Development*, 7(8), 81100–81114. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-363>

# Estudio anatómico de la Laringe mediante técnica de hidrodissección

Juan Agustín Cabrera Frola<sup>1\*</sup>, Mikaela Vittori<sup>1</sup>, Gustavo Armand Ugón<sup>1</sup>

1. Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo-Uruguay.

**\*Autor para correspondencia:**

Juan Agustín Cabrera Frola  
[cab0994row31@gmail.com](mailto:cab0994row31@gmail.com)

## RESUMEN

La laringe posee gran riqueza anatómica y complejidad tridimensional, lo que demanda un amplio conocimiento anatómico y dominio de diferentes técnicas de disección para su mejor preservación; por ello, a veces se decide no realizar la disección, sustituyéndola por diferentes herramientas digitales. Nuestro objetivo fue presentar la experiencia adquirida en la disección de la laringe mediante técnica de hidrodissección. Dos ejes viscerales de cuello *ex situ*, de cadáveres adultos, fijados con formaldehído al 10%. Se separó la laringe de la faringe utilizando material de macro-disección. La disección de los cartílagos de la laringe se realizó utilizando material de micro-disección, bajo microscopio. Utilizamos hidrodissección para separar la mucosa laríngea de los planos subyacentes y así acceder a las estructuras musculares y ligamentarias de la endolaringe. La documentación fotográfica se realizó con cámara digital. Se obtuvieron dos preparados de laringe; una con todas las estructuras cartilaginosas y ligamentosas, y otra con toda la musculatura intrínseca del órgano. La disección permitió observar todos los componentes estructurales de la laringe. Como principales dificultades destacamos la disección de la mucosa laríngea, la individualización de los cartílagos aritenoides y corniculados y el abordaje del espacio hio-tiro-epiglótico. La disección de la laringe es compleja, exige una adecuada técnica de disección y se facilita cuando utilizamos magnificación óptica. La técnica utilizada permitió disecar la laringe con seguridad y producir un material de alta calidad didáctica.

**Palabras clave:** Hidrodissección, Laringe, Material cadavérico.

## ABSTRACT

The larynx has great anatomical richness and three-dimensional complexity, which demands extensive anatomical knowledge and mastery of different dissection techniques for its better preservation; For this reason, sometimes it is decided not to perform the dissection, replacing it with different digital tools. Our objective was to present the experience gained in the dissection of the larynx using the hydrodissection technique. Two visceral neck axes *ex situ*, from adult cadavers, fixed with 10% formaldehyde. The larynx was separated from the pharynx using macro-dissection material. The dissection of the cartilages of the larynx was performed using micro-dissection material, under a microscope (Olympus OME-5000). We use hydrodissection to separate the laryngeal mucosa from the underlying planes and thus access the muscular and ligament structures of the endolarynx. The photographic documentation was carried out with a digital camera. Two laryngeal preparations were obtained: one with all the cartilaginous and ligamentous structures, and the other with all the intrinsic musculature of the organ. The dissection allowed us to observe all the structural components of the larynx. The main difficulties included the dissection of the laryngeal mucosa, the individualization of the arytenoid and cornicular cartilages, and the approach to the hyo-thyro-epiglottic space. The dissection of the larynx is complex, requires an adequate dissection technique and is facilitated when we use optical magnification. The technique made it possible to dissect the larynx safely and produce a high-quality didactic material. The cadaveric model, as a didactic material, continues to be superior to virtual anatomical models.

**Key Words:** Cadaveric material, Hydrodissection, Larynx.

## INTRODUCCIÓN

La laringe es un órgano impar, mediano, simétrico, hueco, de paredes fibro-músculo-cartilaginosas, ubicada por delante de la faringe, con quien comunica por su orificio superior, y que se continúa distalmente con la tráquea, formando parte de la vía aérea (Céruse, 2012).

Según Sibilleau y Truffert (1924), la anatomía de la laringe se ordena en dos componentes, un aparato suspensor y un tubo laríngeo, y las conexiones entre ambos. El aparato suspensor comprende al hueso hioides y al cartílago tiroides. El tubo laríngeo comprende a los restantes cartílagos laríngeos (cricoides, epiglotis, aritenoides, y a las uniones cricoaritenoides) y a los ligamentos de unión, a saber: la membrana hioepiglótica, el ligamento tiroepiglótico, el cono elástico y el ligamento cuadrangular. Las conexiones entre el aparato suspensor y el tubo laríngeo están dadas por las uniones cricotiroides representadas por la membrana cricotiroides y las articulaciones homónimas, y por la musculatura laríngea; diferenciada en intrínseca y extrínseca. La musculatura intrínseca corresponde a aquellos músculos que toman inserción proximal y distal en los componentes laríngeos; son los músculos de la “estrella aritenoides de Perelló” (Perelló, 1962), a saber; tiroaritenoides, aritenoepigloticos, cricoaritenoides laterales, cricoaritenoides posteriores, e interaritenoides y los músculos cricotiroides, siendo esta musculatura intrínseca la responsable de la generación de sonido con el pasaje del aire a través de la luz laríngea.

En la vista endoluminal de la laringe se le reconocen dos pares de pliegues bilaterales dispuestos en sentido ántero posterior, uno superior, los pliegues vestibulares, y otro inferior, los pliegues vocales, que permiten dividir topográficamente a la laringe en un piso supraglótico, por encima de los pliegues superiores, un piso glótico o “glotis” entre ambos pliegues vocales, y un piso subglótico por debajo de los pliegues vocales. A nivel de los pliegues vocales, según Hirano (1977), se reconocen microscópicamente 5 capas que, desde la luz del órgano hacia el exterior se dispone en el siguiente orden: a) un epitelio estratificado, b) una lámina propia, que se subdivide en una capa superficial y en un compartimiento subendotelial o lamina superficial c) una capa intermedia de naturaleza elástica, d) una capa profunda de naturaleza colágena, e) los músculos vocales.

La laringe es un órgano con gran riqueza anatómica por lo numeroso y lo complejo de su estructura tridimensional. Riqueza que es simplificada a la hora de abordarse en las aulas, mostrando solo su configuración externa -tanto endo como exoluminal- lo que es consecuencia de la falta de preparados cadavéricos disecados especialmente para poder mostrar cada detalle anatómico, optando entonces por recursos digitales, especialmente 3D, que permiten mostrar fácilmente cada uno de sus componentes, tal como lo demuestran varios autores. (Hu, et al., 2009; Kaijun et al., 2013).

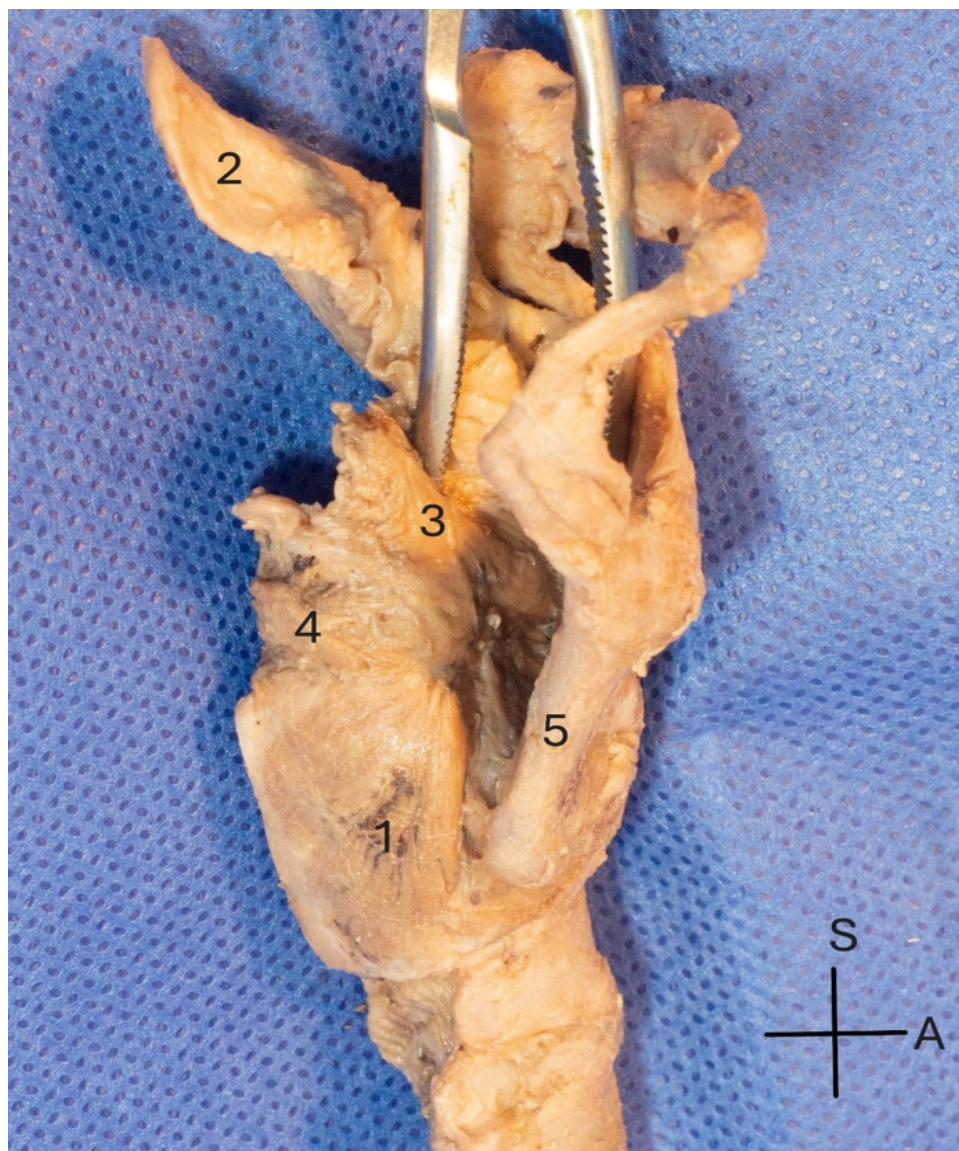
Al momento no hay una guía para el abordaje y disección anatómica de la laringe en el cadáver, lo publicado se refiere al abordaje quirúrgico y mayormente endoluminal (Prades et al., 2017) De la bibliografía disponible surgen algunos pasos a tener en cuenta, como la sección sagital de la laringe por su cara posterior, y la desarticulación de los cartílagos tiroides y cricoides (Souvirón et al., 2013; Bartlett et al., 2013; Ortug, et al., 2021) y se enumeran algunas de las dificultades de la disección microscópica (Bartlett et al., 2013; Klepacek et al., 2016).

Hoy en día, varias especialidades quirúrgicas han incorporado la hidrodisección, simple, o eco guiada por ultrasonido, como una novedosa técnica intervencionista, en la cual se introduce una solución con el fin de liberar un espacio comprometido o distender y separar de manera mecánica las estructuras comprometidas o adheridas (Llovet Osuna et al., 2016; Giron et al., 2022; Cardona et al., 2024).

El objetivo de este trabajo es comunicar nuestra experiencia y la opinión Docente sobre la disección de la laringe mediante técnica de hidrodissección simple, con el fin de estudiar su anatomía y sistematizar la técnica. Planteamos también, la posibilidad de extrapolar técnicas intervencionistas novedosas a la disección clásica cadavérica en vistas a generar material didáctico.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron dos ejes viscerales de cuello *ex situ*, obtenidos de cadáveres adultos, fijados con solución a base de formaldehído al 10%, sin alteraciones morfológicas evidentes en el cuello.



**Figura 1.** Preparado Muscular. Vista oblicua posterior lateral derecha. S: superior, A: anterior, 1: Músculo Cricoaritenoso Posterior, 2: Cartílago Epiglótico, 3: Músculo Aritenoideo Oblicuo, 4: Músculo Aritenoideo Transverso, 5: Cartílago Tiroides.



Se separó la laringe de la faringe y se seccionó en dos mitades simétricas mediante corte longitudinal en la línea media.

La técnica de hidrodissección consistió en la punción de la mucosa de la laringe e inyección de (Figura 1) agua en la submucosa, mediante jeringa de 5cc y aguja 24G, en 3 puntos consecutivos: primero, sobre el pliegue vestibular, segundo, sobre el pliegue vocal, y tercero, por debajo del pliegue vocal. Instilando en cada inyección aproximadamente 3cc de agua lo que nos permitió separar la mucosa de los planos subyacentes.

Mediante disección se retiró completamente la mucosa de la laringe dejando expuestos los planos subyacentes. Se realizó bajo microscopio (Olympus OME-5000) utilizando bisturí hoja N°15 y pinza de microdissección.

Una de las laringes se mantuvo con sus componentes musculares, ligamentosos y membranosos, la otra se despojó de los referidos componentes dejando solo la estructura cartilaginosa y membranosa, repitiendo la inyección de agua, en este caso profunda respecto a los vientres musculares y la disección con iguales instrumentos y bajo microscopio, obteniendo así una laringe con todos sus componentes cartilagosos y sus túnicas membranasas.

Se expuso el material disecado a la opinión del staff Docente de la Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la Republica.

La documentación fotográfica se realizó con cámara digital (Nikon D3500).



**Figura 2.** Preparado Óseo-cartilaginoso. Vista posterior. S: superior, A: anterior, 1: Cartílago Epiglótico, 2: Cartílago Cricoides, 3: Cartílago Tiroides, 4: Cartílago Aritenoides, 5: Hueso Hioides, 6: Membrana Tiroides.



## RESULTADOS

Se obtuvieron dos laringes disecadas mediante la técnica de hidrodissección. Una laringe en la que conservamos los músculos intrínsecos (Figura 2), y otra en la que preservamos solamente las estructuras cartilaginosas y ligamentosas (Figura 3).

Sobre las cualidades de la laringe con su aparato muscular intrínseco: el staff docente valoro positivamente la sensación táctil y la mantención del código de colores.

También se valoró en forma positiva la posibilidad de observación de estructuras generalmente ocultas por la mucosa y de difícil estudio bajo visión directa.



**Figura 3.** Preparado Óseo-cartilaginoso. Vista posterior. C: craneal, V: ventral, 1: Cartílago Epiglótico, 2: Cartílago Cricoides, 3: Cartílago Tiroides, 4: Cartílago Aritenoides, 5: Hueso Hioides, 6: Membrana Tirohiodea.

El mismo staff docente valoro en forma negativa, en forma unánime, el abordaje del espacio hiotiroepiglotico.

Sobre las cualidades de la laringe con su aparato cartilaginoso y ligamentario: fue identificado por los docentes que la técnica de hidrodisección muestra dificultades para la separación de los componentes ligamentarios, especialmente del ligamento musculo vocal y mantener la indemnidad del mismo. También se señaló que la técnica es muy agresiva para mantener la individualización de los cartílagos aritenoides y conrniculados.

## DISCUSIÓN

Nuestra técnica de disección permitió identificar e individualizar cada uno de los componentes de la laringe, apreciar su disposición espacial y sus relaciones con respecto a los otros componentes, cosa que algunos modelos 3D no lo logran mostrar. Destacamos, además, que la técnica de disección desarrollada es reproducible, y segura; ya que, siguiendo los pasos planteados, difícilmente se malogre la disección y haya que descartar el material.

Se han utilizado varios modelos 3D de la laringe en educación quirúrgica y práctica clínica (Hu *et al.*, 2009; Byrne *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2006). Sin embargo, como exponen Hiramatsu y colaboradores (2008), Chen y colaboradores (2012), y Brouwer y colaboradores (2012), los modelos 3D basados en imágenes de Tomografía Computada o Resonancia Nuclear Magnética tienen cierta limitación de definición y resolución. Rubin y colaboradores (1998), construyeron un modelo laríngeo 3D a partir de resonancias magnéticas y Tomografía Computada de laringe de un cadáver. Las ventajas de su modelo era que las estructuras podían verse en cualquier plano y desde cualquier dirección; y la laringe podría girar a lo largo de cualquier eje. Las desventajas, fueron que su construcción requirió mucha mano de obra técnica; además de que se basó en solo la laringe de un cadáver y cualquier anomalía de esa laringe se ilustraría por lo tanto en el modelo. A esto se le sumaba que el modelo no podía manipularse en tiempo real y aunque el objetivo era la educación médica, su eficacia nunca fue probada en estudiantes.

Wu y colaboradores (2012) plantean que cortes seccionales de alta calidad son la base de una reconstrucción de alta calidad. También es planteado que la segmentación puede ofrecer resultados de alta fidelidad para importantes objetivos, especialmente para aquellas estructuras pequeñas que son difíciles de distinguir en Tomografía Computada o Resonancia Nuclear Magnética convencionales; por esto, Kaijun y colaboradores (2013) plantean a futuro incluir la musculatura y los ligamentos laríngeos en sus modelos.

Hu y colaboradores (2009) hacen un análisis crítico de su trabajo, ordenando las ventajas y desventajas de su modelo virtual. Como ventajas plantean: es 3D, lo que permite mostrar estructuras desde diferentes puntos de vista. Tiene alta fidelidad basada en la tecnología actual. Es interactivo y el estudiante lo puede seguir a su propio ritmo, en lugar de ser guiado por un conferenciante. Se basa en más de un cadáver/paciente para que ilustre la variabilidad anatómica. Resaltan esto último, como ventaja clave, frente al modelo ofrecido por Rubin y coaboradores (1998). También se encuentra accesible en la Web. Esto mismo es aplicable en nuestro trabajo, ya que, aplicándola a un mayor número de preparados, podríamos incluir eventuales variantes anatómicas. Como desventaja, plantean: no puede ser manipulado en una computadora estándar y requiere software previamente instalado, la segmentación que se utilizó

para crear el modelo no es fácilmente accesible para los estudiantes, requiriendo destrezas técnicas especializadas para su visualización y manipulación, además de insumir mucho tiempo.

## CONCLUSIÓN

La disección de la laringe es compleja, exige una adecuada técnica de disección y se facilita cuando utilizamos magnificación óptica. La hidrodisección simple, técnica utilizada, permitió disecar la laringe con seguridad y producir un material didáctico de buena calidad según la opinión Docente. Queda en evidencia que técnicas intervencionistas modernas pueden utilizarse como técnica de disección cadavérica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su reconocimiento a todos quienes en vida deciden donar su cuerpo a nuestra Facultad para la docencia e investigación de la Anatomía.

## REFERENCIAS

- Bartlett RS, Hoffman HT, Dailey SH, Bock JM, Klemuk SA, Askeland RW, Ahlrichs-Hanson JS, Heaford AC, Thibeault S. (2013). Restructuring the vocal fold lamina propria with endoscopic microdissection. *Laryngoscope*, 123(11):2780-6.
- Brouwer CL, Steenbakkers RJ, Van den Heuvel E, Duppen JC, Navran A, Bijl HP, Chouvalova O, Burlage FR, Meertens H, Langendijk JA, van 't Veld AA. (2013). 3D variation in delineation of head and neck organs at risk. *Radiat Oncol*, 7:32.
- Byrne AT, Walshe P, McShane D, Hamilton S. (2005). Virtual laryngoscopy—preliminary experience. *Eur J Radiol*, 56:38–42.
- Cardona, W, Rueda L, Morillo C, Villa H, Castillo V, Arteaga L, Marin K, Sierra V. (2024). Hidrodisección Ecoguiada Peritendinosa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 8. 12088-12101. 10.37811/cl\_rcm.v8i5.14636.
- Céruse, A, Ltaief-Boudrigua, G, Buiret, A, Cosmidis, S, Tringali. (2012). Anatomía descriptiva, endoscópica y radiológica de la laringe. EMC – Otorrinolaringología. [https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(12\)62682-4](https://doi.org/10.1016/S1632-3475(12)62682-4).
- Chen T, Chodara AM, Sprecher AJ, Fang F, Song W, Tao C, Jiang JJ. (2012). A new method of reconstructing the human laryngeal architecture using micro-MRI. *J Voice*, 26(5):555–562.
- Giron, M, Formigo, J, Alonso, M. (2022). Hidrodisección ecoguiada peritendinosa ¿alternativa a laténólisis para tratar adherencias?. *Rehabilitación*. 56(4): 395-398
- Gun R, Ozer E. (2015). Surgical anatomy of oropharynx and supraglottic larynx for transoral robotic surgery: Transoral Surgical Anatomy For TORS. *J Surg Oncol*, 112(7):690-6.
- Hiramatsu H, Tokashiki R, Suzuki M. (2008). Usefulness of threedimensional computed tomography of the larynx for evaluation of unilateral vocal fold paralysis before and after treatment: technique and clinical applications. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 265:725–730.
- Hirano, M. (1977). Structure and vibratory behavior of the vocal folds. *Dynamic Aspects of Speech Production*, 13-27.
- Hu A, Wilson T, Ladak H, Haase P, Fung K. (2009). Three-dimensional Educational Computer Model of the Larynx: Voicing a New Direction. *Arch Otolaryngol Neck Surg*, 135(7):677.
- Huang S, Baimouratov R, Xiao P, Ananthasubramaniam A, Nowinski WL. (2006). A medical imaging and visualization toolkit in Java. *J Digit Imaging*, 19:17–29.
- Kaijun L, Binji F, Yi W, Ying L, Jun J, Liwen T, Shaoxiang Z. (2013). Anatomical education and surgical simulation based on the Chinese Visible Human: a three-dimensional virtual model of the larynx region *Anat Sci Int*, 88(4):254-8.
- Klepceck I, Jirak D, Duskova Smrckova M, Janouskova O, Vampola T. (2016). The Human Vocal Fold Layers. Their Delineation Inside Vocal Fold as a Background to Create 3D Digital and Synthetic Glottal Model. *J Voice*, 30(5):529-37.
- Llovet Osuna F, Ortega Usobiaga J, Llovet Rausell A, Mompean Morales B, Cabanás Jiménez M, Gómez García M.

- (2016) Hidrodissección/delineación: realización y complicaciones [Archivo PDF] [https://secoir.org/wp-content/uploads/2022/09/2016-Cap-20-Hidrodisseccion\\_delineacion-realizacion-y-complicaciones.pdf](https://secoir.org/wp-content/uploads/2022/09/2016-Cap-20-Hidrodisseccion_delineacion-realizacion-y-complicaciones.pdf)
- Ortug G, Liman Z, Ortug A. (2021). A Dissectional Study of the Level of Anterior Commissure of the Larynx. *Ear Nose Throat J*,100(10\_suppl):983S-988S.
- Perello J. (1962). La theorie muco-ondulatoire de la phonation. *Ann Oto-Larynx*. 79: 722-5.
- Prades JM, Peoc'h M, Petcu C, Karkas A, Dumollard JM, Gavid M. (2017). The anterior commissure of the human larynx revisited. *Surg Radiol Anat*, 39(8):871-6.
- Rubin JS, Summers P, Harris T. (1998). Visualization of the human larynx: a threedimensional computer modeling tool. *Auris Nasus Larynx*, 25(3):303-308.
- Sibilleau, P, Truffert, P. (1924). Le carrefour aéro-digestif: le larynx, le pharynx. Paris: Louis Arnette, p 292.
- Souvirón R, Marañillo E, Vázquez T, Patel N, McHanwell S, Cobeta I, Scola B, Sañudo J. (2013). Proposal of landmarks for clamping neurovascular elements during endoscopic surgery of the supraglottic region. *Head Neck*, 35(1):57-60.
- Wu Y, Luo N, Tan LW, Fang BJ, Li Y, Xie B, Xu HT, Hu N, Yang WP, Wu W, Lamers WH, Zhang SX. (2012). Comparative study of thin sectional anatomical images from Chinese Visible Human data set and computed tomography images of superior mediastinum. *Clin Anat*, 25:1051–1061.

# Neurofisiopatología de la conciencia en la muerte cerebral: evidencia experimental, clínica y transcripcional del umbral de irreversibilidad neurológica

Tomas Omar Zamora Bastidas<sup>1</sup>, Jonathan Alexander Cerón López<sup>2\*</sup>, Fleider Leovani Gómez Cabrera<sup>3</sup>, Maira Alejandra Guayambuco Medina<sup>4</sup>, Jhan Sebastián Saavedra Torres<sup>5</sup>, Robert Alexander Cuadrado Guevara<sup>6</sup>

1. Departamento de Medicina Interna, Profesor Titular de la Universidad del Cauca, Facultad Ciencias de la Salud. Popayán, Colombia.
2. Egresado, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
3. Egresado, Universidad de Nariño Pasto, Nariño, Colombia.
4. Pontificia Universidad Javeriana, Cali; Colombia.
5. Inmunología Clínica, Integrante de la Corporación Del Laboratorio al Campo, Grupo de Investigación en Salud (GIS), Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
6. Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Pereira, Risaralda, Colombia.

**\*Autor de correspondencia:**

Jonathan Alexander Cerón López

[alexceronlopez@gmail.com](mailto:alexceronlopez@gmail.com)

## RESUMEN

La muerte cerebral plantea desafíos complejos para la medicina actual, al representar un límite difuso entre la vida y el cese irreversible de la actividad neuronal. Esta revisión aborda la neurofisiopatología de la conciencia en el contexto de la muerte cerebral, integrando evidencia experimental, clínica y transcriptómica sobre los umbrales reales de irreversibilidad neurológica. Se realizó una búsqueda estructurada en PubMed, Scopus y Web of Science entre 2010 y 2025, empleando términos MeSH como “brain death”, “gamma oscillations”, “EEG”, “transcriptomic post-mortem” y “near-death experiences”. Se incluyeron estudios originales, revisiones sistemáticas y modelos animales con registros neurofisiológicos. Los hallazgos revelan que, tras el paro circulatorio, el cerebro puede mantener actividad eléctrica organizada, transcripción génica activa y viabilidad mitocondrial durante un intervalo crítico. Se documentan oscilaciones gamma perimortem, conectividad cortical funcional transitoria y reactivación parcial de funciones celulares mediante perfusión experimental. Estos datos desafían el paradigma clásico de muerte encefálica como evento instantáneo y plantean la necesidad de revisar sus criterios diagnósticos. Se concluye que la muerte cerebral debe entenderse como un proceso dinámico y multifásico, con implicaciones éticas y clínicas profundas para el manejo del final de la vida.

**Palabras clave:** Conciencia, Electroencefalograma, Experiencias cercanas a la muerte, Isquemia cerebral, Muerte cerebral, Transcriptómica post mortem.

## ABSTRACT

Brain death poses complex challenges for modern medicine, representing a blurred boundary between life and the irreversible cessation of neuronal activity. This review explores the neurophysiopathology of consciousness in the context of brain death, integrating experimental, clinical, and transcriptomic evidence on the actual thresholds of neurological irreversibility. A structured search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science between 2010 and 2025, using MeSH terms such as “brain death”, “gamma oscillations”, “EEG”, “postmortem



transcriptomics”, and “near-death experiences”. The review included original studies, systematic reviews, and animal models with neurophysiological recordings. Findings reveal that, following circulatory arrest, the brain may sustain organized electrical activity, active gene transcription, and mitochondrial viability within a critical temporal window. Perimortem gamma oscillations, transient cortical connectivity, and partial reactivation of cellular functions via experimental perfusion are documented. These data challenge the classical paradigm of brain death as an instantaneous event and highlight the need to revisit current diagnostic criteria. We conclude that brain death should be understood as a dynamic, multifaceted process with profound ethical and clinical implications for end-of-life care.

**Keywords:** Brain death, Cerebral ischemia, Consciousness, Electroencephalogram, Near-death experiences, Postmortem transcriptomics.

## INTRODUCCIÓN

La muerte cerebral representa uno de los desafíos más complejos en medicina, tanto por sus implicaciones clínicas como por las controversias éticas y neurobiológicas que la rodean. Tradicionalmente entendida como un estado irreversible de cese de funciones encefálicas, nuevos estudios han evidenciado actividad eléctrica, transcripción génica y conectividad neuronal organizada incluso tras el paro circulatorio (Sandroni *et al.*, 2021; Koenig, 2014). Esta revisión busca explorar los mecanismos neurofisiopatológicos que subyacen al proceso de morir, con énfasis en la conciencia perimortem y los umbrales reales de irreversibilidad neurológica. El propósito es integrar evidencia experimental, clínica y molecular para responder preguntas clave como: ¿cuándo cesa realmente la conciencia? ¿Existen formas funcionales de actividad cerebral tras la muerte clínica? ¿Qué implicaciones tienen estos hallazgos en el diagnóstico de muerte encefálica?. La revisión se enfocó en estudios publicados entre 2010 y 2025, priorizando evidencia en humanos y modelos animales de alta relevancia, con un enfoque narrativo y crítico sobre los eventos que marcan el tránsito entre vida y muerte (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023).

## METODOLOGÍA

Se realizó una revisión narrativa estructurada sobre la neurofisiopatología de la conciencia en la muerte cerebral, integrando hallazgos experimentales, clínicos y moleculares. La búsqueda se llevó a cabo entre enero de 2010 y marzo de 2025 en tres bases de datos biomédicas: PubMed, Scopus y Web of Science. Se utilizaron combinaciones de términos MeSH (la sigla MeSH corresponde a *Medical Subject Headings*, que en español se traduce como Encabezamientos de Materia Médica) y palabras clave como: “brain death”, “near-death experiences”, “gamma oscillations”, “cardiac arrest”, “synaptic activity”, “transcriptomic post-mortem”, “neurophysiology of dying”, “EEG”, “consciousness”, “warm ischemia”, y “reperfusion injury”. Los criterios de inclusión fueron: artículos originales, revisiones sistemáticas, estudios experimentales en humanos o modelos animales relevantes, casos clínicos documentados con monitorización neurofisiológica y publicaciones en inglés o español. Se excluyeron trabajos duplicados, publicaciones sin revisión por pares y artículos cuya metodología fuera insuficientemente descrita. El proceso de selección siguió las recomendaciones PRISMA: se identificaron inicialmente 148 artículos, de los cuales se revisaron a texto completo 82, seleccionándose finalmente 30 publicaciones clave por su relevancia, rigurosidad metodológica y aporte temático. Los estudios seleccionados fueron analizados críticamente para integrar sus hallazgos en una narrativa coherente que explorara el umbral de irreversibilidad neurológica desde múltiples perspectivas.

## RESULTADOS

### Lesión cerebral post paro cardíaco

La lesión cerebral posterior a un paro cardíaco (LCPA) representa una de las principales causas de muerte y discapacidad persistente en quienes logran recuperar la circulación espontánea (ROSC). Desde el punto de vista fisiopatológico, esta lesión se desarrolla en dos fases: una lesión primaria causada por la isquemia y una lesión secundaria provocada por la reperfusión. En la primera fase, la interrupción brusca del flujo sanguíneo cerebral priva al tejido neuronal de oxígeno y glucosa, lo que impide la producción de ATP, desencadenando edema citotóxico, disfunción iónica y muerte celular. Posteriormente, cuando se restablece el flujo mediante maniobras de reanimación, comienza la segunda fase: la reperfusión. Esta, lejos de ser completamente beneficiosa, reactiva procesos como la liberación excesiva de glutamato, sobrecarga de calcio intracelular, estrés oxidativo, activación de enzimas destructivas y una potente respuesta inflamatoria mediada por microglía y leucocitos infiltrantes. En conjunto, estos eventos agravan aún más el daño cerebral ([Sandroni et al., 2021; Koenig, 2014](#)).

Actualmente, no existe un tratamiento específico que revierta directamente la LCPA ([Sandroni et al., 2021; Koenig, 2014](#)). En consecuencia, el abordaje clínico se orienta a salvaguardar la integridad cerebral y prevenir la lesión secundaria mediante el mantenimiento de parámetros fisiológicos en rangos óptimos. Por ello, se recomienda mantener una presión arterial media (PAM)  $\geq 65$  mmHg para evitar hipotensión y garantizar un adecuado aporte hemodinámico; asimismo, asegurar una saturación arterial de oxígeno entre 94 % y 98 % y regular la ventilación mecánica con el fin de mantener la presión parcial de CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>) entre 35–45 mmHg, previniendo tanto la hipo como la hipercapnia. No obstante, la hipotermia moderada ha perdido respaldo sistemático en la evidencia más reciente; en virtud de ello, se sugiere controlar la temperatura corporal por debajo de 37,5 °C durante al menos 72 horas para evitar la fiebre ([Sandroni et al., 2021; Geocadin et al., 2019](#)).

Respecto al pronóstico neurológico, es fundamental realizar una evaluación multimodal y gradual, idealmente después de 72 horas del evento y una vez suspendida la sedación. No se debe basar la decisión clínica en un único parámetro. Las guías ERC-ESICM 2021 proponen que, para predecir con fiabilidad un desenlace neurológico desfavorable, se deben combinar al menos dos hallazgos negativos, como la ausencia de reflejos pupilares o corneales, patrones electroencefalográficos graves (como supresión o ráfagas), niveles elevados de enolasa neuronal (NSE), ausencia de la onda N20 en potenciales evocados, presencia de mioclonías sostenidas o imágenes compatibles con daño cerebral difuso. Si estos criterios no se cumplen, se sugiere continuar la observación y reevaluar posteriormente ([Sandroni et al., 2021; Koenig, 2014](#)).

Es importante destacar que, aunque algunos pacientes recuperan la conciencia en las primeras 48 horas, otros pueden tardar días o incluso semanas. Además, muchas personas logran una recuperación funcional aceptable con el tiempo. De hecho, cerca del 80% de quienes sobreviven y reciben el alta hospitalaria presentan un buen estado neurológico a los seis meses ([Sandroni et al., 2021; Koenig, 2014](#)). No obstante, pueden persistir secuelas cognitivas sutiles, como alteraciones en la memoria o la atención, que muchas veces no son detectadas por escalas tradicionales como la categoría de desempeño cerebral (CPC, del inglés *Cerebral Performance Category*) o Escala de Rankin modificada (mRS, del inglés *modified Rankin Scale*). Finalmente, lograr una buena calidad de vida luego del paro requiere un abordaje integral,

seguimiento especializado y apoyo familiar sostenido (Sandroni et al., 2021; Koenig, 2014; Geocadin et al., 2019).

El clínico no debe olvidar CPC es una escala que va del 1 al 5 para valorar la función neurológica tras un evento como un paro cardiorrespiratorio, donde 1 indica función cerebral normal o mínimamente afectada y 5 muerte cerebral. Hay que recordar que mRS es una escala de 0 a 6 que mide el grado de discapacidad o dependencia en actividades de la vida diaria tras un daño neurológico, donde 0 significa ausencia de síntomas y 6 fallecimiento (Sandroni et al., 2021; Koenig, 2014; Geocadin et al., 2019).

### **Consciencia cerebral al morir**

La fase terminal de la vida representa un evento biológico progresivo en el cual la homeostasis sistémica colapsa y el encéfalo experimenta una serie de alteraciones neurofisiológicas críticas antes de alcanzar la muerte encefálica. Han documentado que durante este periodo se puede evidenciar una activación cortical transitoria, estructurada y de alta frecuencia, principalmente en forma de oscilaciones gamma (>30 Hz), asociadas tradicionalmente a procesos de integración consciente, codificación de memoria episódica y procesamiento multisensorial (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023).

Esta actividad bioeléctrica residual, registrada en pacientes comatosos sometidos a suspensión del soporte ventilatorio en unidades de cuidado intensivo, se ha observado en los 30 segundos a dos minutos posteriores al cese de la ventilación mecánica. Las oscilaciones se concentran en regiones corticales superiores, particularmente en la unión temporoparietal (TPJ), implicada en la representación del esquema corporal, autopercepción y experiencias disociativas. Este patrón sugiere la persistencia de redes neuronales funcionales capaces de generar actividad organizada incluso en condiciones de hipoxia severa y disfunción multiorgánica progresiva (Shlobin et al., 2023).

La implicación de estas observaciones se amplía al considerar modelos experimentales animales donde, tras la inducción de paro cardiorrespiratorio, se ha evidenciado una descarga sincronizada de ondas gamma durante aproximadamente 30 segundos. Estas descargas, lejos de representar actividad epileptiforme o artefactos electromiográficos, presentan una sincronía interregional compatible con estados funcionales de conciencia o sus equivalentes fisiológicos (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023).

Desde el punto de vista clínico, estos hallazgos tienen implicaciones en la conceptualización de las denominadas experiencias cercanas a la muerte (NDE, del inglés *Near-Death Experience*), caracterizadas por fenómenos perceptuales intensos como la autoscopia, la visualización de túneles de luz, la rememoración de eventos biográficos o el encuentro con figuras significativas. Dichos fenómenos podrían tener un correlato neurobiológico definido, más que una explicación metafísica. La TPJ, en conjunto con estructuras del sistema límbico como el hipocampo y la amígdala, ambas con relativa resistencia a la isquemia, permitiría la integración de memorias episódicas con contenido emocional durante fases de disociación talámica-cortical (Shlobin et al., 2023).

Modelos neurofuncionales derivados de situaciones clínicas y experimentales, tales como anestesia general, consumo de agentes psicodélicos (ketamina, DMT), crisis epilépticas temporales o pruebas de aceleración gravitacional positiva (+Gz) en pilotos, han reproducido de manera consistente fenómenos perceptivos análogos a las NDEs. En el caso de los pilotos sometidos a isquemia cerebral transitoria inducida en centrifugadoras, se han reportado visiones de túneles, percepciones extracorporales,

sensaciones de flotación y estados oníricos fragmentarios, todo ello en lapsos de pérdida de conciencia inferiores a 20 segundos. Esto refuerza la hipótesis de que dichas percepciones pueden generarse no en el descenso hacia la inconsciencia, sino en la fase de recuperación neuronal posterior al restablecimiento parcial del flujo sanguíneo cerebral (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023; Shlobin *et al.*, 2023).

Desde una perspectiva fisiopatológica, la hipoxia cerebral aguda desencadena una cascada de eventos que incluyen pérdida del potencial de membrana, liberación masiva de glutamato, activación de canales de ácido N-metil-D-aspartato (NMDA). En el contexto neurofisiológico, suele emplearse para nombrar al receptor NMDA, un subtipo de receptor ionotrópico de glutamato altamente permeable a  $\text{Ca}^{2+}$ , clave en procesos como la plasticidad sináptica, el aprendizaje y la memoria), y eventual despolarización neuronal masiva. Sin embargo, existe un intervalo de viabilidad neurológica ( $\approx 4\text{--}6$  minutos post-paro) durante el cual ciertos circuitos cerebrales pueden seguir generando actividad oscilatoria coherente. Esta ventana, situada entre la muerte clínica y la encefálica, constituye el periodo crítico para la aparición de estas experiencias (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023; Shlobin *et al.*, 2023).

El patrón electroencefalográfico durante la fase terminal puede mostrar un descenso progresivo del índice bispectral (BIS), seguido por un pico transitorio de actividad cortical de alta frecuencia. Esta dinámica ha sido documentada en estudios perimortem con electroencefalograma (EEG), que es la técnica de registro continuado de la actividad eléctrica cerebral) continuo, sugiriendo una activación sincronizada de redes neuronales previas a la instauración de la despolarización masiva y el potencial negativo ultra lento, que marcan el punto de no retorno metabólico y funcional (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023; Shlobin *et al.*, 2023).

A nivel clínico, estos datos obligan a reconsiderar la definición operativa de muerte encefálica y abren el debate sobre los criterios actuales de irreversibilidad neurológica. Además, resaltan la necesidad de implementar protocolos de monitorización cerebral avanzada en contextos de limitación del esfuerzo terapéutico (LET) y donación en asistolia controlada, tanto por implicaciones éticas como para enriquecer el acompañamiento familiar en el proceso de morir (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023; Shlobin *et al.*, 2023).

Las experiencias cercanas a la muerte podrían ser interpretadas como epifenómenos generados por una actividad cerebral transitoria, organizada y funcionalmente significativa, en el contexto de un sistema nervioso sometido a hipoxia crítica (Zhang & Poo, 2001; Romand & Ehret, 2023; Shlobin *et al.*, 2023).

### **Conectividad cerebral post-paro cardíaco**

En un caso clínico excepcionalmente documentado, investigadores realizaron un registro EEG continuo en un paciente de 87 años con hematoma subdural agudo bilateral, observando cómo la actividad neuronal evolucionaba en las fases pre y post-paro cardíaco (Vicente *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023). Inicialmente, tras una cirugía descompresiva, el paciente desarrolló un estatus epiléptico no convulsivo, seguido por un patrón de supresión-brote que anticipó la parada cardíaca. En ese contexto, se identificó un fenómeno relevante: una elevación transitoria y significativa de las oscilaciones en banda gamma (30–150 Hz), frecuencias tradicionalmente asociadas a funciones cognitivas superiores como percepción, integración sensorial y evocación de memoria (Vicente *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023).

Durante la transición entre la vida y la muerte, el cerebro humano puede presentar una actividad eléctrica organizada y sorprendentemente coherente, que desafía la antigua concepción de una desconexión

neuronal progresiva e irreversible (Shlobin *et al.*, 2023). Fisiológicamente, este aumento de actividad gamma se produjo justo después de la supresión bilateral de la actividad hemisférica, alcanzando su pico antes del colapso cardíaco. A pesar de la pérdida progresiva de funciones vitales, el EEG mostró una modulación conservada entre las bandas lentas (delta, theta, alfa) y la actividad gamma, particularmente mediada por ondas alfa (Vicente *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023).

Este acoplamiento cruzado entre bandas frecuenciales, una forma de sincronización funcional que permite la integración de redes neuronales, sugiere que el cerebro mantiene cierta capacidad para generar patrones organizados de actividad, incluso en ausencia de perfusión cerebral efectiva (Shlobin *et al.*, 2023; Vicente *et al.*, 2022). Desde un enfoque fisiopatológico, estos hallazgos pueden interpretarse como el resultado de una fase transitoria de hiperexcitabilidad neuronal inducida por hipoxia e hipercapnia, donde se activan mecanismos de emergencia de sincronización neuronal. Este fenómeno también podría representar la expresión final del conectoma, liberado de estímulos externos y regido únicamente por su arquitectura intrínseca (Vicente *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023).

El resultado es un patrón oscilatorio que, aunque breve, podría sostener percepciones residuales o fenómenos como las llamadas NDEs (Vicente *et al.*, 2022). En paralelo, se observó una disminución marcada de la actividad en bandas lentas (delta y theta), lo que podría reflejar la desconexión progresiva de los sistemas de regulación subcortical (Vicente *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023). Curiosamente, incluso después del paro cardíaco, el poder relativo de la banda gamma seguía elevado, lo cual podría reflejar una preservación funcional residual de microredes corticales aún activas por inercia eléctrica o liberación de neurotransmisores en un entorno de anoxia terminal (Shlobin *et al.*, 2023; Vicente *et al.*, 2022). El caso clínico sugiere que la muerte cerebral no es un apagón instantáneo, sino un proceso escalonado que incluye fases de organización eléctrica transitoria (Vicente *et al.*, 2022). Esto replantea no solo los criterios clásicos de muerte neurológica, sino también el papel del cerebro en la construcción de la experiencia subjetiva en sus momentos finales (Vicente *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023).

### **Transcripción celular tras muerte**

La muerte del organismo no marca un cese inmediato de la actividad celular. Por el contrario, desencadena una compleja cascada molecular que transforma radicalmente el perfil de expresión génica en los tejidos humanos. Aunque tradicionalmente se ha asumido que, una vez detenidas las funciones vitales, el ARN mensajero (ARNm) se degrada de forma pasiva, investigaciones recientes, como las del proyecto GTEx, revelan una fisiopatología más activa. En ella, las células despliegan respuestas transcripcionales específicas, reguladas y, sorprendentemente, persistentes durante varias horas tras el fallecimiento (Ferreira *et al.*, 2018; Partemi *et al.*, 2010).

Desde una perspectiva celular, estos hallazgos indican que muchas células, especialmente en tejidos bien oxigenados o con alta densidad mitocondrial como el hígado, útero o piel, mantienen temporalmente la capacidad de transcripción activa. Se ha observado una regulación significativa de genes implicados en reparación del ADN, ensamblaje de cromatina, síntesis de factores de coagulación y vías metabólicas de emergencia. Lejos de ser un reflejo de degradación aleatoria, estos cambios parecen responder a señales de estrés isquémico, hipoxia y pérdida de homeostasis interna (Ferreira *et al.*, 2018; Partemi *et al.*, 2010). En algunos tejidos como el músculo o el colon, la respuesta transcriptómica ocurre casi de inmediato, mientras que otros, como el cerebro o el bazo, muestran una mayor estabilidad post mortem.



Clínicamente, esto tiene implicaciones directas sobre la validez de los análisis transcriptómicos post mortem, ya que las alteraciones no obedecen exclusivamente a fenómenos de lisis, sino a mecanismos celulares aún activos (Ferreira et al., 2018; Partemi et al., 2010).

Uno de los hallazgos más reveladores se encuentra en la sangre. Comparando perfiles génicos pre y post mortem, se identificaron cambios drásticos en genes relacionados con necrosis, inflamación, respuesta al daño genómico y desactivación inmune. Este comportamiento indica que, incluso en ausencia de perfusión, las células sanguíneas pueden continuar modulando su actividad, activando rutas clásicas de hipoxia como HIF-1 y cGMP-PKG, lo cual sugiere un intento de adaptación a las condiciones extremas (Ferreira et al., 2018; Partemi et al., 2010).

Desde el punto de vista bioquímico, destaca una reprogramación metabólica marcada: se inhibe progresivamente el ciclo de Krebs, mientras que se activa la glucólisis anaerobia. Este cambio refleja una adaptación a la pérdida de oxígeno y se acompaña de un aumento relativo en el ARN mitocondrial en ciertos órganos como el hígado y tejidos reproductivos femeninos, lo que podría representar un esfuerzo por preservar la homeostasis energética mediante rutas oxidativas residuales (Ferreira et al., 2018; Partemi et al., 2010).

Además, se documentaron alteraciones en el procesamiento post-transcripcional del ARN. Se identificaron variaciones en la inclusión de exones y un aumento de la entropía de empalme, lo cual refleja una pérdida progresiva del control sobre la producción de isoformas. Esto podría comprometer la funcionalidad de las proteínas recién sintetizadas, generando efectos clínicos en los primeros momentos tras la muerte (Ferreira et al., 2018; Partemi et al., 2010; Koppelkamm et al., 2011).

Biológicamente, esto implica que el núcleo celular conserva, aunque transitoriamente, su capacidad para organizar la maquinaria transcripcional y responder a estímulos como la hipoxia. Esta capacidad incluye la activación de vías de respuesta celular como HIF-1, que inhibe el metabolismo oxidativo y favorece la glucólisis, en un último intento de preservar energía. De forma paralela, el descenso en la producción de isoformas dominantes sugiere una desconexión progresiva entre el genoma y su regulación epigenética contextual (Ferreira et al., 2018; Partemi et al., 2010).

En conjunto, estos hallazgos demuestran que la célula post mortem atraviesa fases definidas de estrés, reorganización y posterior declive funcional, antes de llegar a la lisis completa. Lejos de representar un estado biológico inerte, la muerte inicia una fisiopatología molecular activa, regulada y sorprendentemente ordenada. Este conocimiento resulta esencial no solo para interpretar con exactitud estudios transcriptómicos, sino también para posicionar el perfil de expresión génica como una herramienta forense emergente en la estimación del intervalo post mortem (PMI, del inglés *post mortem interval*). De este modo, en ciertos escenarios puede superar a los métodos clásicos basados en hallazgos físicos del cadáver, proporcionando mayor precisión y objetividad en la determinación del tiempo transcurrido desde el fallecimiento (Ferreira et al., 2018; Partemi et al., 2010; Koppelkamm et al., 2011).

### Conciencia cerebral post paro

El paro cardíaco representa el modelo fisiológico más cercano al proceso de morir, ya que implica el cese abrupto del flujo sanguíneo, del oxígeno cerebral y, por tanto, de la actividad eléctrica organizada del encéfalo (Koenig, 2014). Tradicionalmente se ha considerado que este evento conlleva una pérdida instantánea de conciencia, seguida de desorganización neuronal progresiva y muerte cerebral si no se

revierte. Sin embargo, estudios recientes han desafiado este paradigma, revelando que aproximadamente el 10 % de los supervivientes refieren recuerdos vívidos durante el periodo de aparente inconsciencia, conocidos como NDEs (Parnia & Fenwick, 2002; Hoepner et al., 2013). Desde una perspectiva neurofisiológica, estos relatos plantean un dilema fascinante: ¿cómo puede la mente generar percepciones coherentes, estructuradas e incluso racionales en ausencia de actividad eléctrica cortical detectable? Parnia y Fenwick (2002) proponen que estas experiencias no son meras alucinaciones inducidas por hipoxia, sino manifestaciones de un procesamiento cerebral residual, posiblemente sostenido por mecanismos metabólicos mínimos o extracerebrales (Borjigin et al., 2013).

Durante el paro cardíaco, el EEG suele mostrar pérdida de actividad cortical organizada en los primeros 10–20 s; sin embargo, en modelos animales se han registrado descargas transitorias de alta frecuencia (especialmente en bandas gamma) inmediatamente tras el colapso circulatorio (Borjigin et al., 2013; Griffiths et al., 2019). Estas descargas podrían representar un último intento del cerebro por integrar información, activar memorias autobiográficas y generar algún nivel de conciencia en ausencia de entradas sensoriales externas, lo que coincide con los relatos de revisión de vida, visiones de luz o sensaciones de paz profunda (Borjigin et al., 2013).

Desde un punto de vista fisiopatológico más amplio, la activación breve pero estructurada de regiones relativamente resistentes a la hipoxia como el tallo encefálico, el hipocampo y la amígdala, sugiere la existencia de una reserva funcional cerebral que permite percepciones intensificadas y alteraciones en la percepción del tiempo (Borjigin et al., 2013). La hipótesis emergente plantea que la conciencia podría no cesar de forma inmediata con la detención del flujo sanguíneo cerebral, sino que podría prolongarse en un umbral aún no comprendido (Koenig, 2014; Parnia & Fenwick, 2002). Clínicamente, estos hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de mejorar el monitoreo de la función cerebral durante la reanimación y de replantear los criterios de muerte cerebral, así como de profundizar en los aspectos ético-clínicos del acompañamiento al final de la vida (Borjigin et al., 2013).

### **Conciencia al borde vital**

Desde una mirada médica integrada, las NDE no deben entenderse como simples episodios alucinatorios ni como construcciones ficticias del inconsciente. Muy por el contrario, estas vivencias reflejan una respuesta neurobiológicamente organizada que emerge cuando el cuerpo entra en un estado crítico de descompensación vital. No se trata de divagaciones sin sentido, sino del último intento del sistema nervioso por mantener un hilo de identidad, continuidad de la conciencia y percepción subjetiva en medio del colapso fisiológico (Martial et al., 2025; Hou et al., 2013; Rousseau et al., 2023).

Todo comienza con una caída abrupta del flujo sanguíneo cerebral. La presión arterial disminuye, el oxígeno se vuelve escaso y el dióxido de carbono se acumula, generando un ambiente ácido dentro de las células (Martial et al., 2025; Hou et al., 2013; Rousseau et al., 2023). En ese entorno alterado, lejos de apagarse de inmediato, el cerebro muestra una actividad paradójica: algunas neuronas, en respuesta al estrés extremo, incrementan su descarga eléctrica de manera desorganizada, mientras que otras redes intentan conservar la comunicación sináptica a través de mecanismos compensatorios. De este desequilibrio surgen imágenes brillantes, paisajes oníricos y una sensación de desconexión con el cuerpo físico, elementos clásicos de las NDE (Martial et al., 2025).

Durante este proceso, los neurotransmisores también se desregulan. La serotonina, la dopamina y el glutamato experimentan fluctuaciones que contribuyen a modelar estas vivencias intensas. En particular, los receptores 5-HT<sub>2A</sub> se activan de forma notable, induciendo fenómenos visuales, alteraciones en la percepción del tiempo y experiencias de tipo trascendental. Al mismo tiempo, los receptores 5-HT<sub>1A</sub> pueden generar una calma profunda, incluso cuando la homeostasis se desmorona. Esta dualidad neuroquímica podría explicar por qué algunas personas describen una paz inexplicable, mientras su organismo se encuentra en plena crisis (Martial *et al.*, 2025; Hou *et al.*, 2013).

En términos de conectividad cerebral, la arquitectura funcional del cerebro cambia drásticamente. Se pierde la sincronía habitual entre la corteza prefrontal, el tálamo y las áreas de integración sensorial. En este contexto, la unión TPJ, responsable de coordinar la percepción del cuerpo en el espacio, puede activarse de forma anómala, dando lugar a la sensación de flotar o separarse del cuerpo. Lejos de ser una ilusión sin fundamento, esta experiencia responde a la pérdida de entradas sensoriales fiables en un ambiente de hipoxia severa (Martial *et al.*, 2025; Hou *et al.*, 2013).

De manera simultánea, el sistema límbico y las redes de memoria autobiográfica pueden reactivarse, probablemente como un intento del cerebro por preservar la coherencia del yo. Esto da lugar a recuerdos intensos, revisiones de vida o incluso escenas del pasado que emergen con fuerza emocional. Desde una perspectiva evolutiva, estos mecanismos parecen diseñados para suavizar la transición emocional frente a una amenaza letal, promoviendo estados de aceptación en lugar de angustia (Martial *et al.*, 2025; Hou *et al.*, 2013).

Es importante destacar que muchas NDEs ocurren antes de que la actividad eléctrica cerebral cese por completo. En esa breve pero crítica ventana de hipoperfusión cerebral reversible, la mente no se desvanece sin resistencia: reorganiza sus recursos, reconfigura sus redes y, en ocasiones, alcanza un estado de percepción elevado. En esos segundos suspendidos entre la vida y la muerte, la conciencia se manifiesta de una forma excepcionalmente nítida, como si concentrara su energía en un último destello de lucidez (Martial *et al.*, 2025; Hou *et al.*, 2013).

En definitiva, las NDE no representan un colapso desordenado de un cerebro que agoniza, sino una manifestación profunda de la biología humana intentando sostener la experiencia consciente hasta el último instante. Es allí, en el umbral del final, donde la mente, en lugar de apagarse sin más, parece iluminarse con una intensidad extraordinaria antes de entregarse finalmente al silencio (Martial *et al.*, 2025; Hou *et al.*, 2013).

### **Persistencia eléctrica post mortem**

Desde una perspectiva médica integradora, la muerte encefálica representa el punto crítico de no retorno en la función cerebral (Grigg *et al.*, 1987). Sin embargo, estudios como el realizado por Grigg y colaboradores en 1987 plantean una observación sorprendente: incluso tras el diagnóstico clínico de muerte cerebral, un grupo de pacientes continúa mostrando actividad EEG durante varias horas e incluso días. Este hallazgo, lejos de ser anecdótico, obliga a reexaminar la fisiopatología del morir neuronal como un proceso más complejo, secuencial y no estrictamente instantáneo (Grigg *et al.*, 1987; Castro Conde *et al.*, 2017).

De los 56 pacientes evaluados, 11 presentaron actividad EEG tras el diagnóstico de muerte cerebral, con una duración promedio de 36.6 horas. Esta actividad se presentó en tres patrones distintos, lo cual sugiere

que no todas las regiones del encéfalo colapsan de manera uniforme ni simultánea. Algunos registros mostraron actividad theta o beta de bajo voltaje, lo cual implica que, a pesar de la ausencia de función clínica, aún persistía cierto grado de sincronización cortical residual. Esto podría representar una especie de "postrera oscilación" de neuronas que se resisten a extinguirse por completo, en un intento desesperado de mantener la homeostasis eléctrica (Grigg et al., 1987; Castro Conde et al., 2017).

Otro grupo de pacientes mostró patrones EEG semejantes al sueño, con actividad theta y delta combinada con potenciales tipo husos del sueño. Este hallazgo es particularmente fascinante, ya que indica que, incluso en ausencia de función bulbar efectiva, el circuito tálamo-cortical puede seguir generando ritmos de fondo, siempre y cuando exista una mínima viabilidad metabólica en la corteza. En estos casos, los estudios post mortem revelaron necrosis isquémica extensa en el tronco encefálico, pero con una conservación relativa de las capas corticales, lo que permitiría dicha actividad transitoria (Grigg et al., 1987; Castro Conde et al., 2017).

En un solo paciente se documentó una actividad alfa monótona, no reactiva, predominante en regiones anteriores (Grigg et al., 1987; Castro Conde et al., 2017). Este patrón, típicamente asociado a estados de vigilia pasiva o relajación con ojos cerrados, podría representar una de las últimas expresiones de organización eléctrica anterior antes del colapso total. No obstante, en ninguno de los casos hubo recuperación clínica, lo que confirma que esta actividad no refleja una conciencia preservada, sino remanentes eléctricos sin correlato funcional (Grigg et al., 1987; Castro Conde et al., 2017; Okii et al., 1993).

Biológicamente, estos hallazgos se interpretan como el reflejo de una desincronización gradual entre los circuitos corticales y subcorticales, donde ciertas neuronas mantienen la capacidad de descarga espontánea aún en un entorno energético precario. La hipoxia, la acidosis y el agotamiento de neurotransmisores no se distribuyen de forma homogénea, por lo cual algunas regiones pueden deteriorarse más lentamente. Este gradiente funcional genera una ventana en la que la actividad eléctrica puede persistir sin que ello implique viabilidad clínica o reversibilidad (Grigg et al., 1987; Castro Conde et al., 2017).

La presencia de actividad EEG tras la muerte cerebral no cuestiona la validez del diagnóstico clínico ni implica necesariamente conciencia, sino que refleja fases bioeléctricas residuales de reorganización cortical. Al concebir la muerte encefálica como un proceso biológicamente progresivo y multifásico, entendemos la urgente necesidad de revisar nuestros protocolos ético-clínicos: desde el criterio de suspensión de soporte vital hasta la implementación de sedación paliativa compasiva, asegurando una toma de decisiones médicas más precisa y respetuosa con la dignidad del paciente (Grigg et al., 1987; Castro Conde et al., 2017; Okii et al., 1993).

### **Límite isquémico cardíaco crítico**

Cuando el corazón deja de latir tras la retirada del soporte vital, se inicia un periodo de isquemia cálida que somete a las células miocárdicas a un estrés extremo. Este lapso, donde el oxígeno ya no perfunde los tejidos, pero el cuerpo aún permanece a temperatura corporal, representa una ventana crítica donde se define la viabilidad del órgano para trasplante. El estudio realizado por Sánchez-Cámara y colaboradores logra, por primera vez en humanos, identificar con precisión este umbral fisiopatológico: los primeros 10 minutos tras el paro circulatorio (CA) marcan el punto de inflexión a partir del cual la función contráctil, la

integridad mitocondrial y la viabilidad celular comienzan a deteriorarse de forma significativa (Sánchez-Cámara *et al.*, 2022; Arnold *et al.*, 2024).

Desde el punto de vista molecular, el miocardio conserva inicialmente su funcionalidad. En los primeros minutos tras el paro, las proteínas esenciales para el manejo del calcio intracelular, como la proteína quinasa A (PKA) y la fosfolambán (PLN), mantienen su estado de fosforilación. Esto es relevante, pues estos mecanismos sostienen el ciclo de contracción-relajación cardíaca al permitir la recaptación de calcio por el retículo sarcoplásmico mediante SERCA2a. Sin embargo, diez minutos después del paro, se observa una caída marcada en la fosforilación de estas proteínas, señalando un punto de quiebre funcional en la homeostasis del calcio (Sánchez-Cámara *et al.*, 2022; Arnold *et al.*, 2024).

Paralelamente, las mitocondrias, organelas esenciales para la producción de energía y la supervivencia celular, comienzan a fallar. La actividad de los complejos II y IV de la cadena respiratoria se mantiene estable durante los primeros minutos, pero decrece significativamente después del décimo minuto de isquemia. Esta disfunción progresiva compromete la producción de ATP, desencadenando una cascada de eventos que incluye la liberación de factores proapoptóticos.

Uno de estos eventos es la activación de las caspasas 3 y 7, enzimas clave en la ejecución de la muerte celular programada. En el estudio, sus niveles permanecieron estables inicialmente, pero aumentaron de forma significativa entre los 11 y 15 minutos posteriores al paro. Este hallazgo revela que la apoptosis no se activa de inmediato, sino que responde a un proceso de deterioro energético progresivo que tiene un umbral temporal definido (Sánchez-Cámara *et al.*, 2022; Arnold *et al.*, 2024; Feizpour *et al.*, 2022).

Es notable que el tiempo transcurrido desde la retirada del soporte vital (WLST) hasta el paro circulatorio no afecta directamente la viabilidad del tejido cardíaco. Incluso en donantes cuya progresión al paro fue más lenta, la funcionalidad celular se preservó durante ese intervalo. Este dato desafía la noción previa de que el descenso de la presión arterial antes del paro era el inicio efectivo de la isquemia funcional (Sánchez-Cámara *et al.*, 2022; Arnold *et al.*, 2024).

En conjunto, este trabajo demuestra que, en humanos, el miocardio tolera hasta 10 minutos de isquemia cálida tras el cese circulatorio sin sufrir daños irreversibles. Más allá de ese punto, el riesgo de disfunción del injerto aumenta considerablemente. Esta fisiopatología molecular no solo redefine los límites temporales seguros para la donación cardíaca en muerte circulatoria, sino que también optimiza la toma de decisiones en programas de trasplante, con implicaciones prácticas directas en la expansión del número de órganos disponibles (Sánchez-Cámara *et al.*, 2022; Arnold *et al.*, 2024; Feizpour *et al.*, 2022).

### **Reversibilidad de células a nivel cerebral post mortem**

Hallazgos recientes demuestran que, en condiciones controladas, cerebros de mamíferos pueden recuperar funciones celulares incluso horas tras la muerte clínica. Desde una perspectiva fisiopatológica, la privación de oxígeno (anoxia) desencadena una cascada de daño celular: colapso de las bombas iónicas dependientes de ATP, disrupción del gradiente electroquímico, acidosis intracelular progresiva, liberación masiva de glutamato excitotóxico, entrada excesiva de calcio y formación de especies reactivas de oxígeno (Vrselja *et al.*, 2019). Todo esto precipita alteraciones mitocondriales, daño estructural y activación de vías apoptóticas o necrosantes. En condiciones normales, esta secuencia conduce a la degradación irreversible del tejido nervioso y a la pérdida total de funciones sinápticas y metabólicas (Vrselja *et al.*, 2019; Youngner & Hyun, 2019; Nair-Collins, 2021).



No obstante, en este estudio se diseñó un sistema de perfusión extracorpóreo altamente sofisticado, denominado *BrainEx*, que replicó el flujo sanguíneo pulsátil fisiológico e incorporó un perfusato experimental a base de hemoglobina libre, no celular, resistente a la coagulación, con propiedades antioxidantes (Vrselja et al., 2019), antiinflamatorias y cito-protectoras. Este entorno no solo evitó la tumefacción cerebral típica de la isquemia, sino que también mitigó el daño por reperfusión, favoreciendo la reactivación progresiva del metabolismo celular (Vrselja et al., 2019).

Tras cuatro horas del fallecimiento del animal, se logró preservar sorprendentemente la organización histológica del cerebro. Las células neuronales mantuvieron sus membranas intactas, las astroglias respondieron activamente a señales inflamatorias y las células endoteliales conservaron su funcionalidad vasodilatadora, lo que evidencia una integridad funcional del endotelio microvascular (Vrselja et al., 2019; Youngner & Hyun, 2019; Nair-Collins, 2021). Lo más notable fue la recuperación parcial de la actividad sináptica espontánea, una señal de que las neuronas no solo estaban estructuralmente presentes, sino activas en un nivel bioeléctrico fundamental (Vrselja et al., 2019; Youngner & Hyun, 2019).

Desde el punto de vista energético, se detectaron niveles consistentes de ATP en múltiples regiones cerebrales, lo que indica una reactivación mitocondrial suficiente para sostener procesos básicos como la síntesis proteica, el mantenimiento del citoesqueleto y la conducción iónica. A pesar de que no se evidenció actividad cortical organizada, es decir, no hubo patrón eléctrico global observable en el EEG, algunos focos subcorticales mostraron actividad funcional localizada, lo cual sugiere que ciertas redes neuronales, aún desconectadas del todo, conservaban potencial fisiológico (Vrselja et al., 2019; Youngner & Hyun, 2019).

Este modelo experimental redefine nuestra comprensión de la fisiopatología post mortem. El hecho de que el cerebro pueda ser parcialmente reactivado horas después del colapso circulatorio sugiere que la “muerte cerebral” podría no ser un evento tan abrupto como se ha considerado, sino más bien un proceso que transita gradualmente hacia la irreversibilidad. En este intervalo crítico, las nuevas tecnologías de perfusión podrían ofrecer una ventana terapéutica o diagnóstica no explorada (Vrselja et al., 2019; Youngner & Hyun, 2019; Nair-Collins, 2021).

Desde un enfoque clínico y bioético, este estudio plantea interrogantes profundos. Si la muerte cerebral puede diferirse o modularse, ¿deberían ajustarse los criterios diagnósticos actuales? ¿Podrían estas técnicas aplicarse en situaciones como el paro cardíaco prolongado o los trasplantes neurológicos? Aunque no se restauró la conciencia ni se logró reintegrar funciones cognitivas superiores, los resultados invitan a replantear los límites entre vida, muerte y viabilidad neuronal (Vrselja et al., 2019; Youngner & Hyun, 2019).

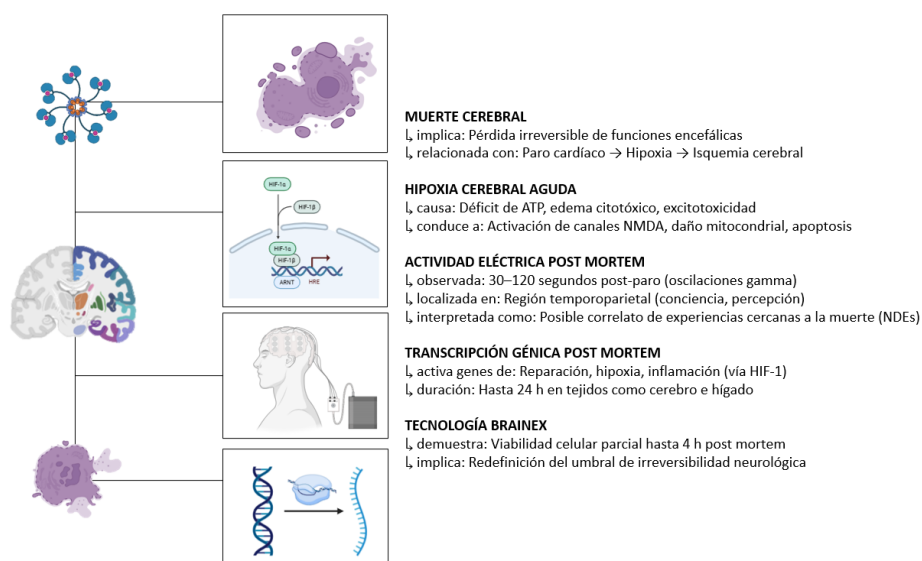
En suma, lo mostrado en este modelo porcino no es una simple reanimación de tejidos muertos, sino una redefinición de la fisiopatología cerebral post mortem. El cerebro, bajo condiciones artificiales, pero meticulosamente controladas, no es un órgano pasivo que colapsa sin posibilidad de retorno, sino una estructura con una resiliencia biológica inesperada (Vrselja et al., 2019; Youngner & Hyun, 2019; Xu et al., 2023).

## DISCUSIÓN

Los hallazgos presentados en esta revisión redefinen de manera sustancial la comprensión de la muerte cerebral como un proceso multifásico, dinámico y parcialmente reversible. La evidencia revisada sugiere

que, lejos de representar un cese inmediato de la función cortical, el encéfalo conserva transitoriamente patrones organizados de actividad eléctrica, transcriptómica y metabólica incluso después del paro circulatorio. La presencia de oscilaciones gamma post mortem, la viabilidad mitocondrial prolongada y la reactivación funcional inducida por sistemas como *BrainEx* revelan un umbral de irreversibilidad neurológica más amplio de lo que se asumía previamente. Estos hallazgos también otorgan sustento neurobiológico a las NDE tradicionalmente relegadas al ámbito anecdótico o metafísico.

Sin embargo, esta revisión presenta limitaciones importantes, entre las cuales destaca que buena parte de la evidencia disponible proviene de modelos animales o descripciones clínicas aisladas, lo que restringe su aplicabilidad a contextos más amplios. La variabilidad en las metodologías de monitoreo cerebral, las diferencias en protocolos de retirada del soporte vital y la escasez de estudios longitudinales en humanos limitan la extrapolación clínica directa. Asimismo, la mayoría de los hallazgos fisiológicos aún no se correlacionan con indicadores confiables de conciencia subjetiva, lo que impide validar empíricamente su impacto experiencial.



**Figura 1.** Los eventos clave en la transición hacia la muerte cerebral, integrando hallazgos sobre actividad eléctrica, viabilidad celular post mortem y mecanismos moleculares asociados a la conciencia terminal. (Autoría propia de los autores, adaptado de toda la revisión de tema, se cita software de desarrollo de imagen por los autores- BioRender [Internet]. BioRender.com; c2025 [cited 2025 May 6]. Available from: <https://www.biorender.com/>).

Pese a estas limitaciones, los resultados aquí analizados abren líneas de investigación fundamentales. ¿Cuáles son los marcadores cerebrales que determinan la transición definitiva a la muerte encefálica? ¿Es posible modular o extender la viabilidad neuronal tras un paro? ¿Podrían estas tecnologías redefinir la práctica de la donación en asistolia o influir en los criterios de muerte clínica?

En el plano teórico, estos datos obligan a repensar la muerte cerebral no como un punto, sino como un umbral fisiológico. En lo práctico, refuerzan la necesidad de implementar herramientas de neuroimagen avanzada y protocolos éticos más rigurosos durante el proceso de morir. Finalmente, la observación de una "sinfonía eléctrica final" del cerebro invita a humanizar este momento, reconociendo que el final de la vida no es instantáneo, sino una transición activa y compleja.

## **CONCLUSIÓN**

En conclusión, nuestra revisión muestran que, tras el paro cardíaco, el cerebro exhibe un breve pero significativo aumento organizado de oscilaciones gamma (25–150 Hz) en la región temporoparietooccipital, acompañado de acoplamientos fase-amplitud con ritmos lentos y una activación secuencial hemisférica, lo cual evidencia la persistencia de redes neuronales de alto orden y mecanismos de integración temporal en condiciones de hipoxia extrema (Zhong et al., 2017; Borjigin et al., 2013; Griffiths et al., 2019). Estos hallazgos redefinen el instante real de pérdida de conciencia, respaldan una base neurobiológica para las experiencias cercanas a la muerte y abogan por la inclusión de marcadores neurofuncionales avanzados en los criterios de muerte cerebral (Figura 1).

## **INTERESES EN COMPETENCIA**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés relacionado con el contenido de este trabajo.

## **CONTRIBUCIONES**

Todos los autores participaron activamente en la concepción del tema, la redacción del manuscrito y la revisión crítica del contenido. No se recibió financiación externa para la realización de este estudio. Todos aprobaron la versión final.

## **COMPROMISO CON LA ÉTICA DE PUBLICACIÓN**

Los autores garantizan el cumplimiento de los principios éticos de publicación, incluyendo la transparencia, la correcta atribución de autoría y el respeto a los estándares internacionales de integridad académica.

## **APROBACIÓN ÉTICA Y CONSENTIMIENTO**

Este trabajo no involucró investigación con seres humanos, animales ni datos sensibles que requieran aprobación por un comité de ética. Por lo tanto, no se requería consentimiento informado ni revisión ética formal.

## **LICENCIA**

Este manuscrito se publica bajo una licencia de acceso abierto, permitiendo su libre consulta y uso responsable, siempre que se otorgue el crédito correspondiente a los autores.

## **USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Los autores declaran que no se utilizó inteligencia artificial generativa ni herramientas automatizadas para la redacción, análisis o interpretación de los resultados de este manuscrito. Todo el contenido fue elaborado de manera original por los autores.

## REFERENCIAS

- Arnold, M., Do, P., Davidson, S. M., Large, S. R., Helmer, A., Beer, G., Siepe, M., & Longnus, S. L. (2024). Metabolic considerations in direct procurement and perfusion protocols with DCD heart transplantation. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(8), 4153. <https://doi.org/10.3390/ijms25084153>
- Borjigin, J., Lee, U., Liu, T., Pal, D., Huff, S., Klarr, J., Sloboda, J., Hernandez, J., Wang, M. M., & Mashour, G. A. (2013). Surge of neurophysiological coherence and connectivity in the dying brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(35), 14432–14437. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308285110>
- Castro Conde, J. R., González Barrios, D., González Campo, C., González González, N. L., Reyes Millán, B., & Sosa, A. J. (2017). Visual and quantitative electroencephalographic analysis in healthy term neonates within the first six hours and the third day of life. *Pediatric Neurology*, 77, 54–60.e1. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2017.04.024>
- Feizpour, C. A., Gauntt, K., Patel, M. S., Carrico, B., Vagefi, P. A., Klassen, D., & MacConmara, M. (2022). The impact of machine perfusion of the heart on warm ischemia time and organ yield in donation after circulatory death. *American Journal of Transplantation*, 22(5), 1451–1458. <https://doi.org/10.1111/ajt.16952>
- Ferreira, P. G., Muñoz-Aguirre, M., Reverter, F., et al. (2018). The effects of death and post-mortem cold ischemia on human tissue transcriptomes. *Nature Communications*, 9, 490. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02772-x>
- Geocadin, R. G., Callaway, C. W., Fink, E. L., Golan, E., Greer, D. M., Ko, N. U., Lang, E., Licht, D. J., Marino, B. S., McNair, N. D., Peberdy, M. A., Perman, S. M., Sims, D. B., Soar, J., & Sandroni, C. (2019). Standards for studies of neurological prognostication in comatose survivors of cardiac arrest. *Circulation*, 140(9), e517–e542. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000702>
- Griffiths, B. J., Parish, G., Roux, F., Michelmann, S., van der Plas, M., Kolibius, L. D., Chelvarajah, R., Rollings, D. T., Sawlani, V., Hamer, H., Gollwitzer, S., Kreiselmeyer, G., Staesina, B., Wimber, M., & Hanslmayr, S. (2019). Directional coupling of slow and fast hippocampal gamma with neocortical alpha/beta oscillations in human episodic memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(43), 21834–21842. <https://doi.org/10.1073/pnas.1914180116>
- Grigg, M. M., Kelly, M. A., Celesia, G. G., Ghobrial, M. W., & Ross, E. R. (1987). Electroencephalographic activity after brain death. *Archives of Neurology*, 44(9), 948–954. <https://doi.org/10.1001/archneur.1987.00520210048018>
- Gwinnutt, C. (2015). Awareness during resuscitation. *Resuscitation*, 97, e17. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.12.036>
- Hoepner, R., Labudda, K., May, T. W., Schoendienst, M., Woermann, F. G., Bien, C. G., & Brandt, C. (2013). Ictal autoscopic phenomena and near death experiences: A study of five patients with ictal autoscopies. *Journal of Neurology*, 260(3), 742–749. <https://doi.org/10.1007/s00415-012-6689-x>
- Hou, Y., Huang, Q., Prakash, R., & Chaudhury, S. (2013). Infrequent near death experiences in severe brain injury survivors – A quantitative and qualitative study. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 16(1), 75–81. <https://doi.org/10.4103/0972-2327.107715>
- Koenig, M. A. (2014). Brain resuscitation and prognosis after cardiac arrest. *Critical Care Clinics*, 30(4), 765–783. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2014.06.007>
- Koppelkamm, A., Vennemann, B., Lutz-Bonengel, S., Fracasso, T., & Vennemann, M. (2011). RNA integrity in post-mortem samples: Influencing parameters and implications on RT-qPCR assays. *International Journal of Legal Medicine*, 125(4), 573–580. <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0578-1>
- Martial, C., Fritz, P., Gosseries, O., Bonhomme, V., Kondziella, D., Nelson, K., & Lejeune, N. (2025). A neuroscientific model of near-death experiences. *Nature Reviews Neurology*. <https://doi.org/10.1038/s41582-025-01072-z>
- Nair-Collins, M. (2021). Evaluating the translational value of postmortem brain reperfusion technology. *Translational Neuroscience*, 12(1), 297–300. <https://doi.org/10.1515/tnsci-2020-0179>
- Okii, Y., Kawamoto, K., Hashimoto, M., Saito, M., Ueda, M., & Ishida, N. (1993). [Clinical study on judgement of brain death by the nasopharyngeal lead with the aid of an automatic EEG analysis system]. *Nihon Hoigaku Zasshi*, 47(2), 119–128. PMID: 8315865
- Parnia, S., & Fenwick, P. (2002). Near death experiences in cardiac arrest: Visions of a dying brain or visions of a new science of consciousness. *Resuscitation*, 52(1), 5–11. [https://doi.org/10.1016/s0300-9572\(01\)00469-5](https://doi.org/10.1016/s0300-9572(01)00469-5)

- Partemi, S., Berne, P. M., Batlle, M., Berrueto, A., Mont, L., Riuró, H., Ortiz, J. T., Roig, E., Pascali, V. L., Brugada, R., Brugada, J., & Oliva, A. (2010). Analysis of mRNA from human heart tissue and putative applications in forensic molecular pathology. *Forensic Science International*, 203(1-3), 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.07.005>
- Romand, R., & Ehret, G. (2023). Neuro-functional modeling of near-death experiences in contexts of altered states of consciousness. *Frontiers in Psychology*, 13, 846159. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.846159>
- Rousseau, A. F., Dams, L., Massart, Q., Choquer, L., Cassol, H., Laureys, S., Misset, B., Dardenne, N., Gosseries, O., & Martial, C. (2023). Incidence of near-death experiences in patients surviving a prolonged critical illness and their long-term impact: A prospective observational study. *Critical Care*, 27(1), 76. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04348-2>
- Sánchez-Cámara, S., Asensio-López, M. C., Royo-Villanova, M., Soler, F., Jara-Rubio, R., Garrido-Peñalver, J. F., Pinar, E., Hernández-Vicente, Á., Hurtado, J. A., Lax, A., & Pascual-Figal, D. A. (2022). Critical warm ischemia time point for cardiac donation after circulatory death. *American Journal of Transplantation*, 22(5), 1321–1328. <https://doi.org/10.1111/ajt.16987>
- Sandroni, C., Cronberg, T., & Sekhon, M. (2021). Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis. *Intensive Care Medicine*, 47(12), 1393–1414. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06548-2>
- Shlobin, N. A., Aru, J., Vicente, R., & Zemmar, A. (2023). What happens in the brain when we die? Deciphering the neurophysiology of the final moments in life. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 15, 1143848. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1143848>
- Vicente, R., Rizzuto, M., Sarica, C., Yamamoto, K., Sadr, M., Khajuria, T., Fatehi, M., Moien-Afshari, F., Haw, C. S., Llinas, R. R., Lozano, A. M., Neimat, J. S., & Zemmar, A. (2022). Enhanced interplay of neuronal coherence and coupling in the dying human brain. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, 813531. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.813531>
- Vrselja, Z., Daniele, S. G., Silbereis, J., et al. (2019). Restoration of brain circulation and cellular functions hours post-mortem. *Nature*, 568, 336–343. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1099-1>
- Xu, G., Mihaylova, T., Li, D., Tian, F., Farrehi, P. M., Parent, J. M., Mashour, G. A., Wang, M. M., & Borjigin, J. (2023). Surge of neurophysiological coupling and connectivity of gamma oscillations in the dying human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(19), e2216268120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2216268120>
- Youngner, S., & Hyun, I. (2019). Pig experiment challenges assumptions around brain damage in people. *Nature*, 568(7752), 302–304. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01169-8>
- Zhang, L., & Poo, M. M. (2001). Electrical activity and development of neural circuits. *Nature Neuroscience*, 4(Suppl 11), 1207–1214. <https://doi.org/10.1038/nn753>
- Zhong, W., Ciatipis, M., Wolfenstetter, T., Jessberger, J., Müller, C., Ponsel, S., Yanovsky, Y., Brankač, J., Tort, A. B. L., & Draguhn, A. (2017). Selective entrainment of gamma subbands by different slow network oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(17), 4519–4524. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617249114>



# Consideraciones etimológicas del término músculo diafragma

Jorge Eduardo Duque Parra<sup>1\*</sup>, Jhonatan Duque Colorado<sup>2</sup>, Jhony Alejandro Díaz Vallejo<sup>1</sup>

1. Programa de Medicina. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Caldas Dirección: Carrera 25 # 48-57, Código postal: 170004 Manizales, Colombia.
2. Universidad de La Frontera, Facultad de Medicina, Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Temuco, Chile.

**\* Autor para correspondencia:**

Jorge Eduardo Duque Parra  
jorge.duque\_p@ucaldas.edu.co

## RESUMEN

Se presenta una revisión sobre la etimología con base en las raíces griega y latinas del término músculo diafragma ubicado entre el tórax y el abdomen, término compuesto vigente en la *Terminología Anatómica* y de carácter internacional; además se abordan los orígenes históricos sobre este componente muscular estriado esquelético.

Palabras clave: Diafragma, Historia, Músculo, Terminología.

## ABSTRACT

This paper presents a review of the etymology, based on Greek and Latin roots, of the term diaphragm muscle, located between the thorax and abdomen. This is a current and internationally recognized compound term in Anatomical Terminology. It also addresses the historical origins of this striated skeletal muscle component.

Keywords: Diaphragm, History, Muscle, Terminology.

## INTRODUCCIÓN

*Como un viejo templo convertido en museo cumple malamente su nuevo fin y se yergue como testimonio de las creencias de quienes lo levantaron, así las palabras nos hablan del pasado, cuando su significado era muy distinto al que hoy le damos.*

Barcia Goyanes J.J.

El avance en la investigación sobre el lenguaje de la ciencia -especialmente de la morfología y en ella la anatomía macroscópica- se ha debido entre otros motivos, a la creación de distintos grupos de investigación y a la colaboración multidisciplinar (García Jáuregui, 2010). Esta colaboración ha permitido entender cabalmente entre otros, muchos de los términos griegos y latinos empleados en el campo médico que fueron acuñados hace más de 2000 años. En anatomía, muchos de estos términos, hacen referencia a plantas o animales, como es el caso del músculo diafragma del tórax. Puesto que hay varios músculos con el término “diafragma”, nos centraremos en el del tórax, identificado con el número 2327 en la *Terminología Anatómica* (FIPAT, 2019) que, a manera de septo, se ubica entre el tórax y el abdomen (Figura 1) -hay otros músculos llamados diafragma, como en la pelvis, el diafragma urogenital- (FIPAT, 2019).



**Figura 1.** Corte sagital de parte del cuerpo humano, donde se identifica el músculo diafragma marcado en parte con color rojo con sus fijaciones en el proceso xifoideo del esternón y en la columna vertebral cubriendo el hígado inferiormente.

El objetivo del presente trabajo es reforzar el aprendizaje de los términos anatómicos que se estudian con base en un método analítico y un razonamiento adecuado para la formación inicial de los estudiantes que ingresan a la escuela de medicina (Duque-Parra *et al.*, 2018).

## DISCUSIÓN

La etimología de músculo diafragma deriva de una palabra grecolatina compuesta del griego *mus* [μυς] cuyo significado es ratón y *culus* del latín, que corresponde a pequeño (Muñoz-Cofre *et al.*, 2019; Morales Harley, 2014). Músculo, por lo tanto, semánticamente significa ratón pequeño (Diccionario Médico Universidad de Salamanca, 2018), que los griegos observaron por semejanza entre el músculo bíceps

braquial y un ratón -donde el vientre del músculo sería el cuerpo del ratón y el tendón su cola- (Galbiati, 2014). En sus inicios el nombre estaba por lo tanto, asociado solo al tejido que se insertaba al esqueleto a través de sus tendones (Micheli-Pellegrini, 2011) excepto en este músculo, que posee un centro tendíneo de autofijación; sus otros componentes son xifocostovertebrales.

Cabe resaltar, que los textos hipocráticos estudian el cuerpo humano, sin utilizar la distinción entre forma y función, que fue ajena a la medicina de la antigüedad clásica; en estos textos los conocimientos anatómicos son dispersos y asistemáticos, procedentes de observaciones ocasionales o de razonamientos analógicos, por lo que carecen de una terminología propiamente científica (López Piñero, 1995).

El término “músculo” equivale a que nuestros músculos son una especie de ratoncitos (Morales Harley, 2014). Los antiguos romanos también comparaban los movimientos de la parte superior de la pierna -incluyendo el músculo gastrocnemio- con un ratoncito que iba y venía, y es que cuando observaron el curioso movimiento hacia delante y hacia atrás que hacía la bola bajo la piel -lo que nosotros conocemos hoy en día como músculo-, les recordó cómo se movía un ratoncillo cuando está casi atrapado y quiere escapar.

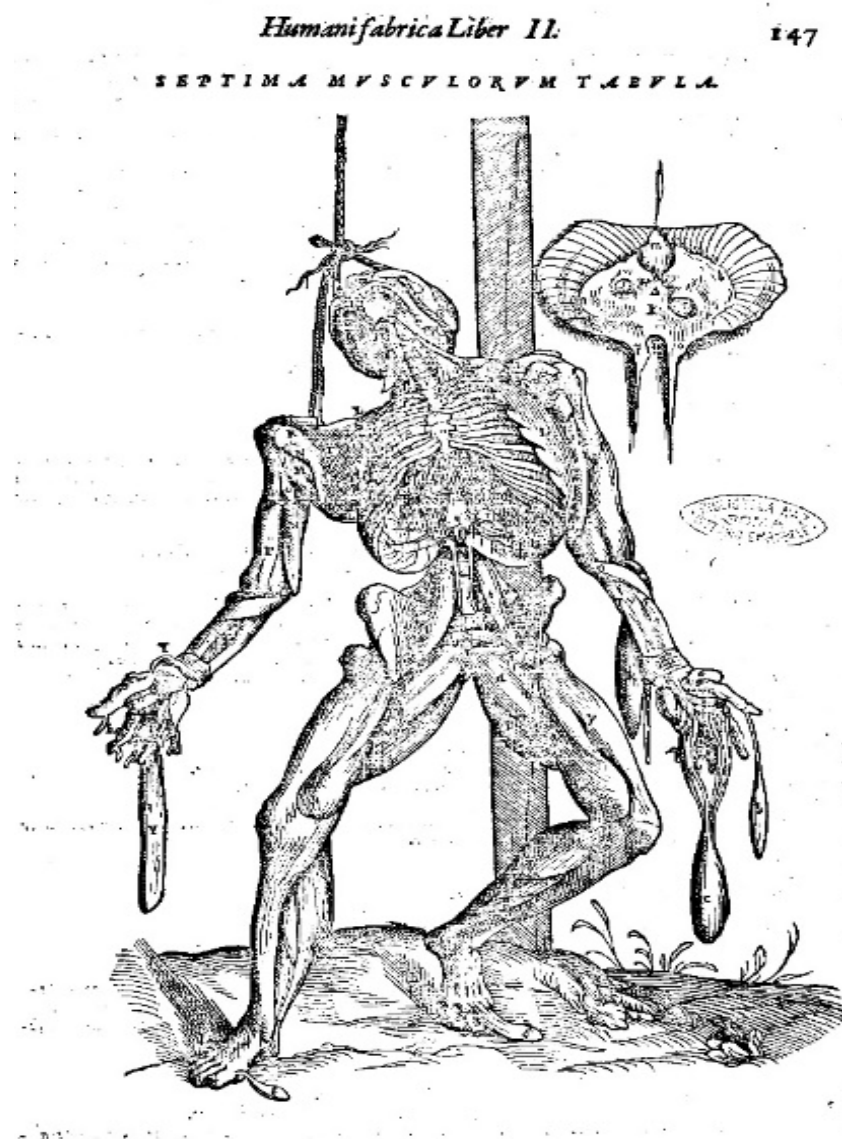
Para el caso del diafragma, en la Ilíada, Homero lo nombra *prapides*; Celso en el siglo II lo llamó *septum transversum* en *De medicine*, igual hicieron Galeno de Pérgamo (129-216) y Andreas Vesalio (1514-1564), subrayando que las vísceras superiores están separadas de las inferiores por este *septo transversum* aspecto identificado en el libro *De humani corporis fabrica* (Vesalii, 1555) (Figura 2). El filósofo Platón (387-367 a.n.e) consideró que separaba una zona concupiscible de otra irascible (Duque Parra, 2025), además lo consideró como el septo entre el pecho y el estómago, también, el ya citado Galeno lo reconoció como el músculo más útil en la respiración (Hyrtl, 1880) considerado como un músculo en forma de domo cuya principal función es inhalatoria (Stardring, 2020). Hidalgo lo nombró como *musculo membranoso* y Laurentius lo llamó *diaphragma* (Duque Parra, 2025).

Los anatomistas griegos, por otro lado, también usaron esta palabra para el proceso falciforme mayor de la membrana del tímpano, para el septo nasal y cardíaco, para el *septum pellucidum* en el encéfalo, Hipócrates también para el paladar. Debido a estos múltiples usos de la palabra diafragma, muchos griegos prefirieron llamar al diafragma phrenes, hipozoma y perizoma, como ocurrió en la edad media, praecordia, cinctus. Los arabistas, lo llamaron *panniculi carnosi infimi ventris* que se puede testificar formando el diafragma como un panículo transversum (Hyrtl, 1880).

El nombre diafragma deriva del griego *día*, asimilado por entre o a través y *phagma* por pared *δια* –*diá*-, que significa a través de, y *φάγμα* –*phragma*- que se traduce como separación -phrag- separar y el sufijo *ma*, que expresa el resultado de la acción, por lo tanto pasa a ser barrera, separación- (Marangoni, 2010), como efectivamente sucede, excepto cuando se altera su morfología y se desarrollan hernias congénitas afectando el estado de salud de la persona, una anomalía potencialmente mortal que atrae mucha atención entre médicos, investigadores y embriólogos desde su informe inicial realizado por Lazare Rivière (1589-1655) (Riverius, 1679).

## CONCLUSIÓN

Las raíces de los términos músculo diafragma son de origen greco-latino y se han asimilado como pequeño ratón separador entre las regiones torácica y abdominal.



**Figura 2.** Cuerpo en el que se observa el músculo diafragma disecado aparte en la obra de Vesalio.

## REFERENCIAS

- Duque Parra, J. E., Barco-Ríos, J., Dávila-Alzate, N. (2018). Los epónimos en las ciencias médicas: errores históricos que originan injusticias. *Revista Facultad de Medicina*, 66(1), 87-90.
- Duque Parra, J.E. (2025). *Orígenes, presente y futuro de la Terminología Anatómica*. Editorial Universidad de Caldas. Manizales. In Press.
- FIPAT (2019). *Terminología Anatómica*. Federative international programme for anatomical terminology.
- García Jáuregui, C. (2010). *La formación de la terminología anatómica en español (1493-1604)*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. Salamanca.

- Hyrtl, J. (1880). *Onomatologia Anatomica*. Geschichte und Kritik der anatomischen Sprache der Gegenwart. Wien: Wilhelm Braumüller. K.K. Hof- und Universitätsbuchhändler.
- López Piñero, J.M. (1995). *La medicina en la antigüedad*. Editorial digital Titivillus.
- Marangoni, A. (2010). Etimología de las palabras frénico y diafragma. *Revista Argentina de Radiología*, 74 (3), 251-254.
- Morales Harley, R. (2014). Metáforas motivadas por la similitud formal en la terminología médica. *Káñina, Revista Artes y Letras*, Universidad de Costa Rica. XXXVIII (Especial), 113-125.
- Muñoz-Cofré, R., Roa, I., Nicholson, C., Conei, D., Parra-Véliz, M., Escobar-Cabello, M., Vásquez, B. (2019). El término músculo y su coherencia interna: una sugerencia a terminología histológica. *Int J Morphol*, 37(1), 128-135.
- Riverius, L. (1679). *Opera Medica Universa Observation*.
- Standring, S. (2020). *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. Elsevier.
- Vesalii, A. (1555). *De Humani corporis Fabrica. libri feptem*.



# Instrucciones a los autores de la Revista Panamericana de Morfología

Los artículos deben ser originales, inéditos y enviados exclusivamente a la **Revista Panamericana de Morfología (RPM)**. Se consideran contribuciones de cualquier país y no es requisito que los autores sean miembros de la Sociedad Mexicana de Anatomía A.C. Al ser aceptado un artículo para su publicación, la RPM se reserva todos los derechos de publicación.

## TIPOS DE PUBLICACIONES

- **Artículos de investigación.** Manuscritos de investigaciones originales. El trabajo informa sobre investigaciones experimentales u observacionales científicamente sólidas y proporciona una cantidad sustancial de información nueva.
- **Artículos de revisión.** Manuscritos de revisiones bibliográficas que ofrecen un análisis exhaustivo de la literatura existente dentro de un campo de estudio, identificando lagunas o problemas actuales. Deben ser críticos y constructivos, y proporcionar recomendaciones para futuras investigaciones.
- **Artículos de revisión sistemática.** Manuscritos de revisiones bibliográficas sistemáticas que presentan un análisis detallado de información e investigaciones previas sobre un tema determinado. Se caracterizan por la utilización de parámetros y métodos de búsqueda claramente definidos para identificar, categorizar, analizar e informar evidencia completa sobre un tema específico.
- **Reportes de caso.** Manuscritos de informes de casos médicos que presentan información detallada sobre síntomas, signos, diagnóstico, tratamientos (incluidos todos los tipos de intervenciones) y resultados de un paciente. Por lo general, describen condiciones nuevas o poco comunes que sirven para mejorar la atención médica o resaltar detalles en el diagnóstico.
- **Revisiones históricas.** Manuscritos de eventos, temas o períodos del pasado. Incluyen semblanzas de figuras clave, movimientos sociales o cambios culturales, destacando sus contribuciones y el impacto que tuvieron en su contexto.
- **Cartas del editor.** Escritos breves que los lectores envían para expresar opiniones, comentar sobre artículos anteriores o abordar temas de interés público. Las cartas al editor fomentan el debate y el intercambio de ideas, a menudo ofreciendo perspectivas únicas o críticas constructivas.

## PROCESO DE ENVÍO

Los manuscritos para la RPM deben enviarse en formato digital al correo electrónico:

**[revistapanamericanademorfologia@sociedadmexicanadeanatomia.com](mailto:revistapanamericanademorfologia@sociedadmexicanadeanatomia.com)**

El autor de correspondencia es responsable del manuscrito durante el proceso de envío y revisión. Es indispensable que el autor de correspondencia se asegure que los coautores hayan leído y aprobado la versión enviada del manuscrito a la RPM. Los manuscritos enviados deben presentarse en el procesador de textos Microsoft Word 2000 o superior. El formato del archivo: tamaño carta, márgenes de 2.5 cm por los cuatro lados, tipo de fuente Calibri, tamaño de fuente 11 puntos y justificado con interlineado 1.0. Las figuras y tablas, así como su respectiva descripción se envían en el procesador de presentaciones Microsoft Powerpoint 2000 o superior, donde cada figura o tabla se envía en diapositivas independientes. Además, los gráficos se pueden mandar en un archivo comprimido .zip

## PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Página frontal Las siguientes secciones deben aparecer en todos los tipos de manuscrito:

- Título. El título del manuscrito deberá ser conciso, específico y relevante.
- Autores. Se deberán proporcionar los nombres y apellidos de los autores sin títulos académicos.
- Adscripción. Se deberá utilizar el formato estándar Pubmed/MEDLINE para las adscripciones: información de departamento o institución, así como dirección que incluye ciudad, código postal, estado/provincia y país.
- Autor de correspondencia. Se deberá designar al menos un autor correspondiente, señalándole con un asterisco (\*) en la lista de autores. Además, se deberá proporcionar correo electrónico y teléfono del autor de correspondencia.

### *Ejemplo de página frontal*

Alteraciones subcelulares en la topología de la proteína conexina 43 en el miocardio ventricular inducidas por el ruido urbano.

Clara Herrera García<sup>1</sup>, Javier López Martínez<sup>2</sup>, Pedro García<sup>2</sup>, Sofía Rodríguez Fernández<sup>3\*</sup>.

1. Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, 09310 Ciudad de México, México.

2. Posgrado en Biología Experimental, Instituto de Medicina Experimental y Biología de Cuyo (IMBECU), CONICET, 855 5500 Mendoza, Argentina.

3. Departamento de Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario Miguel Servet, 50018 Zaragoza, España.

\* Autor de correspondencia: SRF@salud.aragon.es, Tel. +34 976 12 34 56 (ext. 054).

## Resumen y Palabras clave

En cualquier tipo de publicación, con excepción de las revisiones históricas y cartas al editor, se agrega un resumen de máximo 250 palabras, tanto en español como en inglés. El resumen deberá ser de un solo párrafo y debe seguir el estilo de los resúmenes estructurados, pero sin encabezados. Para artículos de investigación y revisiones sistemáticas: Antecedentes, Materiales y métodos, Resultados y Conclusión.

Para artículos de revisión bibliográfica: Antecedentes, Desarrollo breve del tema y Conclusión. Para reportes de caso: Antecedentes, Descripción breve del caso y Conclusiones. Los resúmenes no deberán incluir citas bibliográficas. Deberán agregarse de 3 a 5 palabras clave después del resumen. Recomendamos que las palabras clave sean específicas del artículo, pero razonablemente comunes dentro de la disciplina temática.

### **Texto**

Los diferentes tipos de publicaciones deben tener las secciones listadas:

- Artículos de investigación. El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras clave (español e inglés), Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones (opcional), Referencias (más recientes y relevantes en el campo) y Agradecimientos (opcional).
- Artículos de revisión. El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras clave (español e inglés), Desarrollo del tema (estructura libre), Conclusiones y Referencias (relevantes en el campo).
- Artículos de revisión sistemática. El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras clave (español e inglés), Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones (opcional) y Referencias (consultadas en la revisión).
- Reportes de caso. El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras Clave (español e inglés), Introducción, Descripción detallada del caso (estructura libre), Discusión, Conclusiones, Referencias (más recientes y relevantes en el campo) y Agradecimientos (opcional).  
**NOTA.** Con el fin de proteger la privacidad de los pacientes, es requisito presentar una copia del consentimiento informado, con la firma de los pacientes, el documento debe incluir la autorización para el uso de imágenes, y el tipo de datos personales que serán incluidos (lugar de nacimiento, lugar de residencia, profesión, escolaridad, etc.).
- Revisiones históricas y Cartas al editor. Las secciones que componen al manuscrito son libres. En todos los casos, los valores numéricos de pesos y medidas deben utilizarse en el Sistema Métrico Decimal, con las abreviaturas correspondientes. Las abreviaturas deben definirse en su primera mención, escribiendo el término completo seguido de la abreviatura entre paréntesis. A partir de ese momento, se utiliza solo la abreviatura.

Es recomendable emplear únicamente abreviaturas comunes o necesarias para evitar confusiones.

### **Citas bibliográficas dentro del texto**

Todas las citas dentro del texto deben aparecer entre paréntesis, indicando el apellido del autor y el año de publicación. Ejemplo: (Autor, 2024). Si hay más de un autor, se utiliza “et al.” después del primer apellido. Ejemplo: (Autor et al., 2024)

## Referencias bibliográficas

Las referencias bibliográficas en estilo APA (7a edición), deben organizarse en orden alfabético.

- **Libros:** Apellido, Inicial del nombre. (Año). Título del libro en cursiva. Editorial.

Ejemplo: Arteaga, M., García, M.I. (2021). *Desarrollo del sistema cardiovascular*. Médica Panamericana.

- **Capítulos de libros:** Apellido, Inicial del nombre. (Año). Título del capítulo. En Inicial del nombre Apellido del editor (Ed.), Título del libro en cursiva (pp. páginas del capítulo). Editorial.

Ejemplo: Arteaga, M., García, M.I., Sánchez, C. (2021). Desarrollo del sistema cardiovascular. En M Arteaga, MI García (Ed.), *Embriología humana y biología del desarrollo* (pp. 333-390). Médica Panamericana.

- **Artículos de revistas:** Apellido, Inicial del nombre. (Año). Título del artículo. Revista en cursiva, volumen(número), páginas. <https://doi.org/xxxx>

Ejemplo: Cohn, J. N., Ferrari, R., & Sharpe, N. (2000). Cardiac remodeling—concepts and clinical implications: a consensus paper from an international forum on cardiac remodeling. Behalf of an International Forum on Cardiac Remodeling. *Journal of the American College of Cardiology*, 35(3), 569–582. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(99\)00630-0](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(99)00630-0)

- **Fuentes en línea:** Autor, A. A. (Año). Título del documento. URL o DOI (si está disponible).

Ejemplo: Organización Mundial de la Salud. (2022). Enfermedades cardiovasculares. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

- **Formatos específicos:** para referenciar documentos, informes, tesis, y otras fuentes, consultar las pautas específicas del estilo APA (7a edición).

## PREPARACIÓN DE GRÁFICOS

### Figuras

Las imágenes originales (fotografías, microfotografías, esquemas, ilustraciones, etc.) deben proporcionarse con una resolución suficientemente alta (resolución 300 ppp o superior) en formato TIFF, PNG o JPG. Se recomienda ampliamente que las etiquetas (texto, flechas, líneas, etc.) en las imágenes no obstruyan el contenido de las imágenes.

En caso de reproducción de figuras de otros trabajos deben enviarse junto con las ilustraciones, un permiso de los editores de la revista, libro o web donde se publicaron originalmente dichas ilustraciones.

### **Tablas**

Las tablas deberán llevar un título informativo en la parte superior y las abreviaturas con su definición en la parte inferior. Se recomienda utilizar tablas con cuadrícula simple.

### **Pies de figura y encabezados de tabla**

Tanto los pies de figura como los encabezados de tabla deberán numerarse conforme su orden de aparición en el texto. En el texto, las citas de las Figuras y Tablas deberán colocarse entre paréntesis “( )” y en negritas; por ejemplo **(Figura 1)**, **(Tabla 1)**.

**ENVÍA TU TRABAJO AL CORREO:**

**[revistapanamericanademorfologia@sociedadmexicanadeanatomia.com](mailto:revistapanamericanademorfologia@sociedadmexicanadeanatomia.com)**



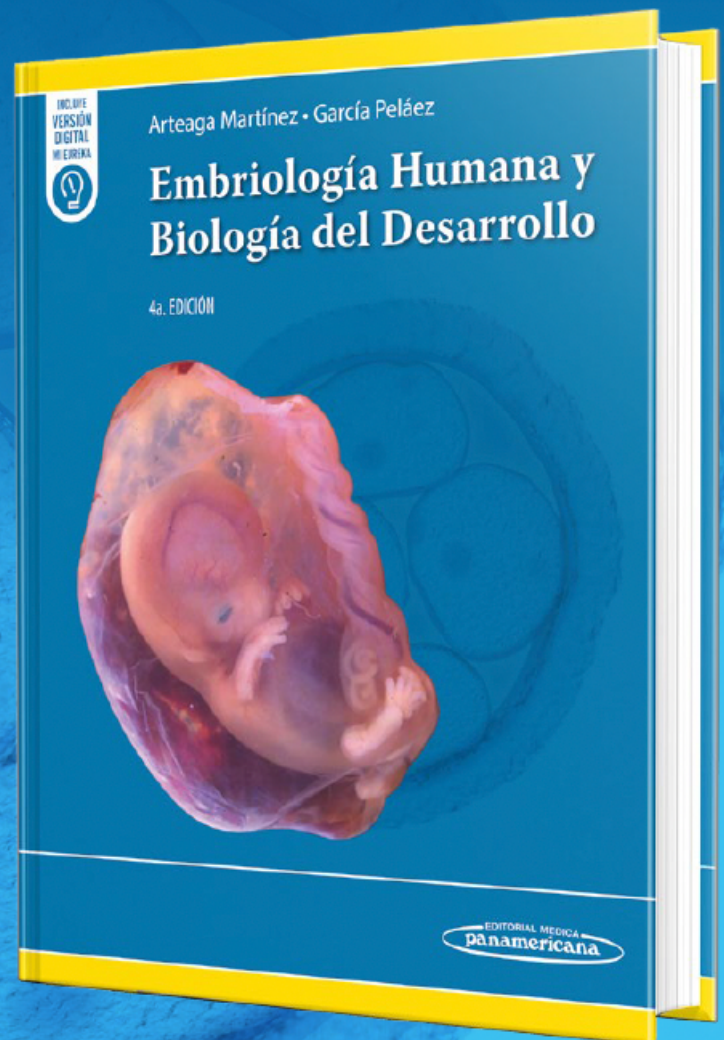
# Embriología Humana y Biología del Desarrollo, 4ª Ed

Manuel Arteaga Martínez / Isabel García Peláez

Obra fundamental para los estudiantes y profesionales de las Ciencias de la Salud.

La nueva edición contiene:

- Actualización de todos los capítulos.
- Se incluye un capítulo nuevo.
- Diseño renovado y fotografías de alta calidad.
- Ilustrada con más de 900 esquemas y fotografías de embriones y fetos humanos en color.
- Numerosas herramientas de aprendizaje como:
  - Casos clínicos.
  - Preguntas de autoevaluación.
  - Actividades interactivas.
  - Videos clases.
  - Enlaces de interés.
  - Lecturas que complementan los temas abordados en cada capítulo.
  - Embriofetoteca virtual con 200 especímenes de embriones y fetos humanos.



Embriología Humana y Biología del Desarrollo es, definitivamente, un libro indispensable para quienes buscan comprender el desarrollo humano y sus implicaciones en la medicina y la salud.



Escanea el código QR para visualizar  
el catálogo de novedades de  
Editorial Médica Panamericana



Desde 1953 formando Profesionales de la Salud  
[www.medicapanamericana.com](http://www.medicapanamericana.com)



# Revista

Panamericana de Morfología