



Editorial de la Sociedad
Mexicana de Anatomía A.C.

Re vis ta

Panamericana
de Morfología

Vol 2. Número 6 | 2024

Mesa Directiva 2023-24 · Año académico Dr. Miguel Ángel Herrera Enríquez

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: Eduardo Agustín Godínez
Francisco Raúl Barroso Villafuerte
María Isabel García Peláez
Diego Pineda Martínez
René Rodríguez Vega

Diseñadora: Josie Rebeca Alfaro González

Comité Editorial

Adolfo Soto Domínguez (Mex)	Lorena González Vadillo (Mex)
Alfonso Francisco Ponce Reyes (Mex)	Lorena Valencia Caballero (Mex)
Andrés Castell Rodríguez (Mex)	Luis Enrique Gómez Quiroz (Mex)
Antonio Soto Paulino (Mex)	Ma. Elena Samar Romani (Arg)
Ariel Farit Gutiérrez Alexander (Mex)	Manuel A. Ángeles Castellanos (Mex)
Armando Pérez Torres (Mex)	Marco Aurelio Guerrero Figueroa (Ecu)
Blas Antonio Medina Ruiz (Par)	Mariano del Sol Calderón (Chi)
César Aguilar Torres (Mex)	Mario Murguía Pérez (Mex)
Dora Virginia Chávez Corral (Mex)	Miguel Ángel Herrera Enríquez (Mex)
Germán Isauro Garrido Fariña (Mex)	Nicolás Ernesto Ottone (Chi)
Héctor Orlando Guzmán Duchén (Bol)	Norberto López Serna (Mex)
Ismael Herrera Vázquez (Mex)	Olivia Espinosa Vázquez (Mex)
Jaime Jesús Martínez Anda (Mex)	Ricardo Jorge Losardo (Arg)
Jessica González Fernández (CR)	Richard Halti Cabral (Bra)
Jorge Moscol Gonzáles (Per)	Rodolfo Esteban Ávila Uliarte (Arg)
José Darío Rojas Oviedo (Col)	Rodrigo Elizondo Omaña (Mex)
José Guadalupe de Jesús Arriaga García (Mex)	Rubén Daniel Algieri (Arg)
José Ramón Sañudo Tejero (Esp)	Rubén García Garza (Mex)
José Rogelio Lozano Sánchez (Mex)	Yolanda Salinas Álvarez (Mex)



Presidente Honorario:	Manuel Granados y Navarrete
Secretario Patrimonial:	Andrés Eliú Castell Rodríguez
Presidente:	Francisco Raúl Barroso Villafuerte
Vicepresidente:	René Rodríguez Vega
Secretario:	Eduardo Agustín Godínez
Tesorero:	Antonio Soto Paulino
Primer Vocal:	Rubén García Garza
Segundo Vocal:	Rodrigo Elizondo Omaña
Vocales de Anatomía:	José G.J. Arriaga García Ma. Carmen Rojas García
Vocales de Embriología:	Norberto López Serna Dora Virginia Chávez Corral
Vocales de Histología:	Angela Ku González Adolfo Soto Domínguez
Vocales de Neuroanatomía:	Alberto Manuel Ángeles Castellanos Daniel Álvarez Sandoval
Vocal de Técnicas de Preservación:	Diego Pineda Martínez
Vocal de Microscopía y Procesamiento de Imágenes:	Armando Pérez Torres
Vocal de Anatomía Quirúrgica:	Jorge Alfredo Gerardo García Tay
Vocal de Investigación en Ciencias Morfológicas:	Yolanda Salinas Álvarez
Vocal por Educación Médica:	Olivia Espinosa Vázquez
Vocal por Actualización Docente y Planeación Curricular:	William Humberto Ortiz Briceño
Vocal por Integración de las Ciencias Morfológicas y Simulación Médica:	Alejandro González
Vocal por Historia y Filosofía de la Anatomía:	Ismael Herrera Vázquez
Vocal por Antropología:	Lorena Valencia Caballero
Vocales Regional Norte:	Rodrigo Elizondo Omaña César Aguilar Torres
Vocales Regional Centro:	Carlos Andrés García Y Moreno José Luis Vázquez Parraguirre
Vocales Regional Sur:	Roberto Tamayo Jiménez José Manuel Rementería
Vocales Regionales Occidente:	Norma Angélica Andrade Torrecillas Guillermina Muñoz Ríos
Vocal de Diseño, Imagen y Divulgación:	Josie Rebeca Alfaro González
Vocal Estudiante:	Ricardo Ramírez De Arellano Hernández
Comité del Concurso Nacional Estudiantil de Morfología:	Miguel Ángel Herrera Enríquez Sandra Acevedo Nava

Tabla de contenidos

Asociación entre el peso, talla e índice de masa corporal y la distancia papila-hilio hepático 5

Chávez Aguilar Mariana, García Manzano Roberto Armandoy Herrera Esquivel José De Jesús

Terminología histológica internacional: propuesta de actualización del tema *Os* (Boca) 13

María Elena Samar Romani, Rodolfo Esteban Ávila Uliarte, Javier Elías Fernández Calderón, Rafael Coello Cuntó, César Augusto Morataya Roldán, Lorena Morales, Santiago Aja Guardiola†

Evolución del corazón en vertebrados III. Reptiles 22

Lorena González Vadillo, Brenda Romero Flores y Roberto Lazzarini Lechuga

Tabicación cardiaca normal II. Desarrollo del tabique interventricular 32

Brenda Romero Flores, Lorena González Vadillo, Belem Rojas Ramos y Roberto Lazzarini Lechuga

Técnicas electivas de baja toxicidad para la preservación de placentas humanas 44

José Darío Rojas Oviedo, Juan David Quintero Ceballos, Maira Alejandra López Fajardo, Luisa Fernanda Lozada Medina, Daiana Marcela Gómez Loaiza y Edgar Augusto Valenzuela Aguirre

El efecto de los andrógenos sobre el cáncer de mama triple negativo..... 56

Rivas Serrano María Guadalupe, Pablo Damián-Matsumura, René Moshé Rivera-Escobar, Javier Esteban Jiménez-Salazar

Nueva fórmula DPineda: usada en la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Costa Rica, para la preservación de cadáveres..... 67

Diego Pineda Martínez, Lorena Valencia Caballero, Jessica González Fernández

Convocatorias y actividades 85

Asociación entre el peso, talla e índice de masa corporal y la distancia papila-hilio hepático

Chávez Aguilar Mariana^{1*}, García Manzano Roberto Armando¹ y Herrera Esquivel José De Jesús²

1. Clínica de Obesidad, Hospital General, “Dr. Manuel Gea González”. Ciudad de México, México
2. Departamento de Endoscopía Gastrointestinal, Hospital General “Dr. Manuel Gea González”. Ciudad de México, México

***Autor de correspondencia:**

Dra. Mariana Chávez Aguilar
marianachavezag7@gmail.com
Teléfono: (52) 55 4000 3000 EXT. 1238

RESÚMEN

Los datos reportados en la literatura en cuanto a las mediciones (longitud/diámetro) promedio del conducto hepático común han resultado variantes. Al momento se encuentra escasamente descrito en la literatura si las medidas antropométricas (peso, talla o Índice de masa corporal [IMC]) guardan alguna asociación con la longitud de la vía biliar principal (VBP) en cada uno de los pacientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la asociación entre las medidas antropométricas (peso, talla e IMC) y la distancia papila-hilio hepático. Se realizó un estudio observacional, descriptivo, retrolectivo y transversal, mediante la recolección de datos de casos en los que se realizó un estudio de colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE). La descripción de las variables se realizó mediante porcentajes o proporciones en los casos de variables categóricas, promedio y desviación estándar para variables numéricas con distribución Gaussiana o mediana (min-máx.) para variables numéricas continuas sesgadas. Se realizó un análisis bivariado con correlación entre las variables de estudio para la regresión lineal. En una población de estudio de 60 casos de pacientes sometidos a CPRE, con principales indicaciones para la realización del estudio: coledocolitiasis en 31 pacientes (51.8%) y colangitis en 18 pacientes (30%); el análisis de regresión reveló que no existe asociación de las variables antropométricas con la longitud de la VBP. No se identificó alguna asociación entre la longitud de la vía biliar y alguna medida antropométrica.

Palabras clave: Antropometría, Longitud, Vía biliar, Medición.

ABSTRACT

The data reported in the literature regarding average measurements (length/diameter) of the common hepatic duct have been found to vary. However, it is scarcely described in the literature whether anthropometric measurements (weight, height, or body mass index) have any association with the length of the main bile duct in each patient. The aim of this study was to evaluate the association between anthropometric measurements (weight, height, and body mass index) and the papilla-hilar hepatic distance. An observational, descriptive, retrolective, cross-sectional, descriptive study was carried out by collecting data from cases in which endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) was performed. The description of the variables was made by means of percentages or proportions in the cases of categorical variables and by means of average and standard deviation for numerical variables with Gaussian distribution or median (min-max) for continuously skewed numerical variables. A bivariate analysis with correlation between the study variables was performed for linear regression. In a study population of 60 cases of patients submitted to ERCP, with the main indications for the study being choledocholithiasis in 31 patients (51.8%) and cholangitis in 18 patients (30%), the regression analysis revealed that there is no association of anthropometric variables with the length of the main bile duct. No association was identified between bile duct length and any anthropometric measure.

Key words: Anthropometry, Length, Bile duct, Measurement.

INTRODUCCIÓN

Las prótesis biliares son utilizadas principalmente para establecer la permeabilidad de bilis en el conducto hepático común. Las prótesis biliares plásticas están compuestas de polietileno, poliuretano o teflón. El diámetro y la longitud varían de 5F a 12F y de 1 a 18 cm, respectivamente¹.

La longitud y el diámetro del conducto hepático común (distancia papila-hilio hepático) están sujetos a una gran controversia. Los datos aportados por la literatura acerca de las dimensiones (longitud/diámetro) promedios han sido: Rouvière² 50 mm/5 mm, Testut³ 70 mm/4-5 mm, Blidaru⁴ 72 mm/5 mm, Hollinshead⁵ 100 mm/6-8 mm. Se ha sugerido que la edad, la historia clínica y el método de medición son los factores causantes de las discrepancias⁶. En estudios en cadáveres de personas adultas existen reportes de una longitud de 55 a 150 mm y un diámetro de 4 a 14 mm para hombres, y una longitud de 50 a 95 mm y un diámetro de 4 a 8 mm para las mujeres. La longitud de la vía biliar principal (VBP) podría estar asociada a las medidas antropométricas: a mayor talla, la longitud de la vía biliar también se incrementa⁴.

La técnica de colocación prótesis biliares plásticas como drenaje (garantizar el flujo de bilis hacia el duodeno) para tratamiento de patología del conducto biliar fue descrita inicialmente en 1980 por Soehendra y Reynders-Frederix^{7,8}. Uno de los factores más importantes para permanencia exitosa de una prótesis biliar plástica en la vía biliar es la determinación precisa de la longitud, para un funcionamiento adecuado y, sobre todo, evitar complicaciones asociadas como la migración⁹. La migración, en enfermedades benignas como la coledocolitiasis, puede ser proximal (4,9%) o distal (5,9%)^{10,11}. La migración distal puede representar riesgo de lesión intestinal¹². Existen reportes de impactación y perforación a nivel de íleon terminal debido a migración de prótesis biliares, en hernias de intestino delgado encarceradas en la pared abdominal, perforación en colon, de manera predominante en colon sigmoides en el caso de enfermedad diverticular^{9,13-15}.

Resulta fundamental conocer la longitud de la vía biliar, a bien de estimar la longitud protésica necesaria. Actualmente se utilizan dos métodos para determinar esta longitud. El primero consiste en tomar medidas del colangiograma obtenido antes de la colocación. Este método tiene la limitación de requerir que las mediciones se ajusten con precisión para la ampliación radiográfica, así como requerir que el endoscopista deje al paciente¹⁶. El otro método implica el intercambio de una cánula regular por una cánula de medición especializada con marcas radiopacas; la cánula de medición requiere un intercambio de catéter, lo que aumenta el costo y el tiempo del procedimiento, además de poner en riesgo el acceso a través de una estenosis a menudo difícil¹⁶. Por lo tanto, en el tratamiento de estenosis de la vía biliar la evaluación adecuada de la ubicación de la estenosis y la selección de la longitud adecuada de la prótesis plástica son esenciales para ajustar la longitud de la prótesis por encima del extremo proximal de la estenosis, reduciendo la posibilidad de migración distal y su lesión duodenal relacionada¹⁷.

Al momento en la literatura existen estudios relacionados con las causas que modifican el diámetro de la vía biliar como la edad, si el paciente tiene o no vesícula biliar, si la vía biliar tiene zonas de obstrucción (cálculos, neoplasias, parásitos, etc.); en estos reportes se menciona que el diámetro de la vía es un parámetro inconstante en los pacientes con variaciones importantes dependiendo de múltiples causas^{18,19}. El valor del diámetro de la vía biliar es el más variable en comparación con la longitud. El diámetro de la vía biliar se encuentra ampliamente estudiado debido que se requieren parámetros (diámetros) descritos para poder sospechar de patología de las vías biliares, es decir, su relevancia radica en el diagnóstico de patología biliar aguda con alto índice de morbi-mortalidad como lo es la colangitis aguda⁶. La longitud de la vía biliar es un parámetro con menor índice de variabilidad a pesar de patología obstructiva de la vía biliar, por tanto, se infiere que puede utilizarse para investigar si existe asociación con medidas antropométricas de los pacientes con vía biliar normal o dilatada^{6,20}.

Al momento existe escasa descripción en la literatura sobre si las medidas antropométricas (peso, talla o índice de masa corporal [IMC]) guardan alguna asociación con la longitud de la VBP. Este trabajo de investigación pretendió evaluar si existe asociación entre medidas antropométricas y la longitud de la VBP y así saber si se pueden utilizar las medidas antropométricas como guía para determinar la longitud ideal requerida de la prótesis biliar en estudios futuros.

Blidaru y colaboradores⁴ reportan que en cadáveres la longitud de la vía biliar es mayor en hombres y aumenta conforme incrementa la talla. Teniendo en cuenta estos hallazgos, la asociación de la longitud de la vía biliar con la talla del paciente podrían tener relación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, retrolectivo y transversal, mediante la búsqueda de expedientes de pacientes a quienes se les realizó un estudio de colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) en el “Hospital General Dr. Manuel Gea González” en el año 2023. Los criterios de inclusión fueron expedientes de pacientes sin distinción de sexo mayores de 18 años, mientras que los criterios de exclusión fueron expedientes incompletos.

La descripción de las variables se realizó mediante porcentajes o proporciones en los casos de variables categóricas, promedio y desviación estándar para variables numéricas con distribución Gaussiana o mediana (min-máx.) para variables numéricas continuas sesgadas.

Se realizó un análisis bivariado con correlación entre las variables de estudio para la regresión lineal. Se reportó el coeficiente beta de la regresión para cada variable, el intervalo de confianza del coeficiente beta y el cálculo de poder estadístico. La probabilidad obtenida se consideró con significancia estadística al ser menor de 0.05.

RESULTADOS

Se registraron 60 casos que cumplieron con los criterios de inclusión, que correspondieron a 40 mujeres (66.7%) y 20 hombres (33.3%) con edad promedio de 46.9 años con rangos intercuantiles (RIC) de 25-75 de 30-59.5 y mediana de 44. Los principales diagnósticos para realización del estudio endoscópico CPRE fueron: coledocolitiasis en 31 pacientes (51.8%) y colangitis en 18 pacientes (30%); se realizó análisis de Kurtosis que mostró distribución normal para las variables. La media de peso de todos los pacientes fue de 68.5 kg con RIC de 57.5-77.6, el promedio de talla fue de 1.58 metros con una media de IMC de 27 RIC de 23.15-30.27. Se obtuvo una media de longitud de vía biliar 102.4 mm con RIC de 91-110.5 ([Tabla I](#)).

Tabla I. Resultados de la medición de variables demográficas.	
Variable*	Resultado n (%)
<i>Variables demográficas</i>	
Mujeres	40 (66.7)
Hombres	20 (33.3)
Edad; años, media (DE)	46.9 (18)
<i>Diagnósticos</i>	
Coledocolitiasis	31 (51.8)
Colangitis	18 (30)
Fuga Biliar	4 (6.6)
Cálculo difícil	4 (6.6)
Riesgo alto de coledocolitiasis	3 (5)
<i>Medidas antropométricas, media (RIC)</i>	
Peso, kilogramos	68.5 (57.5 - 77.6)
Talla, metros	1.58 (1.52 - 1.64)
IMC, kilogramos/metro ²	27.1 (23 - 30.3)
<i>Vía biliar principal</i>	
Longitud, milímetros	102.4 (91 - 110.5)

IMC: índice de masa corporal, RIC: rangos intercuartilares.

El análisis de regresión reveló que no existe asociación de las variables antropométricas con la longitud de la VBP al no tener significancia estadística en alguna asociación de la longitud de la VBP con las 3 variables estudiadas (peso, talla, IMC) (Tabla II).

Tabla II. Análisis de regresión de variables (peso, talla, IMC) con la longitud de la vía biliar principal.

Variable*	Beta	Error Estándar	Valor de <i>p</i>	IC 95%
Peso	0.223	0.124	0.079	(-.0264-.472)
Talla	11.176	22.111	0.615	(-33.08-55.44)
IMC	0.657	0.373	0.083	(-.089-1.404)

IC: Intervalo de confianza, IMC: índice de masa corporal.

DISCUSIÓN

Diferentes estudios han intentado relacionar las dimensiones de la vía biliar con respecto a variables puntuales, entre las que destaca la búsqueda de relación con la edad^{20,21}. Ongoïba y colaboradores propusieron relacionar la edad con el diámetro transversal promedio del conducto biliar en su origen y terminación sin evidencia estadísticamente significativa²⁰. Horrow y colaboradores analizaron las mediciones de los conductos biliares extrahepáticos en 258 pacientes entre 20 y 92 años para probar la hipótesis de una pendiente de 1.0 mm por década y no encontraron ninguna asociación²¹. En cambio, el estudio de la longitud de la vía biliar con respecto a las variables antropométricas (talla, peso e IMC) ha sido escasamente descrito en la literatura. En el estudio realizado por Blidaru y colaboradores⁴, fueron incluidos 150 cadáveres disecados de adultos de ambos sexos (93 hombres y 57 mujeres) y 22 fetos humanos (12 masculinos y 10 femeninos), se midió la longitud y el diámetro de los conductos biliares comunes. Los investigadores encontraron que, en cadáveres, a mayor talla y/o de sexo masculino, mayor longitud de la vía biliar⁴. Al contrario, los resultados obtenidos en nuestro estudio sugieren que no hay relación entre la longitud de la vía biliar con la talla. Es pertinente mencionar que ambas investigaciones se realizaron mediante diferentes métodos de medición, por lo que esta variable podría ser la causa de la discordancia en los resultados obtenidos.

CONCLUSIÓN

Nuestro estudio sugiere que no existe relación entre la longitud del conducto biliar común y las variantes estudiadas (peso, talla e IMC). Se requieren estudios con mayor número de casos para poder tener un peso estadístico más robusto.

REFERENCIAS

1. Pfau PR, Pleskow DK. Pancreatic and biliary stents. *Gastrointest Endosc.* 2013;77(3):319-327.
2. Rouviere H. *Anatomie humaine, descriptive et topographique.* Masson et Cie, Éditeurs. Paris. 1924. 810–817.
3. Testut L, Latarjet A. *Traité d'anatomie humaine, 8ème edition.* Librairie Octave Doin, Gaston Doin et Cie, Éditeurs. Paris. 1931, 639–678.
4. Blidaru D, Blidaru M, Pop C, Crivii C, Seceleanu A. The common bile duct: size, course, relations. *Rom J Morphol Embryol.* 2010;51(1):141-144.
5. Hollinshead HW. *Anatomy for surgeons. Volume 2: The thorax, abdomen, and pelvis.* Harper & Row Publishers. New York. 1971. 333–374.
6. Horrow MM. Ultrasound of the extrahepatic bile duct: issues of size. *Ultrasound Q.* 2010;26(2):67-74.
7. Davids PH, Groen AK, Rauws EA, Tytgat GN, Huibregtse K. Randomised trial of self-expanding metal stents versus polyethylene stents for distal malignant biliary obstruction. *Lancet.* 1992;340(8834-8835):1488-1492.
8. Soehendra N, Reynders-Frederix V. Palliative bile duct drainage, a new endoscopic method of introducing a transpapillary drain. *Endoscopy.* 1980;12(1):8–11.
9. Akimboye F, Lloyd T, Hobson S, Garcea G. Migration of endoscopic biliary stent and small bowel perforation within an incisional hernia. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2006;16(1):39-40.
10. Arhan M, Odemiş B, Parlak E. Migration of biliary plastic stents: experience of a tertiary center. *Surg Endosc.* 2009; 23:769–75
11. Johanson JF, Schmalz MJ, Geenen JE. Incidence and risk factors for biliary and pancreatic stent migration. *Gastrointest Endosc.* 1992;38:341–6.
12. Shepherd HA, Royle G, Ross AP, Diba A, Arthur M, Colin-Jones D. Endoprótesis biliar endoscópica en la paliación de la obstrucción maligna del conducto biliar común distal: un ensayo aleatorizado. *H. J Surg.* 1988;75(12):1166-1168.
13. Levey JM. Intestinal perforation in a parastomal hernia by a migrated plastic biliary stent. *Surg Endosc.* 2002;16(11):1636-1637.
14. Mady RF, Niaz OS, Assal MM. Migrated biliary stent causing perforation of sigmoid colon and pelvic abscess. *BMJ Case Rep.* 2015;2015: bcr2014206805.
15. Saranga Bharathi R, Rao P, Ghosh K. Iatrogenic duodenal perforations caused by endoscopic biliary stenting and stent migration: an update. *Endoscopy.* 2006;38(12):1271–1274.

16. Kendall BJ, Jutabha, R, So L, Jamidar PA. (1995). Determining required stent length in endoscopic retrograde biliary stenting. *Gastrointestinal endoscopy*. 41(3), 242–243.
17. Yuan XL, Ye LS, Liu Q, Wu CC, Liu W, Zeng XH, Zhang YH, Guo LJ, Zhang YY, Li Y, Zhou XY, Hu B. Risk factors for distal migration of biliary plastic stents and related duodenal injury. *Surgical endoscopy*. 2020; 34(4): 1722–1728.
18. Govindan S, Tamrat NE, Liu ZJ. Effect of Ageing on the Common Bile Duct Diameter. *Dig Surg*. 2021;38(5-6):368-376.
19. McArthur TA, Planz V, Fineberg NS, Berland LL, Lockhart ME. CT evaluation of common duct dilation after cholecystectomy and with advancing age. *Abdom Imaging*. 2015;40(6):1581-1586.
20. Ongoïba N, Sissoko F, Ouologuem I, Béréte S, Diop A K T, Sidibé S, Touré M, Kéita A D, Koumaré A K. Étude par échographie des dimensions du conduit cholédoque. *Morphologie*. 2012(96):7-11.
21. Horrow MM, Horrow JC, Niakosari A. Is age associated with size of adult extrahepatic bile duct: sonographic study. *Radiology*. 2001; 221:411-414.

Terminología histológica internacional: propuesta de actualización del tema Os (Boca)

María Elena Samar Romani^{1*}, Rodolfo Esteban Ávila Uliarte¹, Javier Elías Fernández Calderón¹, Rafael Coello Cuntó², César Augusto Morataya Roldán³, Lorena Morales⁴, Santiago Aja Guardiola^{5†}

1. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina
2. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador
3. Universidad de San Carlos. Ciudad de Guatemala, Guatemala
4. Universidad de El Salvador. San salvador, El Salvador
5. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México

***Autor para correspondencia:**

María Elena Samar Romani
maria.elena.samar@uc.edu.ar; samarcongreso@gmail.com

RESUMEN

En los Simposios Iberolatinoamericanos de Terminología (SILAT) pertenecientes a la Asociación Panamericana de Anatomía se revisan, discuten, proponen y unifican criterios en torno a las modificaciones de la terminología morfológica macroscópica, microscópica y embriológica existente. En la presente propuesta, un grupo de docentes de universidades latinoamericanas trabajó en la traducción desde el latín al idioma español de los términos histológicos correspondientes al tema Boca (*Os*), incluido dentro del capítulo Sistema Digestivo (*Systema Digestorium*). Logramos verificar la ausencia de términos imprescindibles en el listado de FIPAT (*Federal International Committee on Anatomical Terminology*). El propósito fue crear una lista terminológica completa y actualizada del tema boca (*Os*). Para la incorporación de los nuevos términos consultamos bibliografía histórica y actualizada nacional e internacional (libros y publicaciones periódicas en español) y otros materiales especializados en el tema. Se incluyeron términos que consideramos relevantes y que no aparecen en la terminología internacional, se corrigieron algunos y se propuso un nuevo reordenamiento de la terminología específica. La incorporación de los términos propuestos, resultado de un proceso de selección, depuración y análisis, al igual que la nueva terminología en su totalidad, es una herramienta de valor que debe estar a disposición de docentes y alumnos para la enseñanza-conocimiento-aprendizaje de las Ciencias Morfológicas y otras disciplinas de la educación médica.

Palabras clave: Histología, Cavidad oral, Terminología internacional.

ABSTRACT

In the Ibero-Latin American Symposia on Terminology (SILAT) belonging to the Panamerican Association of Anatomy, criteria are reviewed, discussed, proposed, and unified around the modifications of the existing macroscopic, microscopic, and embryological morphological terminology. In the present proposal, a group of teachers from Latin American universities worked on the translation from Latin to Spanish of the histological terms corresponding to the topic Mouth (*Os*), included within the chapter Digestive System (*Systema Digestorium*). We were able to verify the absence of essential terms in the FIPAT (Federal International Committee on Anatomical Terminology) list. The purpose was to create a complete and updated terminological list of the boca (*Os*) topic. To incorporate the new terms, we consulted historical and updated national and international bibliography (books and periodicals in Spanish) and other specialized materials on the topic. Terms that we consider relevant and that do not appear in international terminology were included, some were corrected, and a new rearrangement of the specific terminology was proposed. The incorporation of the proposed terms, the result of a process of selection, purification, and analysis, as well as the new terminology in its entirety, is a valuable tool that must be available to teachers and students for teaching-knowledge- learning of Morphological Sciences and other disciplines of medical education.

Keywords: Histology, Oral cavity, International terminology.

INTRODUCCIÓN

En las etapas posteriores a los trabajos anatómicos de Vesalio y Galeno proliferan las investigaciones en las Ciencias Morfológicas. Se descubren estructuras anatómicas que reciben diferentes nombres según los estudios de numerosos autores, creándose un caos terminológico para nombrar una misma estructura. Ejemplo de ello es el ligamento esfenomandibular, perteneciente a la articulación temporomandibular, que se denomina en diferentes publicaciones como: ligamento interespinoso, ligamento tímpano-mandibular o ligamento esfenomaxilar^{2,7}. Como bien mencionan Losardo y colaboradores¹⁰, hacia fines del siglo XIX había casi 50,000 términos para nombrar sólo 5,000 estructuras anatómicas. Esto originó una verdadera torre de Babel, creando confusión y una barrera para el intercambio de los conocimientos científicos.

Así llegamos a 1895, año en que los anatomistas de la época se reúnen en Basilea (Suiza); donde el célebre anatomista, médico, fisiólogo y embriólogo suizo Wilhelm His, es designado para escribir el código anatómico, un listado de 4,500 términos en latín denominado *Basilea Nomina Anatomica*¹.

A propuesta de Adolphe Nicolas se fundó en 1903 la *International Federation of Associations of Anatomists* (IFAA), que representaba a las sociedades anatómicas a nivel mundial. En 1905 Heinrich Wilhelm Gottfried Waldeyer es designado presidente del Congreso Mundial de Anatomía de Génova, donde se creó una comisión permanente para el estudio del léxico anatómico que revisó la nomenclatura en el año 1933, conocida como *Birmingham Revision*¹⁶.

En Jena (1935) se reúnen en el Congreso de la Sociedad Anatómica Alemana 300 anatomistas que modificaron la nomenclatura existente conocida como *Jenaiensa Nomina Anatomica* (JNA), donde se eliminan los epónimos^{1,16}.

Johnston y Mitchell son designados encargados del Comité de la Nomenclatura Anatómica Internacional (IANC), creado en el año 1950 durante el Quinto Congreso de Oxford².

En el 6º Congreso Mundial de Anatomía realizado en París (1955) se acuerda la adopción de una nomenclatura en latín, la *Parisiensia Nomina Anatomica* (PNA), basada en la *Basilea Nomina Anatomica* de 1895 y la creación un comité de nomenclatura internacional, el *Paris Nomina Anatomica*¹⁶. Allí se acordaron los siguientes puntos: cada estructura anatómica se designa con un solo nombre, el idioma universal es el latín (traducido al idioma vernáculo), los términos tendrán valor descriptivo e informativo y no se deben utilizar epónimos.

En el 7º Congreso Mundial de Anatomía realizado en Nueva York (1960), se constituyen subcomisiones para elaborar las nomenclaturas correspondientes a Histología y Embriología². Se realizaron las últimas modificaciones a la nomenclatura en el año 1965 en Wesbaden, Alemania. Surge así la *Nomina Anatomica* y en el 9º Congreso realizado en Leningrado en 1970, se presentan las tres nóminas: Anatomía Macroscópica, Histológica o Microscópica y la Embriológica o del Desarrollo².

En Tokio se realiza el 10º Congreso durante el año 1975 y se hacen correcciones a las nóminas, definitivamente aceptadas en México durante el 11º Congreso Mundial de Anatomía realizado en el año 1980¹². En Londres se realiza el 12º Congreso Mundial (1985) donde se recomiendan textos de Anatomía, Histología y Embriología, los que deben emplear la nóminas². En Río de Janeiro el *Federal Committee on Anatomical Terminology* (FCAT, actualmente FICAT) realiza un congreso donde el término nómina fue reemplazado por el de terminología³, entendiéndose por terminología (Del fr. *terminologie*, este del lat. mod. *terminologia*, y este del tardío *termīnus* 'vocablo, palabra' y el lat. mediev. *-logia* '-logía') el conjunto de términos o vocablos propios de determinada profesión, ciencia o materia (RAE)¹³.

IFAA estableció una serie de reglas para denominar estructuras morfológicas¹⁰: deben ser mencionadas con un término único, descriptivo explicativo, el lenguaje empleado debe ser el latín, la descripción se debe referir a la geometría-forma y se deben eliminar los epónimos.

En el año 2008 se publica la última edición de *Terminologia Histologica. International terms for human Cytology and Histology*⁵. En el año 1966 se crea la Asociación Panamericana de Anatomía (APA) y en 2009 surgen los Simposios Ibero-latinoamericanos de Terminología (SILAT) pertenecientes a dicha Asociación. Allí se revisan, discuten, proponen y unifican criterios en torno a las modificaciones de la terminología morfológica macroscópica, microscópica y embriológica existente⁴. En el SILAT 10, constituido en el año 2014 en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (Managua) –UNAN- nosotros verificamos en los términos histológicos correspondientes a Boca (*Os*) dentro del capítulo Sistema Digestivo (*Systema Digestorium*), la ausencia de términos importante en el listado de FIPAT. Basándonos en estas observaciones, el propósito de este trabajo fue crear una lista terminológica completa, ordenada y actualizada del tema boca (*Os*) y realizar un reordenamiento más didáctico y corregir algunos términos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la incorporación de los nuevos términos consultamos bibliografía histórica y actualizada nacional e internacional (libros y publicaciones periódicas en español y latín) y otros materiales especializados en el tema. Se hizo un análisis y su posterior traducción del latín al español de los términos correspondientes a *Os* (Boca) dentro del capítulo *Systema Digestorium* (Sistema Digestivo) incluido en el libro *Terminologia histologica. International terms for human cytology and histology*⁵. Respetando lo acordado por la Comisión de Histología en distintas reuniones de SILAT cuando una estructura presentaba dos o más denominaciones se optó por la que se consideró más representativa.

RESULTADOS

1. Sustituimos el término en latín *Os*, por *Stoma*, como figura en la segunda edición de *Terminologia Anatomica* del año 2019. Según aclara FIPAT en su Endnote 27, page 18, TA2, part1, *Os* (genitivo: *oris*) es un homónimo de *Os* (genitivo: *ossis*, “bone”)⁶.
2. En la *Terminologia Histologica* los términos correspondientes a *Gingiva* continúan a *Palatum* y a posteriori se desarrolla *Glandulae salivariae*. Corresponde desarrollar la terminología referente a *Gingiva* dentro de *Periodontium* ya que la encía constituye el periodonto de protección.
3. El periodonto es el conjunto de tejidos que rodea, soporta y protege al diente, de modo que la terminología de *Periodontium* debe separarse de la correspondiente a *Dens* (no es acertada su inclusión dentro del diente como aparece en la *Terminologia Histologica*. Del mismo modo, el término *Cementum*, no corresponde su inclusión dentro de diente como también figura en la *Terminologia Histologica*. Al término *Alveolus dentalis* se lo dividió en *Alveolus dentalis maxillae* y

Alveolus dentalis mandibulae, según la clasificación de la segunda edición de *Terminologia Anatomica* del año 2019 (TA2, Part 2, pag. 35 y 36), correspondiente a Caput II: OSSA Chapter 2: BONES⁶.

En cuanto al ordenamiento general de este tema se debiera reestructurar para una mayor claridad conceptual y didáctica como se expone a continuación:

<i>Periodontium</i>	Periodonto
<i>Periodontium protectivum</i>	Periodonto de protección
<i>Gingiva</i>	Encía
<i>Periodontium insertans</i>	Periodonto de inserción
<i>Ligamentum periodontale</i>	Ligamento periodontal
<i>Textus connectivus compactus</i>	Tejido conectivo compacto
<i>Cementum</i>	Cemento
<i>Alveolus dentalis maxillae</i>	Alvéolo dental maxilar
<i>Alveolus dentalis maxillae</i>	Alvéolo dental mandibular
<i>Periosteum alveolare</i>	Periostio alveolar

4. En *Dens* se incluyen dos términos para la misma estructura: *Tubulus dentini* y *Canaliculus dentini*; consideramos que es más correcto el segundo término¹⁴.
5. *Dentinum tertiarium*: este término se menciona en la *Terminologia Histologica*, incluido dentro de la estructura normal de la dentina. Es importante aclarar que se refiere a la dentina que se forma por estímulos externos nocivos que actúan localmente sobre la pulpa. Cuando es originada por un estímulo suave la dentina terciaria se denomina dentina reaccional mientras que la dentina reparativa u osteodentina, es la que se forma cuando la injuria del diente es muy severa.
6. *Cementum*: en el número de identificación H3.04.01.0.02059 (página 46 de *Terminología histológica*) se describe erróneamente el término *linea incrementalis enamelae*; se debe reemplazar por *linea incrementalis cementalis*.
7. *Ligamentum periodontale* debe ubicarse en el ítem *Periodontium* antes del término *Textus connectivus compactus*.
8. Inclusión de términos relevantes que no aparecen en la *Terminologia Histologica* en *Cavitas oris*: *Tunica mucosa specialis*, *Keratinocytus*, *Melanocytus* y *Dendrocytus*. En *Labia oris*: *Labium superius*

oris, Labium inferius oris; como figuran en la segunda edición de *Terminologia Anatomica* del año 2019.TA2 Part 1- page 9. Correspondiente a *Corpus humanum*⁶. En *Bucca: Facies interna buccae*. Seleccionado de la segunda edición de *Terminologia Anatomica* del año 2019.TA2 Part 3- page 126⁶. En *Palatum: Plicae palatine transversae*. En *Glandulae salivariae: Glándula salivaria mucosa y Cellula principallis*. En *Dens: Stratum dentinoblasticum, Plexus vascularis subdentinoblasticum, Plexus reticularis subdentinoblasticum, Stratum dives cellulae y Pulpa centralis*. En *Periodontium: Periodontium protectivum, Desmosoma, Hemidesmosoma, Cellulae directe superficie dentis affixe, Keratinocytus, Melanocytus, Dendrocytus, Papilla figurae non evidentis, Papilla figurae evidentis y Periodontium insertans*. En *Os alveolare: Septum palatinum, Septum lingualis, Septum vestibularis*. En *Lingua: Nodulus lymphoideus*.

9. Se deben eliminar los términos *Endodontium, Ectodontium y Paradontium*, ya que han caído en desuso.
10. Modificación de términos. En *Bucca: Stratum musculare striatum visceralis non cardiacus* debe reemplazar a *Stratum musculare striatum*. Se incluyó ese término para sistematizar la terminología de acuerdo con la clasificación correspondiente que se sigue en *Histologia generalis*, código H2.00.05.2.00005, página 30 de la *Terminologia histologica*. En *Cementum*: en la página 46 de la *Terminologia Histologica* Código H3.04.01.0.02056 se menciona *Canaliculus*. Es más correcto *Canaliculus cementalis* para también sistematizar la terminología de acuerdo con la clasificación correspondiente a *Histologia generalis* código H2.00.03.7.00013, página 2 de la *Terminologia Histologica (Canaliculus ossis)*.
En *Lingua*: se menciona *Crypta*. Se sugiere *Crypta tonsillae* para sistematizar con el término que se menciona en *Fauces*.
11. En *Lingua*: se menciona *Textus muscularis striatus skeletalis*. Este término es erróneo ya que se contrapone con la clasificación de *Textus muscularis* que se describe en *Histologia generalis*, código H2.00.05.2.00005, página 30 de la *Terminologia Histologica*. Corresponde mencionarlo como *Textus muscularis striatus visceralis non cardiacus*.
12. Construcción de nuevos términos. Léxicos, información gramatical y significado; términos en español y su traducción al latín, que se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Listado completo propuesto en latín y español.

Léxicos en latín	Información gramatical	Significados en español	Término en español	Término en latín
MUCOSA				
Mucosa-ae	Sust. f. 1ª D.	Mucosa	Mucosa	Mucosa
Specialis-e	Adj. 2ª C.	especializada	Mucosa especializada	Mucosa specialis
ESTRATOS DE LA PULPA DENTAL				
Stratum-i	Sust. n. 2ª D.	Stratum-i	Estrato rico en células	Stratum dives
Dives-itis	Adj. 2ª C.	Dives-itis		cellulae
Cellula-ae	Sust. f. 1ª D.	Cellula-ae		
Pulpa-ae	Sust. f. 1ª D.	Pulpa	Pulpa central	Pulpa centralis
Centralis-e	Adj. 2ª C.	central		
Pulpa-ae	Sust. f. 1ª D.	Pulpa		
PERIODONTO DE PROTECCIÓN				
Periodontium-i	Sust. n. 2ª D.	Periodonto	Periodonto de protección	Periodontium protectivum
Protectivus-a-um	Adj. 1ª C.	De protección		
Papilla-ae	Sust. n. 1ª D.	Papila	Papila delomorfa	Papilla figurae evidentis
Figura-ae	Sust. n. 1ª D.	forma		
Evidens-tis	Adj. 2ª C.	evidente		
Papilla-ae	Sust. n. 1ª D.	Papila	Papila delomorfa	Papilla figurae evidentis
Figura-ae	Sust. n. 1ª D.	forma		
Evidens-tis	Adj. 2ª C.	evidente		
Papilla-ae	Sust. n. 1ª D.	Papila	Papila adelomorfa	Papilla figurae non evidentis
Figura-ae	Sust. n. 1ª D.	forma		
Non	adverbio	no		
Evidens-tis	Adj. 2ª C.	evidente		

Léxicos en latín	Información gramatical	Significados en español	Término en español	Término en latín
Cellula-ae	Sust. n. 1ª D.	Célula	Células	Cellulae directe
Directe	adverbio	directamente	Células directamente adheridas a la superficie del diente	superficie dentis affixae.
dens-tis	Sust. n. 3ª D.	Diente		
affixus-a-um	Adj. 3ª C.	adherido		
Lamina-ae	Sust. n. 1ª D.	Lámina	Lámina basal	Lamina basalis interna
Basalis-e	Adj. 2ª C.	basal		
Internus-a-um	Adj. 1ª D.	interna		
Lamina-ae	Sust. n. 1ª D.	Lámina	Lámina basal	Lamina basalis externa
Basalis-e	Adj. 2ª C.	basal		
Externus-a-um	Adj. 1ª D.	externa		
PERIODONTO DE INSERCIÓN				
Periodontium-i	Sust. n. 2ª D.	Periodonto	Periodonto de inserción	Periodontium insertans
Inserto-as-are-avlatum	verb. 1ª C.	De inserción		
Septum-i	Sust. n. 2ª D.	Septo	Septo palatino	Septum vestibulare
Vestibularis-e	Adj. 2ª C.	Vestibular		
Septum-i	Sust. n. 2ª D.	Septo	Septo lingual	Septum linguale
Lingualis-e	Adj. 2ª C.	Lingual		
Septum-i	Sust. n. 2ª D.	Septo	Septo palatino	Septum palatinum
Palatinum-a-um	Adj. 1ª C.	Palatino		

DISCUSIÓN

En San José de Costa Rica (abril de 2009) se realizó el SILAT, organizado por la Asociación Panamericana de Anatomía (APA). En dicho Simposio se redactó el acta fundacional de los SILAT, firmada por los profesionales de las Ciencias Morfológicas de Latinoamérica y autoridades de la APA presentes. A partir de dicha fecha se realizaron distintos simposios en los países de la región, avanzando en la traducción de la terminología anatómica e histológica en latín al idioma vernáculo⁴. Como bien describen Cruz Gutiérrez y colaboradores el SILAT es “un programa científico y educativo multinacional que sirve de instrumento para analizar y solucionar los problemas de terminología médica morfológica en los países de habla hispana y portuguesa de América”⁴. Utilizar la Terminología Anatómica, Histológica y Embriológica Internacional es responsabilidad de los docentes e investigadores de la educación superior universitaria. Si por medio de los SILAT se logra igualar la terminología de las estructuras anatómicas, histológicas y embriológicas para usar un lenguaje científico unificado, el mismo se podrá incorporar a los programas de estudio universitario de grado y posgrado, textos y publicaciones periódicas.

Por otro lado, en la UNAN se realizó el SILAT X en julio de 2014. La comisión de Histología consideró que se habían omitido términos importantes correspondiente a Cavidad oral (*Systema digestorium, Os, Cavitas oris*). Nosotros proponemos un reordenamiento de los términos e inclusión y modificación de otros para su evaluación y posible incorporación en una nueva edición de *Terminologia Histologica* (Tabla 1).

El latín clásico es una lengua que se hablaba en la antigua Roma. Surgida en el 4,000 a.C. en la región del Latium o Lacio, de la misma surgen las denominadas lenguas romances, siendo actualmente la lengua

oficial del Vaticano y admitiéndose solo como “lengua científica”. Al incorporar nuevos términos para la *Terminología Histológica* de Boca dentro del capítulo Sistema Digestivo, en base al análisis anteriormente mencionado, debimos realizar el complejo proceso de traducción de la terminología del español al latín. Para la traducción se consultaron diccionarios, glosarios y gramáticas latinas para obtener los léxicos en latín con su correspondiente información gramatical y significados en español. Este procedimiento nos permitió adecuar y reproducir en latín en la forma idiomática más correcta y con la mayor exactitud y precisión sintáctico-gramatical los sintagmas expresados en español lo cual se muestra en Resultados^{3,8,9, 11,15}.

CONCLUSIONES

La terminología es útil como una herramienta única de comunicación entre las personas a nivel global. Una terminología científica común de los docentes e investigadores de las Ciencias de la Salud es de fundamental importancia ya que permite la integración internacional. La incorporación de los términos propuestos, resultado de un proceso de selección, depuración y análisis; al igual que la nueva terminología en su totalidad, debe estar a disposición de docentes, alumnos e investigadores para la enseñanza-conocimiento-aprendizaje de las Ciencias Morfológicas y otras disciplinas de la Educación Médica.

DECLARACIÓN DE INTERESES

Todos los autores declaran que no existen conflictos potenciales de interés con respecto a la autoría y / o publicación de este artículo.

REFERENCIAS

1. Algieri RD, Pró EA, Forlizzi V, Ferrante MS. Reseña de la evolución histórica de los términos anatómicos. *Rev Arg Anat* 2011; **2**: 106-111.
2. Álvarez Guisbert O, Campohermoso Rodríguez O. Evolución histórica conceptual de la Terminología Anatómica. *Rev Cuadernos* 2007; **52**: 113-117.
3. Baldi P, Cuzzolin P. *New perspectives on historical latin syntax*. Vol 1, Syntax of the Sentence, Mouton de Guyter. Berlin, 2009.
4. Cruz Gutiérrez R, Rodríguez Torres A, Prates JC, Losardo RJ, Valverde Barbato de Prates NE. Simposio Ibero-latinoamericano de Terminología Morfológica. Características generales. *Int J Morphol* 2010; **28**: 643-646.

5. Federative International Committee on Anatomical Terminology. *Terminologia Histologica. International terms for human Cytology and Histology*. FICAT-Wolters Kluwer/Lippincott Williams &Wilkins. Philadelphia, 2008. pp 42-48.
6. FIPAT. *Terminologia Anatomica*. 2ªed. FIPAT. Library.dal.ca. Federative International Programme for Anatomical Terminology. Canadá, 2019.
7. Fuentes R, Bucchi C, Cantín M. Análisis de los términos utilizados en la literatura científica para referirse a los ligamentos extracapsulares de la articulación témporomandibular. Parte 1: *Ligamentum sphenomandibulare*. *Int J Morphol* 2014; **32**: 981-986.
8. García de Diego V. *Diccionario Ilustrado Vox, Latino-español, español-Latino*, 15º., Biblograf. Barcelona, 1982.
9. Griffin RM. *Gramática latina de Cambridge*. 4ª Ed Española. Editorial Universitaria de Sevilla. Sevilla, 1999.
10. Losardo RJ, Valverde Barbato de Prates NE, Arteaga-Martínez M, García Peláez MI, Cabral RH. International Morphological Terminology (Anatomy, Histology and Embryology): beyond scientific terms. *J Morphol Sci* 2017; **34**: 130-133.
11. *Nuevo diccionario latino-español etimológico*. 18º edición corregida y aumentada. Saen de Jubera Hermanos, Editores. Madrid, 1981.
12. Ponte Hernando F. La Nómina Anatómica: historia breve. *Cad Aten Primaria* 2014; **20**: 116-120.
13. *Real Academia Española (RAE)*. [Consultado 27 Dic. 2023]. <https://dle.rae.es/>.
14. Trost O, Hardy H, Péron JM, Trouilloud. Nomenclature anatomique utile en chirurgie orale et maxillo-faciale. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale* 2014; **115**: 287-292.
15. Valentí Fiol E. *Gramática de la lengua latina. Morfología y nociones de sintaxis*. Ed. Bosc. Barcelona, 1972.
16. Vandaele S, Gingras Harvey M. Les nomenclatures anatomiques: histoire et traduction. *Panace@* 2013; **14**: 222-234

Evolución del corazón en vertebrados III. Reptiles

Lorena González Vadillo¹, Brenda Romero Flores² y Roberto Lazzarini Lechuga^{1*}

1. Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México
2. Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México.

***Autor de Correspondencia:**

Dr. Roberto Lazzarini Lechuga
lazzarini@xanum.uam.mx
Teléfono: 5558044600 Ext: 3382

RESUMEN

Los reptiles surgieron hace 320 millones de años (MDA) en el periodo Carbonífero, a diferencia de los peces y anfibios, no dependen del agua para su desarrollo. Los reptiles no cocodrilianos conservan un corazón con tres cavidades como los anfibios, mientras que los cocodrilianos tienen un corazón de cuatro cámaras, similar al de los mamíferos y las aves. Las adaptaciones cardiovasculares de los órdenes de la clase Reptilia muestran la diversidad evolutiva de los vertebrados y su capacidad para adaptarse a diferentes entornos y demandas metabólicas. Las tortugas acuáticas poseen mecanismos para largas sumersiones, un corazón con tres cavidades que permite desviar el flujo sanguíneo durante el buceo. Las tuataras tienen un corazón con una mínima septación, adecuado para un metabolismo de bajo requerimiento. Las serpientes y lagartos tienen un segmento ventricular parcialmente dividido que soporta periodos de inactividad, así como la actividad intensa. Los cocodrilos, caimanes y gaviales con un corazón de cuatro cámaras y el "Foramen de Panizza," pueden desviar el flujo sanguíneo para optimizar la circulación durante el buceo y la actividad intensa.

Palabras clave: Evolución cardíaca, Anatomía, Vertebrados, Reptiles, Testudines, Chelonia, Squamata, Crocodylia.

ABSTRACT

Reptiles emerged 320 million years ago (MYA) in the Carboniferous period. Unlike fish and amphibians, they do not depend on water for development. Non-crocodylian reptiles retain a three-chambered heart like amphibians, while crocodylians have a four-chambered heart, like mammals and birds. The cardiovascular adaptations of the orders in the class Reptilia show the evolutionary diversity of vertebrates and their ability to adapt to different environments and metabolic demands. Turtles possess mechanisms for long dives and a three-chambered heart that allows blood flow diversion during diving. Tuataras have a heart with minimal septation, suitable for their low metabolism. Snakes and lizards have a partially divided ventricle that supports both inactivity and intense activity. Crocodiles, alligators, and gharials, with a four-chambered heart and the "Foramen of Panizza," can divert blood flow to optimize circulation during diving and intense activity.

Keywords: Cardiac evolution, Anatomy, Vertebrates, Testudines, Chelonia, Squamata, Crocodylia.

INTRODUCCIÓN

Los reptiles, aparecieron en la tierra durante el periodo Carbonífero, hace aproximadamente 320 millones de años (MDA)¹, se consideran los primeros vertebrados completamente terrestres (aunque algunos grupos de reptiles regresaron al medio acuático en su evolución posterior). Los reptiles no presentan una etapa larvaria que dependa de cuerpos de agua, como si ocurre en los peces y anfibios. Los reptiles desarrollaron una membrana (amnios) que rodea y protege al embrión² sus huevos presentan cubiertas que permiten el desarrollo fuera del agua³, eclosionan de huevos, como pequeñas réplicas de sus padres⁴ y tienen una piel escamosa y seca, poco permeable que minimiza la pérdida de humedad⁴. En cuanto al sistema cardiovascular, el corazón de los reptiles no cocodrilianos se mantiene con tres cavidades: dos atrios y un ventrículo parcialmente dividido en tres cámaras^{5,6,7} y en el orden Crocodylia se desarrolla un corazón de cuatro cámaras: dos atrios y dos ventrículos, similar a los mamíferos y las aves, pero con comunicación entre la circulación sistémica y pulmonar^{8,9}.

La historia evolutiva de los reptiles está marcada por el auge de los dinosaurios, gigantes reptiles que dominaron el planeta, y la extinción masiva del periodo Cretácico, que eliminó un gran porcentaje de la diversidad de la vida. Algunos de los reptiles que sobrevivieron a la extinción son los antecesores de los reptiles que conocemos hoy en día, como las tortugas, lagartos, serpientes y cocodrilos¹⁰. En esta revisión abordaremos la anatomía del corazón de los órdenes actuales de la clase Reptilia.

Clase Reptilia

Dentro de los órdenes de la clase Reptilia se observa una transición desde los corazones de tres cámaras, con un ventrículo parcialmente dividido¹, hacia el desarrollo de un corazón de cuatro cámaras en los cocodrilianos⁸.

La clase Reptilia conserva la circulación doble e incompleta de los anfibios⁶ y la división de la aorta, cuya porción izquierda irriga a órganos vitales como el cerebro¹¹.

Fisiológicamente, los reptiles, presentan dos mecanismos adaptativos asociados a las demandas metabólicas caracterizadas por periodos de inactividad prolongados y ráfagas de actividad. Presentan: una cresta muscular en el ventrículo⁵, que les confiere la habilidad de separar y regular el flujo sanguíneo⁸ y la capacidad de direccionar de manera anormal el flujo sanguíneo (*shunts* vasculares) durante períodos de altos requerimientos metabólicos⁸, por ejemplo, en inmersiones y apnea de los reptiles acuáticos¹², y durante la exposición al sol y la termorregulación^{8,13}.

Orden Testudines

El linaje actual más antiguo, también conocido como Chelonia, es representado por las tortugas. Las tortugas poseen un corazón con tres cavidades, dos atrios y un ventrículo parcialmente dividido en tres cámaras⁸: *Cavum venosum*, *Cavum pulmonale* y *Cavum arteriosum*¹⁴. Presentan una prominente musculatura llamada “cresta muscular” divide al *Cavum venosum* y *Cavum pulmonale*, y un septo vertical separa al *Cavum arteriosum* de las otras dos cámaras¹. Aunque la septación de las tortugas no está bien definida como en otros reptiles no cocodrilianos, estas estructuras septales del ventrículo ayudan a que la sangre desoxigenada y oxigenada se mantengan parcialmente separadas durante el bombeo cardíaco¹³.

La circulación sanguínea en las tortugas comienza con el ingreso de la sangre desoxigenada, a través del atrio derecho, se dirige al *Cavum venosum*, donde se mezcla con sangre oxigenada que proviene de los pulmones, desde el *Cavum venosum*, la sangre mixta es bombeada hacia el *Cavum pulmonale*, y es impulsada hacia los pulmones a través de la arteria pulmonar, en los pulmones, la sangre se oxigena y regresa al corazón por el atrio izquierdo, la “cresta muscular” altera la presión entre las cavidades ventriculares¹ y dirige la sangre oxigenada hacia el *Cavum arteriosum*, donde es bombeada hacia la circulación sistémica a través de la aorta (**Figura 1A**).

Las tortugas acuáticas (**Figura 1C y 1D**) poseen un ventrículo grande en comparación con los demás reptiles, en la arteria pulmonar presentan un esfínter muscular que les permite hacer “shunts” (disparos) vasculares durante el buceo¹⁵, es decir, durante la inmersión acuática, cuando las tortugas necesitan conservar oxígeno, para prolongar el tiempo bajo el agua, contraen el esfínter que desvía la sangre

desoxigenada desde el *Cavum venosum* hacia el *Cavum arteriosum*, la sangre desoxigenada se dirige hacia la circulación sistémica y evita la circulación pulmonar¹³. El esfínter se puede contraer o relajar, según las necesidades de oxigenación durante las inmersiones, así las tortugas marinas pueden mantener un flujo pequeño de sangre hacia los pulmones, o incluso evitar totalmente la circulación pulmonar, para reservar el oxígeno, reducir el trabajo cardiaco, y distribuir eficientemente el oxígeno disponible al mezclar la sangre oxigenada y desoxigenada¹⁶ (Figura 1B).

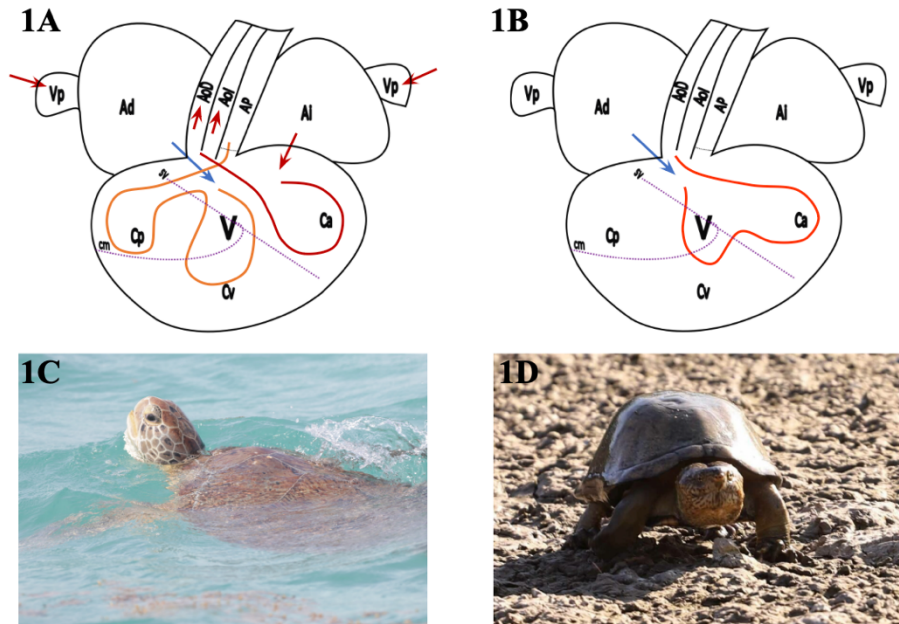


Figura 1: A) Esquema de la anatomía del corazón del orden Chelonia, Atrio derecho (Ad) Atrio izquierdo (Ai) Aorta derecha (AoD) Aorta izquierda (Aol) Arteria Pulmonar (AP) Ventrículo (V) *Cavum venosum* (Cv) *Cavum pulmonale* (Cp) *Cavum arteriosum* (Ca) Vena pulmonar (Vp) Septo vertical (sv) cresta muscular (cm) B) Circulación durante *shunting* vascular completo, bloqueo de la circulación pulmonar. C) Tortuga marina *Chelonia mydas*. Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/222901497> D) Tortuga de pantano *Kinosternon integrum*. Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/224297351>

Orden Rhynchocephalia

El orden Rhynchocephalia incluye un solo género viviente de reptiles: las tuataras (Figura 2A). Es el orden menos estudiado, se distribuyen geográficamente solo en las costas frías de Nueva Zelanda¹⁷. El corazón de las tuataras es similar al de las tortugas, dos atrios y un ventrículo parcialmente dividido en tres septos incompletos¹⁸ (Figura 2B), la septación en tautaras se considera minina, a diferencia de otros reptiles¹¹, probablemente por su estilo de vida sedentario y de bajo consumo metabólico.

Las tuataras, presentan “shunt vascular”¹⁹ durante la brumación (disminución del metabolismo), al igual que otros reptiles que se distribuyen en climas fríos, reducen su metabolismo y permanecen en letargo la

mayor parte del día²⁰, al evitar o disminuir la circulación pulmonar, reducen el gasto energético, minimizan el metabolismo y regulan la temperatura corporal.

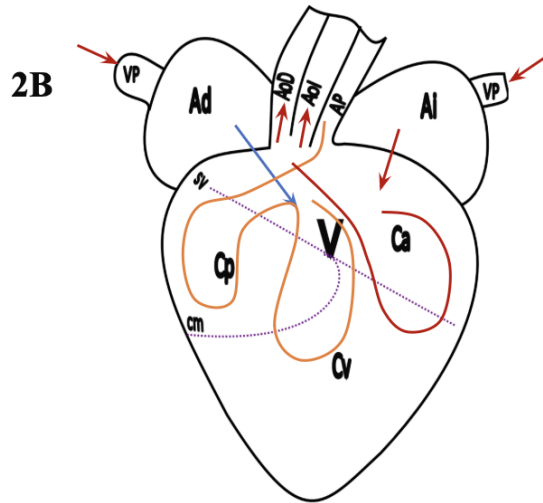


Figura 2: A) Tuatara *Sphenodon punctatus*. Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/207227069> B) Esquema de la anatomía del corazón de tuatara, Atrio derecho (Ad) Atrio izquierdo (Ai) Aorta derecha (AoD) Aorta izquierda (AoI) Arteria Pulmonar (AP) Ventrículo (V) Cavum venosum (Cv) Cavum pulmonale (Cp) Cavum arteriosum (Ca) Vena pulmonar (Vp) Septo vertical (sv) cresta muscular (cm).

Orden Squamata

Las serpientes y lagartos son representantes de este orden, tienen un corazón con dos atrios y un ventrículo parcialmente dividido por la “cresta muscular”⁸ (Figura 3A).

En lagartos varanidos (Figura 3B) y pitones, el ventrículo se comporta de manera diferente a otros reptiles^{8,5,21}, presentan “cresta muscular” bien desarrollada que durante la sístole divide al ventrículo en dos secciones funcionalmente distintas, la sección derecha actúa como una bomba de baja presión que impulsa la sangre hacia el circuito pulmonar, mientras que la porción izquierda funciona como una bomba de alta presión que dirige la sangre hacia el circuito sistémico^{8,15}. Este diseño cardíaco permite un estilo de vida más activo y con un metabolismo elevado y actividad sostenida.

Por otro lado, anacondas y dragones barbudos, no presentan una separación tan robusta del flujo ventricular, pero tienen una mayor capacidad para el “shunt vascular”²¹, durante períodos de inactividad o ayuno reducen su flujo sanguíneo pulmonar mientras que, durante la caza o el escape, aumentan el flujo hacia los pulmones para satisfacer la mayor demanda de oxígeno¹³.



Figura 3: A) Esquema de la anatomía del corazón del orden Squamata, Atrio derecho (Ad) Atrio izquierdo (Ai) Aorta derecha (AoD) Aorta izquierda (Aol) Arteria Pulmonar (AP) Ventrículo (V) Vena pulmonar (Vp) Cresta muscular (cm) B) Lagarto varanido *Varanus niloticus*. Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/66343634>

Orden Crocodylia

Los cocodrilos, caimanes y gaviales presentan una estructura cardíaca única entre los reptiles, tienen un corazón completamente dividido en cuatro cámaras, dos atrios y dos ventrículos, una aorta izquierda que se origina del ventrículo derecho y una aorta derecha que proviene del ventrículo izquierdo^{9,22,23} (**Figura 4A**).

La evolución del corazón de cuatro cámaras en cocodrilos, aves y mamíferos ocurrió de manera independiente, aunque todos derivan de un corazón de tres cámaras²⁴.

Aunque los cocodrilianos presentan un ventrículo completamente dividido, conservan la “cresta muscular” en el ventrículo derecho para direccionar el flujo y regular la presión sanguínea en el corazón⁹, además poseen una estructura llamada “Foramen de Panizza” a nivel de la raíz aórtica²⁵ que une a las aortas derecha e izquierda⁸ y permite realizar “shunts vasculares” durante la inmersión prolongada en cuerpos de agua, así reducen el flujo pulmonar y distribuyen la sangre mixta a órganos que pueden tolerar condiciones de hipoxia²⁶, también durante la actividad intensa para maximizar la entrega de oxígeno, y para la termorregulación^{1,15}.

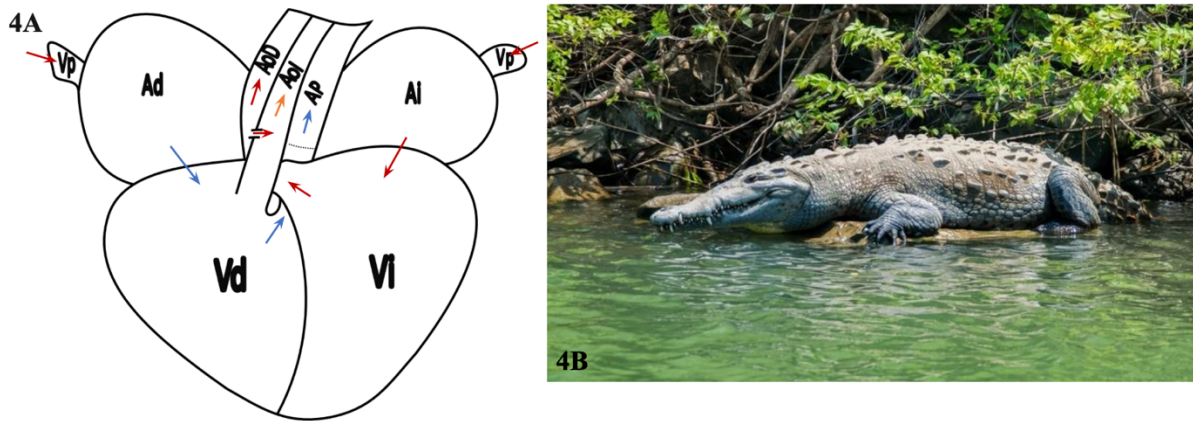


Figura 4: A) Esquema de la anatomía del corazón del orden Crocodylia, Atrio derecho (Ad) Atrio izquierdo (Ai) Ventrículo derecho (Vd) Ventrículo izquierdo (Vi) Aorta derecha (AoD) Aorta izquierda (Aol) Arteria Pulmonar (AP) Vena pulmonar (Vp) B) Cocodrilo americano *Crocodylus acutus* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/223333618>

Consideraciones finales

La evolución y adaptación de la vida, es guiada por los cambios geográficos y físicos del planeta a través del tiempo²⁷. En el caso de los reptiles, los movimientos de las placas tectónicas causaron que el suelo marino se elevara y aumentara el área de tierra firme, evento que propicio la expansión de plantas vasculares, que eventualmente formaron los primeros bosques de helechos y coníferas, hogar de los primeros vertebrados terrestres. Siguiendo la línea evolutiva de los vertebrados, pasaron del agua (peces) a una zona litoral (anfibios) y finalmente a una distribución continental (reptiles). En cada clase de vertebrados, se identifican los cambios anatómicos, fisiológicos y de comportamiento que acompañaron la invasión de hábitat por los organismos.

Los estudios de los diferentes órdenes de la clase Reptilia, revelan una diversidad de adaptaciones cardiovasculares que reflejan sus respectivos estilos de vida y ambientes. Por ejemplo, las tortugas marinas han desarrollado mecanismos que les permiten largas inmersiones, las serpientes y lagartos tienen corazones adaptados para soportar períodos de inactividad y de actividad intensa, los cocodrilos desarrollaron un corazón de cuatro cámaras que soporta tanto la actividad en tierra como inmersiones prolongadas.

El hecho de que los cocodrilianos, aves y mamíferos por convergencia evolutiva desarrollaran un corazón de cuatro cámaras, subraya la importancia de esta adaptación para un estilo de vida activo y metabólicamente demandante.

El estudio de estas adaptaciones evolutivas del corazón permite comprender la historia de la vida en la Tierra y las complejas interacciones entre los vertebrados y su entorno a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

1. Jensen, B., Berg, G., Doel, R., Oostra, R., Wang, T., & Moorman, A. (2013). Development of the Hearts of Lizards and Snakes and Perspectives to Cardiac Evolution. *PLoS ONE*, 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063651>.
2. Jensen, B. (2019). Commemoration of Comparative Cardiac Anatomy of the Reptilia I-IV. *Journal of morphology*, 280(4), 623-626.
3. Wirth, W., Schwarzkopf, L., Skerratt, L. F., & Ariel, E. (2018). Ranaviruses and reptiles. *PeerJ*, 6, e6083.
4. Bower, D. S., Brannelly, L. A., McDonald, C. A., Webb, R. J., Greenspan, S. E., Vickers, M., ... & Greenlees, M. J. (2019). A review of the role of parasites in the ecology of reptiles and amphibians. *Austral Ecology*, 44(3), 433-448.
5. Wang, T., Altimiras, J., & Axelsson, M. (2002). Intracardiac flow separation in an in situ perfused heart from Burmese python *Python molurus*. *The Journal of experimental biology*, 205 Pt 17, 2715-23.
6. Jensen, B., Nyengaard, J., Pedersen, M., & Wang, T. (2010). Anatomy of the python heart. *Anatomical Science International*, 85, 194-203. <https://doi.org/10.1007/s12565-010-0079-1>.
7. Wyneken, J. (2009). Normal reptile heart morphology and function. *The veterinary clinics of North America. Exotic animal practice*, 12 1, 51-63, vi. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2008.08.001>.
8. Burggren, W. (1987). Form and Function in Reptilian Circulations. *Integrative and Comparative Biology*, 27, 5-19. <https://doi.org/10.1093/ICB/27.1.5>.
9. Webb, G. (1979). Comparative cardiac anatomy of the reptilia. III. The heart of crocodylians and an hypothesis on the completion of the interventricular septum of crocodylians and birds. *Journal of Morphology*, 161. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051610209>.
10. Carroll, R. L. (1970). The ancestry of reptiles. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 257(814), 267-308.
11. Jensen, B., & Christoffels, V. M. (2020). Reptiles as a model system to study heart development. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 12(5), a037226.
12. White, F. N. (1968). Functional anatomy of the heart of reptiles. *American Zoologist*, 8(2), 211-219.
13. Sapsford, C. (1978). Anatomical Evidence for Intracardiac Blood Shunting in Marine Turtles. *African Zoology*, 13, 57-62. <https://doi.org/10.1080/00445096.1978.11447605>.

14. Prütz, M., Hungerbühler, S., Fehr, M., & Mathes, K. (2016). [The anatomy of the heart of tortoises (Testudinidae)]. *Berliner und Munchener tierärztliche Wochenschrift*, 129 3-4, 160-6.
15. Jensen, B., Lauridsen, H., Webb, G., & Wang, T. (2022). Anatomy of the heart of the leatherback turtle. *Journal of Anatomy*, 241, 535 - 544. <https://doi.org/10.1111/joa.13670>.
16. Hicks, J. W., & Wang, T. (1996). Functional role of cardiac shunts in reptiles. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology*, 275(2-3), 204-216.
17. Macfarlan, D., & Campbell, J. (1991). Rhyncholites (cephalopod mandibles) from the Late Triassic (Norian) of New Zealand and New Caledonia. *Journal of The Royal Society of New Zealand*, 21, 161-168. <https://doi.org/10.1080/03036758.1991.10800303>
18. Grigg, G., & Simons, J. (2009). Preferential distribution of left and right auricular blood into the arterial arches of the Tuatara, *Sphenodon punctatus*. *Journal of Zoology*, 167, 481-486. <https://doi.org/10.1111/J.1469-7998.1972.TB01739.X>.
19. Wood, S. C. (1984). Cardiovascular shunts and oxygen transport in lower vertebrates. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 247(1), R3-R14.
20. Hoekstra LA, Schwartz TS, Sparkman AM, Miller DAW, Bronikowski AM. The untapped potential of reptile biodiversity for understanding how and why animals age. *Funct Ecol.* 2020 Jan;34(1):38-54. doi: 10.1111/1365-2435.13450. Epub 2019 Sep 9. PMID: 32921868; PMCID: PMC7480806.
21. Joyce, W., Axelsson, M., Altimiras, J., & Wang, T. (2016). In situ cardiac perfusion reveals interspecific variation of intraventricular flow separation in reptiles. *Journal of Experimental Biology*, 219(14), 2220-2227.
22. Cook, A. C., Tran, V. H., Spicer, D. E., Rob, J. M., Sridharan, S., Taylor, A., ... & Jensen, B. (2017). Sequential segmental analysis of the crocodylian heart. *Journal of Anatomy*, 231(4), 484-499.
23. Poelmann, R. E., Gittenberger-de Groot, A. C., Biermans, M. W., Dolfin, A. I., Jagessar, A., van Hattum, S., ... & Richardson, M. K. (2017). Outflow tract septation and the aortic arch system in reptiles: lessons for understanding the mammalian heart. *Evodevo*, 8, 1-17.
24. Goodrich, E. (1919). Note on the Reptilian Heart.. *Journal of anatomy*, 53 Pt 4, 298-304
25. Poelmann, R. E., Gittenberger-de Groot, A. C., Goerdajal, C., Grewal, N., De Bakker, M. A., & Richardson, M. K. (2021). Ventricular septation and outflow tract development in crocodylians result in two aortas with bicuspid semilunar valves. *Journal of cardiovascular development and disease*, 8(10), 132.

26. Eme, J., Gwalthney, J., Owerkowicz, T., Blank, J. M., & Hicks, J. W. (2010). Turning crocodilian hearts into bird hearts: growth rates are similar for alligators with and without right-to-left cardiac shunt. *Journal of Experimental Biology*, 213(15), 2673-2680.
27. Darwin, C. (1985). *El origen de las especies*. México, Colección Nuestros Clásicos (serie de Ciencia). Universidad Nacional Autónoma de México, 2.

Tabicación cardiaca normal II. Desarrollo del tabique interventricular

Brenda Romero Flores¹, Lorena González Vadillo², Belem Rojas Ramos³ y Roberto Lazzarini Lechuga^{2*}

1. Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México.
2. Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México.
3. Licenciatura en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México.

*** Autor de correspondencia:**

Dr. Roberto Lazzarini Lechuga
lazzarini@xanum.uam.mx
Tel. +52 55 5804 4600 (ext. 3382)

RESUMEN

La tabicación cardiaca es resultado de una serie de eventos moleculares, celulares y tisulares que convergen espaciotemporalmente para formar un corazón con cuatro cámaras, donde la circulación arterial se mantiene separada de la circulación pulmonar por la presencia de tres tabiques cardíacos: el tabique interatrial, el tabique interventricular y el tabique atrioventricular. La tabicación cardiaca comienza con la formación de los cojines endocárdicos en los tractos de entrada y salida del corazón embrionario, los cojines del canal atrioventricular y las crestas del conotrongo, respectivamente. En una comunicación anterior exploramos la tabicación interatrial normal, y en esta revisión continuamos con los eventos que suceden durante la tabicación interventricular, donde discutimos la formación del tabique interventricular muscular y el tabique membranoso, así como la participación del segundo campo cardiogénico en la tabicación cardiaca.

Palabras clave: Corazón, Cardiogénesis, Tabique interventricular, Tabique interventricular muscular, Tabique membranoso.

ABSTRACT

The cardiac septation is the result of a series of molecular, cellular, and tissue events that spatially and temporally converge to form a heart with four chambers, where arterial circulation is kept separate from pulmonary circulation by the presence of three cardiac septa: the interatrial septum, the interventricular septum, and the atrioventricular septum. Cardiac septation begins with the formation of endocardial cushions in the embryonic heart's inflow and outflow tracts—the atrioventricular canal cushions and the conotruncal ridges, respectively. In a previous communication, we explored normal interatrial septation, and in this review, we continue with the events during interventricular septation, discussing the formation of the muscular interventricular septum and the membranous septum, as well as the participation of the second cardiogenic field in cardiac septation.

Keywords: Cardiogenesis, Heart, Interventricular septum, Membranous septum, Muscular interventricular septum.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del tabique interventricular (TIV) es un proceso complejo que involucra la contribución de diferentes linajes de células miocárdicas y mesenquimales para la formación de dos componentes distintos: una porción muscular, conocida como TIV muscular (TIVm), y una porción fibrosa, denominada tabique membranoso (TM)¹. Actualmente, se acepta que en el desarrollo de TM participan los cojines del canal atrioventricular (canal-AV) y las crestas del *conus*, mientras que el TIVm deriva del miocardio ventricular¹⁻⁴. La tabicación interventricular comienza en la cuarta semana del desarrollo humano, con el surgimiento del TIVm, los cojines del canal-AV y las crestas del *conus*, y finaliza en la sexta semana con el cierre del foramen interventricular^{5,6}. El cierre completo del foramen interventricular implica el crecimiento del TIVm, y la contribución del tejido de los cojines del canal-AV y de las crestas del *conus* para la formación del TM. Los defectos del TIV, ya sea aislados o asociados con otras alteraciones cardíacas, se atribuyen a la complejidad estructural del tabique; errores en el desarrollo de alguna de las estructuras embrionarias que intervienen en la formación del TIV provocarán la permanencia del foramen interventricular durante la vida posnatal, cardiopatía congénita conocida como comunicación interventricular (CIV)^{5,6}. En México, la CIV representa hasta el 12.40% de todas las cardiopatías congénitas⁷. La frecuencia de aparición de las cardiopatías congénitas relacionadas con el TIV hace indispensable estudiar el desarrollo embrionario normal para mejorar el aprendizaje, el diagnóstico y el tratamiento.

En una revisión anterior, iniciamos con la exploración del desarrollo normal del tabique interatrial⁸. En esta continuación, describiremos los eventos principales de la tabicación ventricular, de acuerdo con la cronología del desarrollo humano de los estadios de Carnegie (CS), basados en el trabajo de O'Rahilly y Müller⁹, que divide el periodo embrionario en 23 estadios del desarrollo.

TABIQUE INTERVENTRICULAR

El TIV es una estructura muscular, prominente y robusta que separa los ventrículos entre sí, se dirige oblicuamente hacia la derecha, de modo que la pared derecha es convexa y la izquierda cóncava (**Figura 1A**). El TIV se compone del TIVm, que es una porción muscular, y el TM, que es reconocido como una porción fibrosa más pequeña (**Figura 1B**). El TIVm se divide en tres porciones de acuerdo con la vecindad con otras estructuras de ventriculares: porción de la cámara de entrada, la porción trabecular y la porción de la cámara de salida¹⁰. Respecto al TM, debido a la situación espacial de las válvulas atrioventriculares, el componente fibroso de la región septal del corazón se encuentra tanto en posición atrioventricular como entre las cavidades ventriculares; el componente atrioventricular comprende el tabique atrioventricular (TAV) en su totalidad, mientras que el componente ventricular es conocido como “tabique membranoso” del TIV¹¹. El TAV separa al atrio derecho del ventrículo izquierdo, mientras que el TM separa a los ventrículos entre sí en un pequeña porción basal-posterior, que se ubica entre las porciones de las cámaras de entrada del TIVm (**Figura 1B**)¹⁰.

La naturaleza muscular y fibrosa, así como la información sobre los campos cardiogénicos y origen del ventrículo derecho, ha dificultado establecer un consenso sobre el desarrollo del TIV. En la actualidad, se acepta que la formación del TIV implica la participación de diferentes estructuras embrionarias; en el desarrollo del TM participan los cojines del canal-AV y las crestas del *conus*, mientras que el TIVm deriva del miocardio ventricular¹⁻⁴.

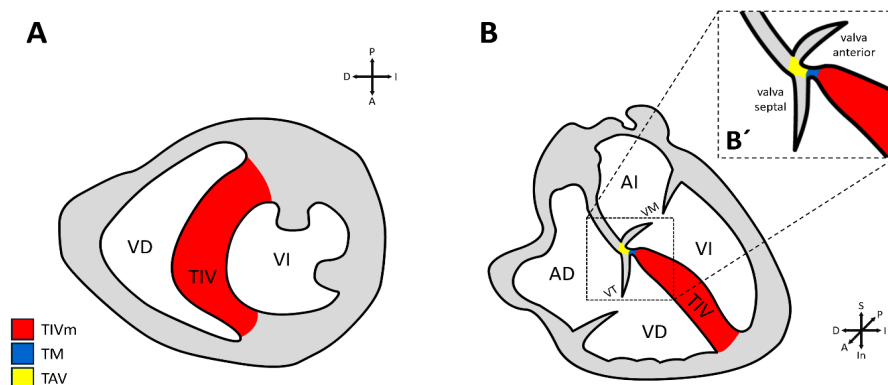


Figura 1. Tabique interventricular. A. Sección transversal del corazón al nivel de los músculos papilares. B. Sección coronal del corazón al nivel de los tractos de entrada ventriculares. B'. Acercamiento a componente fibroso de la región septal del corazón. Abreviaturas: AD = Atrio derecho, AI = Atrio izquierdo, TAV = Tabique atrioventricular, TIV = tabique interventricular, TIVm = TIV muscular, TM = Tabique membranoso, VD = Ventrículo derecho, VI = Ventrículo izquierdo, VM = Válvula mitral, VT = Válvula tricúspide.

Desarrollo del tabique interventricular muscular

La formación del TIVm comienza al final de la cuarta semana del desarrollo (CS 13) cuando una cresta miocárdica emerge de la pared apical del segmento ventricular en el región del surco bulbo-ventricular como producto de la trabeculogénesis y crecimiento de las bolsas trabeculares (**Figura 2A**)^{2,5,6}. Hasta el momento no se ha llegado a un consenso sobre el desarrollo de esta cresta miocárdica, sin embargo, se propone que su aparición y crecimiento pueden deberse al adosamiento y compactación de las trabéculas del segmento ventricular¹. Conforme avanza el desarrollo embrionario, la cresta miocárdica crece desde la pared apical del segmento ventricular hacia la cruz del corazón, y adopta una forma de arco (vista lateral) con un borde libre cóncavo y dos extremos: uno dorsal, que se continúa con el cojín dorsocaudal del canal-AV, y otro ventral, que se une con el cojín ventrocéfálico del canal-AV y la cresta sinistroventral del *conus*; en su conjunto, estas cuatro estructuras, delimitan el perímetro del foramen interventricular primario (FIVP) (**Figura 2A'**)^{1,3,4}.

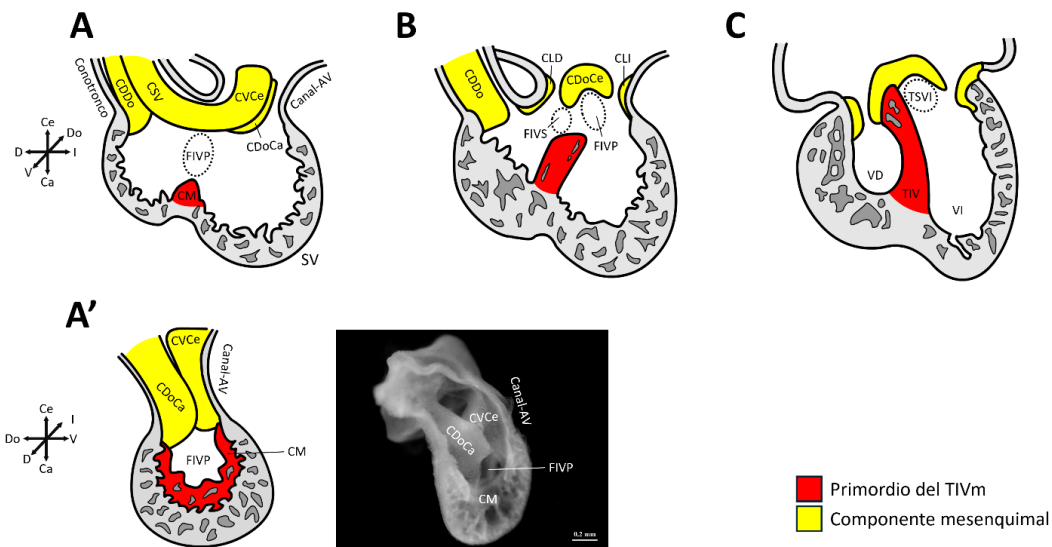


Figura 2. Tabicación interventricular. A. Concomitante con el proceso de trabeculogénesis, aparece el primordio del TIVm como una cresta miocárdica (CM). A'. La CM y el componente mesenquimal delimitan el perímetro del foramen interventricular primario (FIVP). Esquema (izquierda) y microfotografía de disección de corazón embrionario de pollo en estadio 22 de Hamburger y Hamilton²⁹ (HH) (derecha) B. A medida que avanza, el desarrollo la CM crece hacia la cruz del corazón. Además, la remodelación y fusión de los cojines del canal-AV provoca la aparición de una nueva comunicación: el foramen interventricular secundario (FIVS). C. La fusión del TIVm con tubérculo derecho del cojín dorsocaudal (CDoCa) provoca el cierre del FIVS, mientras que la FIVP permanece como el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI). Abreviaturas: CDDo = Cresta dextrodorsal, CDoCa = Cojín dorsocaudal, CLD = Cojín lateral

derecho, CLI = Cojín lateral izquierdo, CM = Cresta miocárdica, CSV = Cresta sinistroventral, CVCe = Cojín ventrocefálico, FIVP = Foramen interventricular primario, FIVS = Foramen interventricular secundario, TSVI = Tracto de salida del ventrículo izquierdo, VD = Ventrículo derecho, VI = Ventrículo izquierdo.

Desarrollo del tabique membranoso

La formación del TM y, como resultado, el cierre de la CIV embrionaria involucra la remodelación del componente mesenquimal del corazón. Existen tres eventos involucrados: 1) la fusión y remodelación de los cojines dorsocaudal y ventrocéfálico del canal-AV, 2) La incorporación del *conus* al corazón y la fusión de las crestas dextrodorsal y sinistroventral, y 3) la expansión del canal-AV y el conotronco hacia la línea media del corazón^{5,6}.

En la tercera semana del desarrollo (CS 10), el inicio de la tabicación cardiaca implica formación de los cojines del canal-AV y las crestas del *conus*, mediante la redistribución y remodelación de la gelatina cardiaca¹². Conforme avanza el desarrollo, tanto los cojines como las crestas conotroncales se rellenan de gelatina cardiaca, y son poblados por células mesenquimales derivadas del endocardio mediante un proceso conocido como transición epitelio-mesenquimal (TEM)^{13,14} (evento revisado con detalle Romero y colaboradores⁸). Al final de la cuarta semana (CS 13), se observan en el canal-AV dos cojines centrales, uno ventrocéfálico y otro dorsocaudal, y dos cojines laterales, uno derecho y otro izquierdo; mientras que, en el *conus*, se desarrollan la cresta dextrodorsal y la cresta sinistroventral (**Figura 3A**). Los cojines y las crestas, ya sea revestidos de gelatina cardiaca o mesenquimales, facilitan el bombeo del corazón embrionario sin válvulas^{12,15}.

Los cojines ventrocéfálico y dorsocaudal crecen progresivamente hasta que sus bordes vasculares se fusionan en el centro del canal-AV, lo que resulta en la formación tabique medio del canal-AV (TMC-AV) cerca del final de la quinta semana del desarrollo (CS 15), evento que divide a los tractos de entrada ventriculares (**Figura 3B**)^{16,17}. Como mencionamos anteriormente, el desplazamiento de las válvulas atrioventriculares determinan que no coincidan en el plano horizontal dentro del esqueleto fibroso; particularmente, la inserción de la valva anterior de la válvula mitral es superior a la inserción de la valva septal de la válvula tricúspide (**Figura 1B**)^{10,11}. Este desplazamiento en la inserción de las valvas atrioventriculares, se atribuye al desarrollo de protuberancias laterales en los cojines centrales del canal-AV, que inicialmente eran cuadriláteros, denominadas tubérculos derecho e izquierdo, durante el proceso de fusión; específicamente, el cojín dorsocaudal se curva en su borde caudal, de tal manera que el tubérculo derecho se posiciona también más cerca de la punta del corazón que el tubérculo izquierdo (**Figura 2B**)⁶. El desnivel en las valvas atrioventriculares delimita la región del TAV, el cual separa al atrio derecho del ventrículo izquierdo^{6,10,11}.

Después de la fusión de los cojines centrales del canal-AV, las crestas dextrodorsal y sinistroventral del *conus* comienzan a fusionarse (Figura 3C). Estudios clásicos del desarrollo cardiaco afirman que la fusión de las crestas sucede en el centro del *conus*, derivando en la formación de los tractos de salida ventriculares¹⁸⁻²¹. Sin embargo, nuestro grupo de investigación mediante marcaje selectivo y análisis anatómico e histológico en embrión de pollo demostró que las crestas se fusionan en la porción dorsal del *conus*, contribuyendo sólo en la formación del tracto de salida del ventrículo derecho y la cresta supraventricular²². En general, nuestros hallazgos proponen que el *conus* se incorpora al corazón para dar lugar al ventrículo derecho y su tracto de salida, y no desaparece por apoptosis como se había reportado²³.

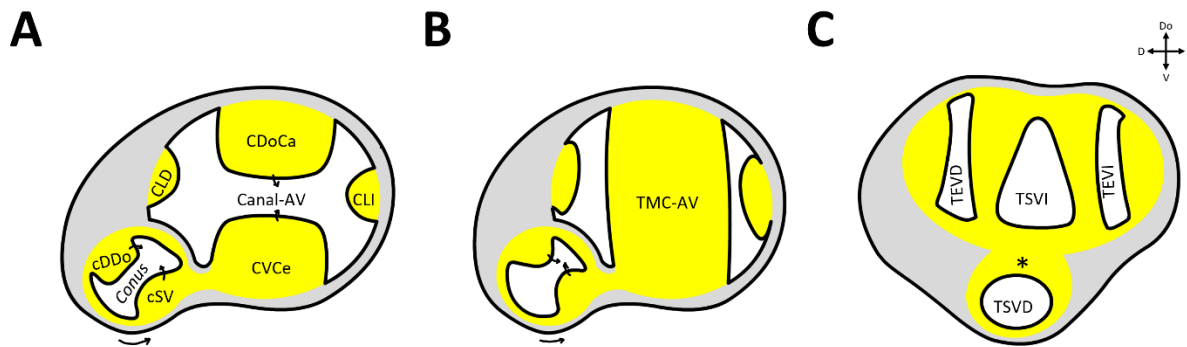


Figura 3. Remodelación de los cojines del canal-AV y de las crestas del *conus*. A. En el canal-AV se desarrollan dos cojines centrales, uno ventrocefálico (CVCe) y otro dorsocaudal (CDoCa), y dos cojines laterales, uno derecho (CLD) y otro izquierdo (CLI); mientras que, en el *conus*, se desarrollan la cresta dextrodorsal (CDDo) y la cresta sinistroventral (CSV). B. Conforme avanza el desarrollo los cojines centrales del canal-AV se fusionan y las crestas del *conus* se posicionan en la región dorsal. C. Las crestas del *conus* se fusionan en la región dorsal del *conus* (*), dividiendo a los tractos de salida ventriculares. Abreviaturas: CDDo = Cesta dextrodorsal, CDoCa = Cojín dorsocaudal, CLD = Cojín lateral derecho, CLI = Cojín lateral izquierdo, CSV = Cresta sinistroventral, CVCe = Cojín ventrocefálico, TMC-AV = Tabique medio del canal-AV, TSVD = Tracto de salida del ventrículo derecho, TSVI = Tracto de salida del ventrículo izquierdo.

Esta propuesta está respaldada por las investigaciones que demuestran que el conotronco y el ventrículo derecho derivan del segundo campo cardiogénico (SHF, *second heart field*, por sus siglas en inglés)²⁴⁻²⁶; así como la morfología del esqueleto fibroso cardíaco, donde la válvula pulmonar del tracto de salida del ventrículo derecho no se incluye y se ubica fuera del esqueleto fibroso. Lo anterior sugiere que el tracto de salida del ventrículo izquierdo se origina a partir de los cojines centrales del canal-AV en un proceso de remodelación posterior, aún no explorado que posiblemente implica reorientación del FIVP (evento discutido más adelante).

A medida que suceden los eventos de fusión y remodelación de los cojines y las crestas, el canal-AV y el conotronco, que inicialmente eran estructuras contralaterales, se expanden hacia la línea media del

corazón (Figura 4)¹. De esta manera, al final de la quinta semana del desarrollo (CS 15), el tracto de entrada del ventrículo derecho desemboca en la cavidad ventricular derecha, mientras que el tracto de entrada izquierdo lo hace en la cavidad del ventrículo izquierdo; además, el TMC-AV se alinea con el TIVm en desarrollo¹. Respecto al *conus*, los hallazgos recientes demostraron que se remodela para formar al ventrículo derecho y su tracto de salida^{22,26}, por lo que, no se alinea la base del ventrículo izquierdo (techo) como lo habían descrito los artículos clásicos¹⁸⁻²¹. Este nuevo hallazgo ha creado una nueva controversia respecto a la participación del *conus* en el cierre de la CIV embrionaria. Independientemente de esto, todavía es ampliamente aceptado que la fusión, alineación y remodelación de la mesénquima de los cojines del canal-AV y de las crestas del *conus* contribuye en el cierre del foramen interventricular y posterior formación del TM en la región cefálica del TIV.

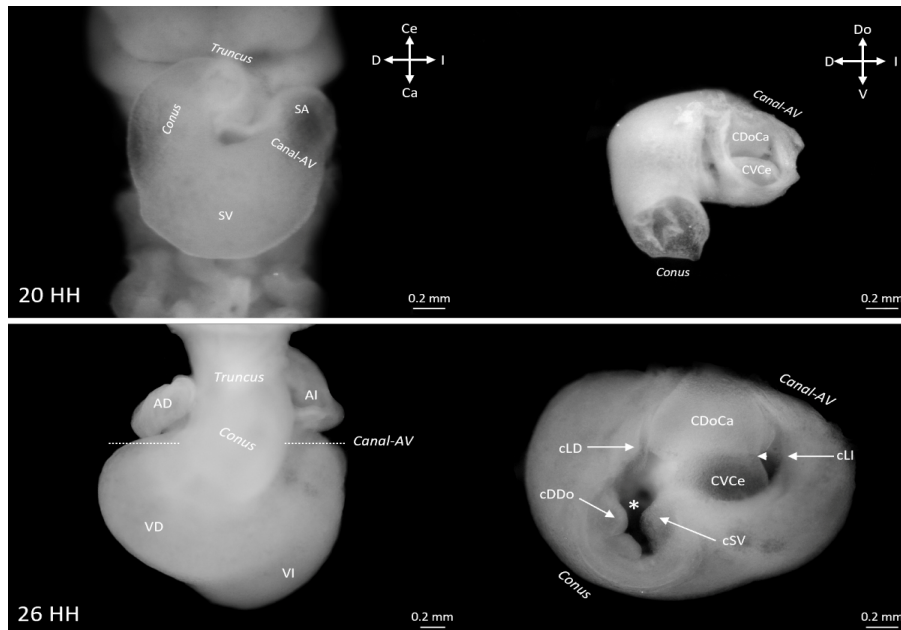


Figura 4. Desarrollo de la silueta cardiaca (izquierda), y cambios topológicos del canal-AV y el *conus* (derecha). Microfotografías de embrión de pollo en diferentes estadios.

En la sexta semana del desarrollo (CS 18), el cierre de la CIV embrionaria sucede mediante tres eventos: 1) el crecimiento completo del TIVm, 2) la contribución del tejido de las crestas del *conus* y 3) un componente membranoso derivado del tejido de los cojines del canal-AV. La remodelación y fusión de los cojines del canal-AV, así como la incorporación del *conus* al corazón, provocan la reorientación del FIVP, y la formación de una CIV embrionaria nueva a la derecha del FIVP, nombrada foramen interventricular secundario (FIVS), en la quinta semana del desarrollo (CS 15) (Figura 2B)⁶. El FIVS se encuentra delimitado cefalodorsalmente por el tubérculo derecho del cojín dorsocaudal, cefaloventralmente por el cojín ventrocefalico y la cresta

sinistroventral, y caudalmente por el borde libre del TIVm⁶. El FIVP nunca se cierra, en cambio su inclinación determina que se convierta en la parte proximal del tracto de salida izquierdo⁶. Por su parte, la región dorsal del FIVS se cierra por la fusión del cojín dorsocaudal con el extremo dorsal del TIVm, mientras que la fusión de las crestas del *conus* termina de cerrar el FIVS en su totalidad en la sexta semana del desarrollo (CS 18) (Figura 2C)⁶. De esta manera, el FIVP contribuirá en la formación del tracto de salida izquierdo, mientras que el tejido que cierra al FIVS constituirá al TM⁶. No obstante, a pesar de ser reconocidos como tabiques independientes, el TM y el TAV comparten el mismo origen embrionario, lo cual se refleja en la falta de un límite anatómico más allá del desnivel de las valvas atrioventriculares.

Contribución del segundo campo cardiogénico al tabique interventricular

La contribución del SHF al TIV no se ha establecido por completo. No obstante, experimentos de rastreo de linaje en ratones han sugerido el miocardio del TIVm tiene un origen dual proporcional, derivado tanto del ventrículo izquierdo como del ventrículo derecho^{27,28}, lo que implica la contribución del primer campo cardiogénico (FHF, *first heart field*, por sus siglas en inglés) y SHF, respectivamente. Lo anterior es coherente con la información de la remodelación del *conus* en el ventrículo derecho²² y la contribución del SHF²⁴⁻²⁶. Además, permite teorizar el desarrollo del TIVm a partir de su morfología. Analizando el plano transversal del TIVm se observa su forma curva, con su pared izquierda septal cóncava y su pared septal derecha convexa; además, la región dorsal del tabique se posiciona en la región media de la pared cardiaca dorsal, mientras que la región ventral se une a la región izquierda de la pared cardiaca ventral. Esta forma característica del TIVm sugiere que la compactación de las trabéculas y, por tanto, la formación del TIVm están relacionadas con la incorporación del *conus* al corazón. El posible mecanismo podría ser que la región trabecular ventral se desplaza hacia la izquierda, mientras que la región trabecular derecha se mantiene en la línea media cardiaca (Figura 5A-D). Como sugieren Anderson y colaboradores¹, el modelo de compactación trabecular explica la formación de múltiples defectos congénitos del TIVm, que están asociados con un proceso descrito como “ausencia de compactación del miocardio ventricular” (o “miocardiopatía no compactada”).

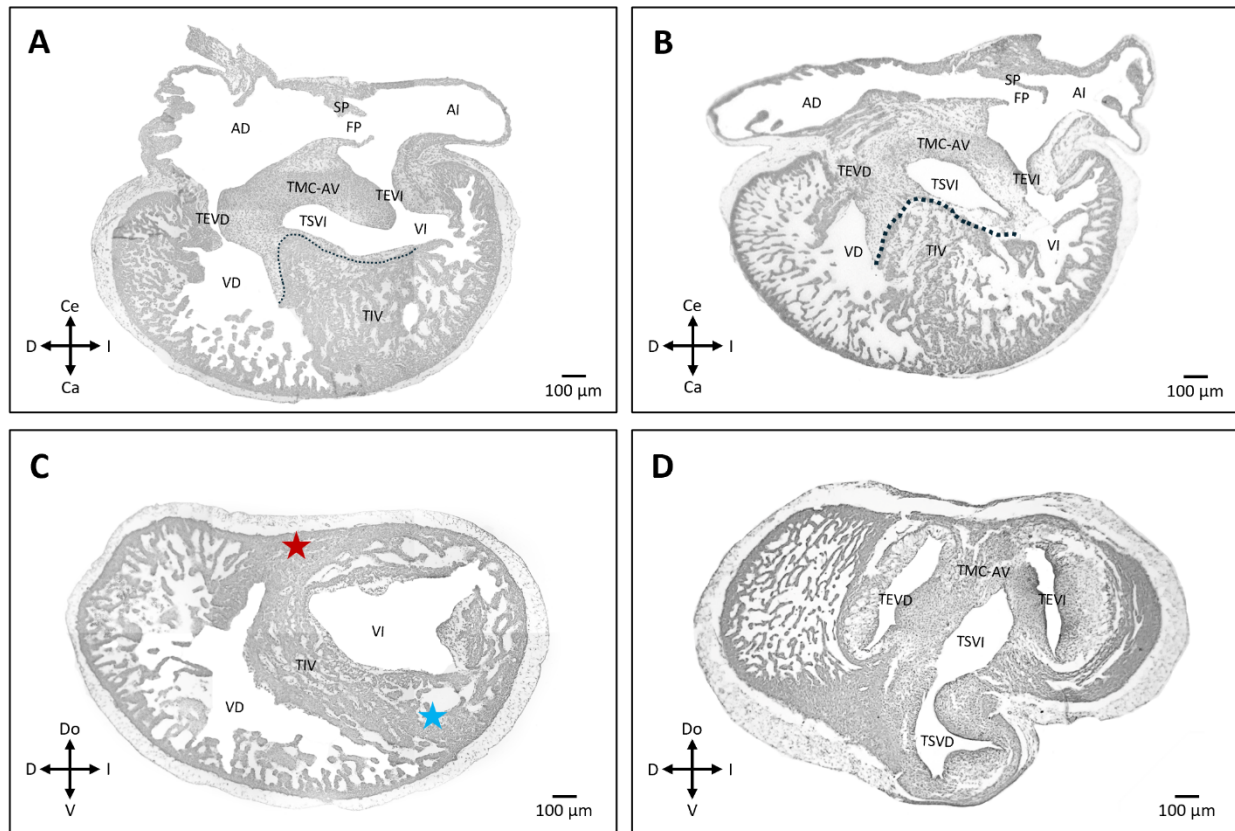


Figura 5. Anatomía del tabique interventricular (TIV) de corazón de embrionario de pollo en estadio 30HH. **A-B.** El TIV muscular (TIVm) se extiende verticalmente desde la punta cardíaca hacia la base del corazón. En su región cefálica esta recubierto (línea punteada) y en continuidad con un mesénquima asociado a la región derecha del tabique medio del canal-AV (TMC-AV). Cortes histológicos en plano coronal. **C.** Transversalmente, el TIVm es una estructura robusta y curva con una pared izquierda cóncava y otra pared derecha convexa. Además, su región dorsal se ancla en la región media de la pared cardíaca dorsal (estrella roja), mientras que su región ventral lo hace en la región izquierda de la pared cardíaca ventral (estrella azul). **D.** La remodelación del TMC-AV, junto con los cojines laterales, da origen a los tractos de entrada ventriculares y, posiblemente, al tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI). En cambio, el *conus* sólo se remodela para dar origen al tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD). Cortes histológicos en plano transversal. Abreviaturas: AD = Atrio derecho, AI = Atrio izquierdo, FP = *Foramen primum*, SP = *Septum primum*, TEVD = Tracto de entrada del VD, TEVI = Tracto de entrada del VI, TIVm = Tabique interventricular muscular, TMC-AV = Tabique medio del canal-AV, TSVD = Tracto de salida del VD, TSVI = Tracto de salida del VI, VD = Ventrículo derecho, VI = Ventrículo izquierdo.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del TIV implica la formación de dos componentes principales: el TIVm y el TM. Este proceso complejo, que comienza en las primeras semanas del desarrollo embrionario, es crucial para la correcta separación de los ventrículos del corazón. La comprensión detallada de estos eventos, sobre todo en la contribución de los campos cardiogénicos, es fundamental para mejorar el diagnóstico y tratamiento de defectos congénitos del corazón relacionados con el TIV.

REFERENCIAS

1. Anderson RH, Spicer DE, Brown NA, Mohun TJ. The development of septation in the four-chambered heart. *Anat Rec (Hoboken)*. 2014;297(8):1414-29. doi: 10.1002/ar.22949.
2. De la Cruz MV, Castillo MM, Villavicencio L, Valencia A, Moreno-Rodriguez RA. Primitive interventricular septum, its primordium, and its contribution in the definitive interventricular septum: in vivo labelling study in the chick embryo heart. *Anat Rec*. 1997;247(4):512-20. doi: 10.1002/(SICI)1097-0185(199704)247:4<512::AID-AR10>3.0.CO;2-S.
3. De la Cruz MV, Giménez-Ribotta M, Saravalli O, Cayré R. The contribution of the inferior endocardial cushion of the atrioventricular canal to cardiac septation and to the development of the atrioventricular valves: study in the chick embryo. *Am J Anat*. 1983;166(1):63-72. doi: 10.1002/aja.1001660105.
4. García-Peláez I, Díaz-Góngora G, Martínez MA. Contribution of the superior atrioventricular cushion to the left ventricular infundibulum. Experimental study on the chick embryo. *Acta Anat (Basel)*. 1984;118(4):224-30.
5. Sadler, TW. Sistema cardiovascular. En *Langman. Embriología médica*. 14ª edición. Wolters Kluwer, España, 2019. pp 297-365.
6. Arteaga M, García MI, Sánchez C. Desarrollo del sistema cardiovascular. En Arteaga M, García MI. *Embriología humana y biología del desarrollo*. 3ª edición. Editorial Médica Panamericana, México, 2021. pp 351-407.
7. Márquez-González H, Yáñez-Gutiérrez L, Rivera-May JL, López-Gallegos D, Almeida-Gutiérrez E. Análisis demográfico de una clínica de cardiopatías congénitas del Instituto Mexicano del Seguro Social, con interés en el adulto. *Arch Cardiol Mex*. 2018;88(5):360-368. doi: 10.1016/j.acmx.2017.09.003.
8. Romero B, Ronces E, Lazzarini E. Tabicación cardíaca normal. I. Desarrollo del tabique interatrial. *Rev Panam Morf*. 2023;1(2): 29-35.
9. O’Rahilly R, Müller F. Developmental stages in human embryos: including a revision of Streeter’s “horizons” and a survey of the Carnegie Collection. Carnegie Institution of Washington Publication, Washington, DC, 1987.
10. Anderson RH, Becker AE. *Atlas fotográfico de anatomía cardíaca*. Doyma, Barcelona, 1981.
11. De Almeida MC, Sanchez-Quintana D, Anderson RH. The membranous septum revisited: A glimpse of our anatomical past. *Clin Anat*. 2021;34(2):178-186. doi: 10.1002/ca.23599.

12. Männer J, Yelbuz TM. Functional Morphology of the Cardiac Jelly in the Tubular Heart of Vertebrate Embryos. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2019;6(1):12. doi: 10.3390/jcdd6010012.
13. Kinsella MG, Fitzharris TP. Origin of cushion tissue in the developing chick heart: cinematographic recordings of in situ formation. *Science.* 1980;207(4437):1359-60. doi: 10.1126/science.7355294.
14. Gong H, Lyu X, Wang Q, Hu M, Zhang X. Endothelial to mesenchymal transition in the cardiovascular system. *Life Sci.* 2017;184:95-102. doi: 10.1016/j.lfs.2017.07.014.
15. Patten BM, Kramer TC, Barry A. Valvular action in the embryonic chick heart by localized apposition of endocardial masses. *Anat Rec.* 1948;102(3):299-311. doi: 10.1002/ar.1091020305.
16. Wessels A, Markman MW, Vermeulen JL, Anderson RH, Moorman AF, Lamers WH. The development of the atrioventricular junction in the human heart. *Circ Res.* 1996;78(1):110-7. doi: 10.1161/01.res.78.1.110.
17. Wessels A, Sedmera D. Developmental anatomy of the heart: a tale of mice and man. *Physiol Genomics.* 2003;15(3):165-76. doi: 10.1152/physiolgenomics.00033.2003.
18. Kramer TC. The partitioning of the truncus and conus and the formation of the membranous portion of the interventricular septum in the human heart. *American Journal of Anatomy.* 1942;71(3):343-370.
19. De Vries PA, Saunders JB de CM. Development of the ventricles and spiral outflow tract in the human heart. A contribution to the development of the human heart from age group IX to age group XV. *Contrib Embryol.* 1962;256:89-114.
20. Goor DA, Edwards JE, Lillehei CW. The development of the interventricular septum of the human heart; correlative morphogenetic study. *Chest.* 1970;58(5):453-67. doi: 10.1378/chest.58.5.453.
21. De la Cruz MV, Sánchez Gómez C, Arteaga MM, Argüello C. Experimental study of the development of the truncus and the conus in the chick embryo. *J Anat.* 1977;123(Pt 3):661-86.
22. Lazzarini R, Gómez-Quiroz LE, González-Márquez H, Villavicencio-Guzmán L, Salazar-García M, Sánchez-Gómez C. The proximal segment of the embryonic outflow (conus) does not participate in aortic vestibule development. *PLoS One.* 2018;13(12):e0209930. doi: 10.1371/journal.pone.0209930.
23. Watanabe M, Jafri A, Fisher SA. Apoptosis is required for the proper formation of the ventriculo-arterial connections. *Dev Biol.* 2001;240(1):274-88. doi: 10.1006/dbio.2001.0466.
24. Kelly RG, Brown NA, Buckingham ME. The arterial pole of the mouse heart forms from Fgf10-expressing cells in pharyngeal mesoderm. *Dev Cell.* 2001;1(3):435-40. doi: 10.1016/s1534-5807(01)00040-5.
25. Zaffran S, Kelly RG, Meilhac SM, Buckingham ME, Brown NA. Right ventricular myocardium derives from the anterior heart field. *Circ Res.* 2004;95(3):261-8. doi: 10.1161/01.RES.0000136815.73623.BE.

26. Rana MS, Horsten NC, Tesink-Taekema S, Lamers WH, Moorman AF, van den Hoff MJ. Trabeculated right ventricular free wall in the chicken heart forms by ventricularization of the myocardium initially forming the outflow tract. *Circ Res.* 2007;100(7):1000-7. doi: 10.1161/01.RES.0000262688.14288.b8.
27. Meilhac SM, Esner M, Kerszberg M, Moss JE, Buckingham ME. Oriented clonal cell growth in the developing mouse myocardium underlies cardiac morphogenesis. *J Cell Biol.* 2004;164(1):97-109. doi: 10.1083/jcb.200309160.
28. Franco D, Meilhac SM, Christoffels VM, Kispert A, Buckingham M, Kelly RG. Left and right ventricular contributions to the formation of the interventricular septum in the mouse heart. *Dev Biol.* 2006;294(2):366-75. doi: 10.1016/j.ydbio.2006.02.045.
29. Hamburger V, Hamilton HL. A series of normal stages in the development of the chick embryo. *J Morphol.* 1951; 88(1): 49-92.

Técnicas electivas de baja toxicidad para la preservación de placentas humanas

José Darío Rojas Oviedo^{1*}, Juan David Quintero Ceballos², Maira Alejandra López Fajardo², Luisa Fernanda Lozada Medina², Daiana Marcela Gómez Loaiza² y Edgar Augusto Valenzuela Aguirre³

1. Md. MSc. Coordinador de Ciencias Morfológicas. Fundación Universitaria Navarra. Neiva, Colombia
2. Estudiante Licenciatura en Medicina. Fundación Universitaria Navarra. Neiva, Colombia
3. Técnico del Laboratorio de Anatomía. Fundación Universitaria Navarra. Neiva, Colombia

***Autor de correspondencia**

José Darío Rojas Oviedo
darojaso@gmail.com
Teléfono: +57 3107789304

RESUMEN

La ausencia de estudios de evaluación sistemática de la placenta humana en Colombia y la necesidad de conservarlas en condiciones de baja o nula toxicidad despiertan nuestro interés, reconociendo su importancia en el desarrollo embriofetal. En nuestro laboratorio de Anatomía, a partir de experiencias previas incluyendo algunas propias, se plantearon intervenciones al respecto. El objetivo de este trabajo fue conservar placentas con métodos de muy baja toxicidad y relativa practicidad que validaran su efectividad y permitieran su inclusión en actividades académicas. Se obtuvieron 4 placentas, las cuales se lavaron profusamente para inactivación de riesgos biológicos y liberación de lechos vasculares. Dos de ellas se perfundieron vascularmente con solución fijadora conservadora chilena y posteriormente se sumergieron en la misma mezcla. En las restantes se realizó repleción vascular con látex coloreado y se deshidrataron para impregnación final en glicerina. Todas las muestras se mantuvieron en sus respectivas soluciones y al cabo de 6 meses se observaron adecuadas condiciones de conservación sin signos de descomposición y con un aspecto agradable que permitió el adecuado desarrollo de la actividad práctica con el reconocimiento de sus estructuras vasculares y del parénquima. Se concluyó que las dos alternativas técnicas implementadas permitieron una preservación adecuada y el realce de características morfológicas placentarias muy importantes para el adecuado proceso formativo y posibles futuros proyectos de investigación con correlación básico-clínica.

Palabras clave: Placenta, preservación, repleción, glicerinado.

ABSTRACT

The absence of systematic evaluation studies of the human placenta in Colombia and the need to preserve them in conditions of low or no toxicity arouse our interest, recognizing their importance in embryofetal development. In our Anatomy laboratory, based on previous experiences, including some of our own, interventions were proposed in this regard. The objective of this work was to preserve placentas with methods of very low toxicity and relative practicality that would validate their effectiveness and allow their inclusion in academic activities. Four placentas were obtained, which were washed profusely to inactivate biological risks and release vascular beds. Two of them were vascularly perfused with Chilean conservative fixative solution and subsequently immersed in the same mixture. In the remaining cases, vascular filling was performed with colored latex, and they were dehydrated for final impregnation in glycerin. All samples were kept in their respective solutions and after 6 months adequate conservation conditions were observed without signs of decomposition and with a pleasant appearance that allowed the adequate development of practical activity with the recognition of their vascular structures and parenchyma. It was concluded that the two technical alternatives implemented allowed adequate preservation and enhancement of placental morphological characteristics that were very important for the adequate training process and possible future research projects with basic-clinical correlation.

Keywords: Placenta, preservation, repletion, glycerination.

INTRODUCCIÓN

El indiscutible protagonismo de la placenta en el adecuado proceso de desarrollo embriofetal, a través de sus funciones nutricional, metabólica, respiratoria y endocrina¹⁻⁴, y su alta disponibilidad en los servicios clínicos de obstetricia, contrasta con los escasos estudios en Colombia que permitan identificar de manera sistemática y debidamente estandarizada las características básicas estructurales y morfométricas en condiciones normales. En cuanto a la inclusión de las placentas en la docencia en morfología humana, tampoco se documentan muchas investigaciones al respecto, siendo más común en ocasiones hallar trabajos orientados en este aspecto en el ámbito veterinario⁵.

En el contexto humano el origen de algunos estudios placentarios está relacionado con situaciones patológicas que comprometen el curso de la gestación y sus resultados⁶⁻⁸, ya que se generan con el fin de establecer posibles asociaciones con patologías del ámbito materno fetal como restricción del crecimiento intrauterino^{6,7}, diabetes gestacional⁸ o trastornos hipertensivos asociados al embarazo^{1,9}, entre otras. En la bibliografía de Colombia solo se encuentran esporádicos reportes de evaluación placentaria en

situaciones muy particulares como dismorfología fetal, pérdidas gestacionales de etiología no clara y algunos de ruptura prematura de membranas^{10,11}.

La baja o en muchos casos nula presencia de este órgano en laboratorios docentes, se relaciona con un aspecto que compromete por igual a todo el material biológico y es el tema de su conservación. Es aún muy frecuente el uso de formaldehído a pesar de sus reconocidas implicaciones en la salud humana^{12,13}, como también en el aspecto y textura de las muestras, sin desconocer su importante rol en la inhibición de la proliferación de microorganismos. Aunque vale mencionar que no todas las instituciones cuentan con recursos y disposición para adoptar el uso de métodos optativos que reduzcan o eliminen todos estos efectos adversos, pero si se hace imperativo considerarlo.

En el laboratorio de Anatomía de la Fundación Universitaria Navarra en Neiva, Colombia, se han implementado técnicas alternativas al uso del formaldehído con resultados favorables, como lo evidencia la conservación de cadáveres humanos con solución fijadora conservadora del profesor Alberto Rodríguez de la Universidad de Chile e introducida a Colombia en el año 2009¹⁴. Estos cuerpos se encuentran en muy buenas condiciones, a pesar de su uso en actividades docentes e investigativas luego de entre 5 y 7 años desde su deceso.

A partir de esta experiencia se está llevando a cabo un proceso transicional hacia la reducción y potencial sustitución definitiva del formaldehído con otros métodos como la técnica de “Restauración de componentes anatómicos”, creada en Colombia en el año 2011¹⁵ e implementada en nuestro laboratorio desde el año 2022 con resultados igualmente positivos en la optimización del aspecto y textura de órganos de los diferentes aparatos corporales, para su posterior inclusión en la solución chilena. Lo anterior ha permitido un entorno libre de olores irritantes y reducción de emanaciones hacia el medio ambiente.

A pesar de éstos trabajo de conservación con solución chilena y de “restauración de componentes anatómicos” y otras técnicas implementadas en nuestro laboratorio, no se dispone de placentas que permitan su inclusión en el desarrollo de actividades docentes para el reconocimiento de su vascularización y parénquima y que permitan que el estudiante de pregrado se familiarice con la morfología en una instancia previa a sus rotaciones en el área obstétrica, lo cual se espera a futuro redunde en una formación académica más sólida e integral de nuestros educandos.

Otro aspecto muy importante tiene que ver con el carácter predominantemente vascular de la placenta, razón por la cual para su estudio de manera ideal debe considerarse la visualización lo más detallada posible de sus lechos arteriales y venosos. Este reconocimiento más claro se puede lograr mediante la repleción de dichos espacios con diferentes polímeros coloreados, lo cual ha sido implementado con éxito en otros laboratorios facilitando igualmente el contexto pedagógico.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se plantea la necesidad de disponer en nuestra institución de este valioso recurso y apostar mediante la implementación de algunos métodos que permitan su mantenimiento en ambientes libres de emanaciones irritantes pero que garanticen de forma adecuada la preservación en ausencia de descomposición y sin proliferación de microorganismos.

El objetivo de este trabajo fue implementar dos técnicas anatómicas en la conservación de placentas humanas; la solución fijadora conservadora chilena y la repleción glicerinado, y evaluar su adecuada preservación en el tiempo para su posterior inclusión en actividades prácticas en los cursos de ciencias morfológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante un diseño experimental se implementaron dos técnicas de conservación en las placentas recolectadas previo consentimiento informado y amparados en la aprobación del comité interinstitucional de ética con referencia número 279 del 2020 y con el aval del convenio 01 del 4 de noviembre de 2022, suscrito entre la entre la Fundación universitaria Navarra y la clínica Medilaser, siendo este un ensayo piloto que se realiza mediante muestreo por conveniencia la selección de las placentas en las salas de partos de la Clínica Medilaser.

Se obtuvieron 4 placentas de embarazos únicos a término sin complicaciones, las cuales se depositaron inicialmente en solución acuosa de hipoclorito de sodio y cloruro de sodio al 1% para inactivación de riesgo biológico e inducción de hemólisis que facilitara la liberación de sus lechos vasculares. Posteriormente, se realizó lavado exhaustivo con nueva preparación de la misma solución mediante inyección directa de los lechos vasculares desde el cordón umbilical en reiteradas ocasiones hasta obtener la mayor claridad posible en el retorno del líquido perfundido y se dejaron drenar a temperatura ambiente por al menos dos horas.

Dos de estas placentas se sumergieron en la solución fijadora conservadora, la cual está compuesta en un 48% por una mezcla acuosa de cloruro de sodio y urea, a la cual se le adiciona 24% de glicerina pura, 16% de alcohol etílico al 96%, 10% de cloruro de benzalconio al 50% y 2% de formaldehído al 37%.

Las otras dos placentas previa canalización de sus vasos en el cordón, se repletaron con látex coloreado azul y rojo para las arterias y vena, respectivamente. Dicha repleción se realizó, mientras están sumergidas en alcohol etílico al 96% para controlar posibles fugas del material y posteriormente se mantienen inmersas por una semana para facilitar el proceso de curado del caucho. Al cabo de una semana se realizaron cambios sucesivos con la misma periodicidad en 3 ocasiones y posteriormente se pasaron a

impregnación por inmersión en glicerina, con recambios semanales por un mes más hasta su conservación de manera definitiva en una mezcla de glicerina y alcohol etílico en proporciones 70/30 volumen/volumen. Se realizó registro fotográfico del proceso y se revisaron periódicamente las muestras para evaluar la adecuada conservación sin evidencia de proliferación de microorganismos o signos físicos de descomposición y al cabo de seis meses de conservación se incluyeron en una actividad académica sobre morfología placentaria con un grupo de estudiantes de los cursos de anatomía y embriología del programa de medicina.

RESULTADOS

La implementación de las técnicas propuestas la conservación en solución fijadora chilena y la repleción para conservación final en glicerina, se desarrolló sin contratiempos, lo cual permitió obtener adecuados resultados y conservar en las mejores condiciones posibles la estructura macroscópica de estos órganos y su inclusión al menos de manera preliminar y experimental en procesos docentes.

En el caso de la solución fijadora conservadora se visualizaron lechos vasculares permeables y su distribución amplia en toda la superficie fetal de la placenta a pesar de la limitante de una diferenciación clara entre lecho arterial y venoso por ausencia de dicho llenado con el látex. De igual forma, se conservaron al menos parcialmente, las membranas de protección embriofetal y en la cara fetal se logró una aceptable discriminación de los límites entre los cotiledones permitiendo la identificación de estas importantes estructuras para el proceso académico del médico en formación (**Figura 1**).



Figura 1. Cara fetal y materna de placentas preservadas en Solución fijadora conservadora chilena.

En cuanto a las placentas sometidas a la repleción se obtuvo un adecuado y suficiente proceso de permeación de látex, el cual sumado al proceso posterior de deshidratación e impregnación en glicerina, permitió diferenciar de manera clara los lechos arteriales y venosos entre sí, así como su amplia extensión por todo el órgano. Al igual que en el caso de las muestras conservadas en solución fijadora los cotiledones y parte de las membranas fueron aceptablemente susceptibles de reconocimiento macroscópico (Figura 2).



Figura 2. Cara fetal y materna de placentas preservadas por repleción glicerinado.

En los dos casos al cabo de 6 meses de preservación por inmersión en los dos tipos de soluciones, las muestras encontraron en adecuadas condiciones, sin signos de alteración alguna en cuanto a su olor o percepción visual o táctil sugiriendo así una inhibición adecuada de la proliferación de microorganismos que afecten su estructura.

Teniendo en cuenta esta favorable evolución del material intervenido, se realizó una pequeña actividad donde los estudiantes, previa fundamentación teórica sobre aspectos morfológicos y vasculares básicos, validaron dichos conceptos mediante la interacción con las placentas en un ambiente libre de emanaciones irritantes, favoreciendo así un adecuado desarrollo de la actividad. Se percibió una adecuada receptividad y favorabilidad por parte del grupo de estudiantes manifiesta en el interés mostrado y en la facilidad con la que identificaron las estructuras, teniendo en cuenta que en el aspecto vascular las placentas repletadas superaron a las de la solución chilena (Figura 3).



Figura 3. Desarrollo de la actividad práctica con estudiantes.

DISCUSIÓN

La importancia de la placenta y del conocimiento de su estructura es esencial en el proceso de formación de los profesionales de la salud, y ante la ausencia de publicaciones que documenten experiencias similares en Colombia, se plantea el desarrollo de este trabajo como un potencial preámbulo para diversas iniciativas académico-investigativas.

En la bibliografía latinoamericana se destaca en el cono sur y en particular en Chile una serie de trabajos que inician desde el año 2007 en el campo de técnicas alternativas al formaldehído, como son la repleción con posterior corrosión del parénquima¹⁶, lo cual permite una adecuada visualización de los moldes vasculares, pero limita la identificación de todas las demás características morfológicas. Por esta razón en el presente trabajo no se incluyó la técnica de corrosión, pues consideramos que, a pesar del carácter vascular del órgano, uno de los detalles más importantes es la caracterización de los cotiledones y la correlación con la localización de las membranas.

De otra parte, el mismo grupo de trabajo en 2010 desarrolló un blog académico sobre placentas como complemento a las potenciales limitantes que tienen los trabajos en laboratorio y la conservación de muestras¹⁷. Este ejemplo, sin duda es una interesante apuesta, pero que al igual que otros muy novedosos y modernos recursos tecnológicos informáticos, generan controversias. En este aspecto hay diversidad de

softwares disponibles y plataformas digitales actualmente en uso general en el área anatómica humana con algunos resultados que señalan no encontrar diferencias significativas entre los dos procesos al compararlo con el material cadavérico¹⁸, mientras que otros definitivamente prefieren el material humano real¹⁹. Aunque muy seguramente nunca habrá unanimidad, lo evidente es que la identificación y trabajo final del profesional en salud siempre será en cuerpos reales y que dichos recursos tecnológicos solo podrán complementar el trabajo previo o paralelo con cadáveres reales.

En concordancia con estos detalles retomamos el seguimiento a la trayectoria chilena sobre material biológico, quienes, en fecha más reciente, han implementado modernas técnicas como la plastinación en placentas previa repleción con látex coloreado²⁰. A pesar de reconocer el auge de dicha técnica, la restricción legal al uso de la acetona en Colombia, en volúmenes suficientes para el desarrollo de estas actividades, es una de las limitantes para los procesos de deshidratación y desengrasado esenciales para una posterior impregnación de adecuada calidad. Por estos motivos, la plastinación tampoco fue considerada como una técnica viable para nuestro entorno, además de la infraestructura requerida y los elevados costos de importación de sus insumos. Por el contrario, las experiencias positivas obtenidas desde 2009 en nuestro país con la solución fijadora conservadora del profesor Rodríguez¹⁴, la evidencia propia en el laboratorio de la universidad con cadáveres, y la practicidad en la preparación y reducción de efectos nocivos, nos permitieron apostar a un resultado favorable como el que efectivamente se obtuvo en la preservación en las buenas condiciones ya mencionadas.

La repleción con látex se tuvo en cuenta, a partir de las experiencias ya mencionadas y de otros trabajos que se vienen desarrollando en nuestro país, desde hace varios años con acciones adicionales al llenado vascular, las cuales optimizan la visualización del látex realizando los relieves arteriovenosos facilitando su identificación por parte de los estudiantes²¹. Este realce de detalles es una ventaja significativa que facilita tanto al docente como al educando no solo el reconocimiento de la estructura, sino su adecuada correlación funcional en torno a una circulación tan especial y particular como es la fetoplacentaria.

A pesar de la evidente diferencia entre las dos técnicas implementadas en la presente iniciativa, en cuanto a la ventaja generada por la repleción respecto al realce y diferenciación de las estructuras vasculares se incluyeron ambos procedimientos, teniendo en consideración que perfundir material dentro un vaso sanguíneo, conducto o cavidad requiere entrenamiento y destreza con las cuales no siempre cuenta el personal que trabaja en laboratorios de anatomía.

La combinación de repleción y glicerinado es más compleja y toma más tiempo que la corrosión, pero a diferencia de ésta última, es menos riesgosa y conserva el parénquima lo cual es una ventaja muy importante en nuestra elección. De igual forma la impregnación en glicerina frente a plastinación tiene

varias ventajas, en primer lugar, es mucho más económica y práctica y el material obtenido es susceptible de manipulación libre de la rigidez propia de los plastinados.

En cuanto a ensayos previos acerca de conservación de placentas comparando soluciones fijadoras con y sin formol citaremos aquí la experiencia uruguaya²², en la cual frente a la solución de Montevideo que incluye en su fórmula al aldehído fórmico, se observaron mejores resultados al emplear la solución de Prives que no posee dicha sustancia, pero si contiene timol que también presenta efectos irritantes y corrosivos. En fechas más recientes y en nuestro país, se ha puesto a prueba la efectividad de la solución chilena²³, y aunque el material incluido aquí fueron órganos animales, diferentes a placentas, los hallazgos encontrados sumaron a nuestra decisión de seguir optando por ella.

Finalmente es importante aclarar que cualquier método empleado, en cifras cuantitativas absolutas, tiene un valor monetario superior al formaldehído, pero en términos de costo-efectividad y riesgo beneficio las dos metodologías desarrolladas tienen la enorme ventaja de que posterior a su intervención no requieren mantenimiento alguno pues la conservación a largo plazo no requiere recambio de sus soluciones al menos en un largo período de tiempo. Esto sin hablar de los beneficios en salud ocupacional, impacto ambiental y generación de espacios más agradables y cómodos para el ejercicio pedagógico.

CONCLUSIONES

A pesar del pequeño tamaño muestral de este primer ensayo, se evidencia que es posible conservar material placentario en buenas condiciones sin depender exclusivamente del formaldehído, con dos opciones a sugerir acorde a la disponibilidad de recursos y de capacitación de personal y por ello mismo, se convierte en la base de futuras investigaciones que permitan ampliar y diversificar el número de metodologías de conservación, siempre con el objetivo común de disminuir la toxicidad y optimizar la identificación de la morfología facilitando los procesos académico formativos.

REFERENCIAS

1. Khorami-Sarvestani S, Vanaki N, Shojaeian S, Zarnani K, Stensballe A, Jeddi-Tehrani M, Zarnani AH. Placenta: an old organ with new functions. *Front Immunol.* 2024;15:1385762. doi: 10.3389/fimmu.2024.1385762.
2. Henriksen T, Sajjad MU, Haugen G, Michelsen TM. Placental energy metabolism: Evidence for a placental-maternal lactate-ketone trade in the human. *Placenta.* 2024;148:31-37. doi: 10.1016/j.placenta.2024.01.020.

3. Chappell J, Aughwane R, Clark AR, Ourselin S, David AL, Melbourne A. A review of feto-placental vasculature flow modelling. *Placenta*. 2023;142:56-63. doi: 10.1016/j.placenta.2023.08.068
4. Cindrova-Davies T, Sferruzzi-Perri AN. Human placental development and function. *Semin Cell Dev Biol*. 2022 131:66-77. doi.org/10.1016/j.semcdb.2022.03.039
5. Vistarop V.A., Pitte V.S., Piacentini S.M. y Lozano E. Enseñanza de placenta desde una perspectiva modelizadora, en la materia Histología y Embriología de la carrera de Medicina Veterinaria, UNRN. *Vt [Internet]*. 19 de diciembre de 2023 [citado 26 de mayo de 2024];4(3):38-9. Disponible en: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/Vetec/article/view/8033>
6. Sun C, Groom KM, Oyston C, Chamley LW, Clark AR, James JL. The placenta in fetal growth restriction: What is going wrong? *Placenta*. 2020;96:10-18. doi: 10.1016/j.placenta.2020.05.003
7. Prieto G, Matamala F, Rojas M. Morphometric and morphological characteristics of the placenta at term, in small for gestational age newborns (SGA) in the city of Temuco-Chile Características morfológicas y morfométricas de la placenta de término, en recién nacidos pequeños para la edad [Internet]. Santiago, Chile: Universidad de Chile;2008[citado: 2024, mayo]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/165916>
8. Bedell S, Hutson J, de Vrijer B, Eastabrook G. Effects of Maternal Obesity and Gestational Diabetes Mellitus on the Placenta: Current Knowledge and Targets for Therapeutic Interventions. *Curr Vasc Pharmacol*. 2021;19(2):176-192. doi: 10.2174/1570161118666200616144512.
9. Tossetta G. Special Issue "Physiology and Pathophysiology of Placenta 2.0". *Int J Mol Sci*. 2024;25(9):4586. doi: 10.3390/ijms25094586.
10. Cortés Hernán, Muñoz Henry. Utilidad clínica del estudio anatomopatológico de la placenta en el Hospital Universitario San Vicente de Paúl. *Rev Colomb Obstet Ginecol [Internet]*. 2007 Mar[cited 2024 May 29]; 58(1):60-64.Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74342007000100009&lng=en.
11. Mejía Fabián Andrés, Hernández-Flórez Cristhian Eduardo, Sandoval Diana Katherine. Características histopatológicas de placentas en condiciones de ruptura prematura de membranas fetales pretérmino en un hospital universitario de Colombia. *Ginecol. obstet. Méx. [revista en la Internet]*. 2021 [citado 2024 Mayo 29]; 89(3):212-221. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0300-90412021000300005&lng=es. Epub 11-Feb-2022. <https://doi.org/10.24245/gom.v89i3.4695>.
12. Adamović, D., Čepić, Z., Adamović, S., Stošić, M., Obrovski, B., Morača, S., y Vojinović Miloradov, M. (2021). Occupational Exposure to Formaldehyde and Cancer Risk Assessment in an Anatomy

- Laboratory. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11198. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111198>,
13. Jalali, M., Moghadam, S. R., Baziar, M., Hesam, G., Moradpour, Z., y Zakeri, H. R. (2021). Occupational exposure to formaldehyde, lifetime cancer probability, and hazard quotient in pathology lab employees in Iran: a quantitative risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(2), 1878-1888. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10627-0>
 14. V Congreso Colombiano De Morfología. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2010 Mar [cited 2024 May 29]; 28(1):337-338. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022010000100050&lng=en. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022010000100050>.
 15. Rojas Oviedo J.D. Restauración de componentes anatómicos y especímenes cadavéricos previamente conservados en formaldehído. Libro de Resúmenes del 48º Congreso Argentino de Anatomía LXVIII Congreso Argentino de Anatomía. 1º Congreso Internacional de Anatomía. 3º Jornadas Argentinas de Anatomía para Estudiantes de las Ciencias de la Salud -Santo Tomé, Corrientes, Argentina. Octubre de 2011. *Bibliografía Anatómica 2011*, Volumen 48, Número 1, pp. 90-91 ISSN en línea 1852-3889 Available from: <https://studylib.es/doc/7927212/libro%20de%20resumenes>
 16. Bustamante A María Fabiola, Prieto Gómez Ruth Haydée, Binignat Gutiérrez Octavio. Preservación de Placenta Humana: Técnica Anatómica. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2007 Sep [citado 2024 Mayo 29]; 25(3):545-548. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022007000300011&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022007000300011>.
 17. Prieto Ruth, Smok Carolina, Rojas Mariana. Experiencias de Blog: Placenta Comparada. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2011 Jun [citado 2024 Mayo 29]; 29(2):432-435. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022011000200022&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022011000200022>.
 18. Ail G, Freer F, Chan CS, Jones M, Broad J, Canale GP, et al. A comparison of virtual reality anatomy models to prosections in station-based anatomy teaching. *Anat Sci Educ*. 2024; 00: 1–7. <https://doi.org/10.1002/ase.2419>
 19. Mutalik M, Belsare S. Methods to learn human anatomy: perceptions of medical students in paraclinical and clinical phases regarding cadaver dissection and other learning methods. *Int J Res Med Sci* [Internet]. 2017 Jan. 3 [cited 2024 May 29]; 4(7):2536-41. Available from: <https://www.msjonline.org/index.php/ijrms/article/view/962>

20. Prieto Ruth, Vargas Claudia Andrea, Veuthey Carlos, Aja-Guardiola Santiago, Ottone Nicolás Ernesto. Conceptos Fundamentales del Protocolo Modificado de Plastinación a Temperatura Ambiente con Silicona, con Posterior Pigmentación, y su Aplicación para la Conservación de Placenta Humana. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2019 [citado 2024 Mayo 22]; 37(1):369-374. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022019000100369&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022019000100369>.
21. V CONGRESO COLOMBIANO DE MORFOLOGÍA. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2010 Mar [citado 2024 Mayo 29]; 28(1):338. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022010000100050&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022010000100050>.
22. Wolff Daniel, Villa Pablo, Neirreitter Alejandra, Ruibal Cecilia, Ugon Gustavo Armand, Salgado Guillermo et al. Estudio Comparativo entre Soluciones Conservadoras con y sin Formol en Placenta Humana. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2012 Jun [citado 2024 Mayo 29]; 30(2):432-438. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022012000200013&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022012000200013>.
23. Muñetón-Gómez César Alfonso, Molina-Clavijo Mayra Alejandra, Sarabia-Guerrero Danuil, Poveda-Pisco Juan Carlos. Use of Chilean Conservative Fixative Solution in Veterinary Anatomical Parts. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2021 Feb [citado 2024 Mayo 29]; 39(1):164-166. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022021000100164&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022021000100164>.

El efecto de los andrógenos sobre el cáncer de mama triple negativo

Rivas Serrano María Guadalupe¹, Pablo Damián-Matsumura², René Moshé Rivera-Escobar², Javier Esteban Jiménez-Salazar^{2*}

1. Licenciatura en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
2. Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.

***Autor de Correspondencia:**

Javier Esteban Jiménez-Salazar
bioquimicajejs@hotmail.com
Tel.: 5558044600 Ext: 2722

RESUMEN

El cáncer de mama triple negativo (CMTN) representa del 15 al 20% de todos los subtipos de cáncer de mama (CaM). Además de la falta de la expresión de los receptores de estrógenos (RE), progesterona (RP) y del factor de crecimiento epidérmico tipo 2 (HER2), se caracteriza por su agresividad, alto grado tumoral y su gran capacidad de generar metástasis. En la actualidad no existen terapias dirigidas aprobadas contra este tipo de tumor, por lo cual es importante generar estrategias específicas, que se basen en atacar nuevos blancos terapéuticos que permitan contrarrestar esta enfermedad. Actualmente se ha descrito la posible participación del receptor de andrógenos (RA) en la progresión del CMTN. Por lo anterior en esta revisión, hemos resumido el conocimiento reciente sobre la participación de los andrógenos, el RA y las vías de señalización implicadas en el desarrollo y progresión del CMTN, además de los estudios donde se han usado antiandrógenos como la bicalutamida, que ofrecen una propuesta terapéutica específica contra el CMTN que expresa el RA.

Palabras clave: Cáncer de mama triple negative, Receptor de Andrógenos, Señalización Celular, Bicalutamida.

ABSTRACT

Triple-negative breast cancer (TNBC) accounts for 15-20% of all breast cancer (BC) subtypes. In addition to the lack of estrogen receptor (ER), progesterone receptor (PR) and epidermal growth factor type 2 (HER2) expression, it is characterized by its aggressiveness, high tumor grade and its great capacity to generate metastasis. Currently, there are no approved targeted therapies against this type of tumor, so it is important to generate specific alternative strategies based on attacking new therapeutic targets to attack this terrible disease. Currently, the possible participation of the androgen receptor (AR) in the progression of TNBC has been described. Therefore, in this review, we have summarized the recent knowledge on the involvement of androgens, the AR and its signaling pathways involved in the development and progression of TNBC, in addition to the studies where antiandrogens like bicalutamide, have been used and that offer a specific therapeutic proposal against TNBC expressing the AR.

Keywords. Triple negative breast cancer, Androgen receptor, Cell signaling, bicalutamide.

INTRODUCCIÓN

El CaM es el tipo de cáncer más frecuente en las mujeres en todo el mundo (2.26 millones) y está ubicado en el quinto lugar como la enfermedad oncológica que causa más muertes, con más de 684,000 reportadas anualmente¹. En México, de acuerdo con datos reportados en 2013 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ocurrieron 7,891 defunciones por CaM, con un estimado de 29,929 nuevos casos². En los CMTN la prevalencia es del 15 al 20%, y es importante señalar que se presenta con mayor incidencia en mujeres afroamericanas y, en menor medida, hispanas³. La tasa de supervivencia promedio para este tipo de cáncer es de aproximadamente 10.2 meses, considerando los tratamientos actuales, con una tasa de supervivencia del 65% a los 5 años en casos de tumores primarios y del 11% en aquellos en los que el tumor se ha diseminado a órganos distantes⁴.

En el CaM se presenta una variedad de subtipos tumorales, cada uno de ellos con notables diferencias en la forma en que progresa la enfermedad⁵. Se ha establecido una clasificación basada en diferentes marcadores moleculares, la cual varía dependiendo de la expresión del RE, del RP y de HER2. Además, esta clasificación se apoya en el uso del marcador de proliferación celular Ki-67 para determinar el grado de proliferación celular presente en cada subtipo⁶. En la **(Figura 1)** se muestran los 5 subtipos del CaM, sus principales características son:

El subtipo Luminal A es positivo al RE y al RP, no expresan HER2 y presentan un índice de proliferación celular medido por Ki-67 menor al 14%, se caracteriza por ser cánceres menos agresivos y pueden ser tratados con terapias hormonales, radioterapia y quimioterapia. Representan aproximadamente 40% de los carcinomas de mama⁷.

En el subtipo Luminal B también se expresa el RE pero, a diferencia del subtipo luminal A, puede ser positivo o no a los receptores de progesterona (RP+/-), son HER2- y presentan índice Ki-67 del 14 al 30%, estos tumores se tratan con mayor eficiencia mediante una combinación entre la terapia hormonal y la quimioterapia; sin embargo, el hecho de presentar índice Ki-67 >14% hace que estos cánceres presenten una mayor proliferación, así como peor pronóstico. Representa aproximadamente el 20% de los carcinomas de mama⁸.

El subtipo HER-2+ se caracteriza por sobreexpresar al receptor HER2, sin presencia de RE y RP, así como un índice Ki-67 elevado, por lo que es más agresivo y de crecimiento rápido en comparación con los antes mencionado, su pronóstico no es favorable, sin embargo, existen terapias con anticuerpos monoclonales que se unen directamente a la proteína HER2, alguno de ellos son Trastuzumab y Pertuzumab, además de otros que están es estudio⁹. Este subtipo tumoral representa aproximadamente del 15 al 20% de los carcinomas de mama.

El subtipo Triple negativo (también llamado tipo basal) está formado a su vez por 6 subtipos que se caracterizan por no expresar los receptores: RE, RP, HER2. Es un tipo de cáncer de mama representa alrededor del 15% de todos los casos de cáncer de mama. Debido a su fenotipo molecular especial, no responde a la terapia antihormonal (antiestrógenos) ni a la terapia molecular dirigida (anti-HER2), por lo que es tratado con quimioterapia convencional¹⁰.

En el subtipo Triple positivo se expresan los 3 receptores RE, RP y HER2. Estos cánceres se tratan de manera eficiente con medicamentos hormonales, así como medicamentos que tienen como blanco a la proteína HER2, es considerado un subtipo del CaM HER2+, y representa menos del 5% de todos los CaM diagnosticados¹¹.

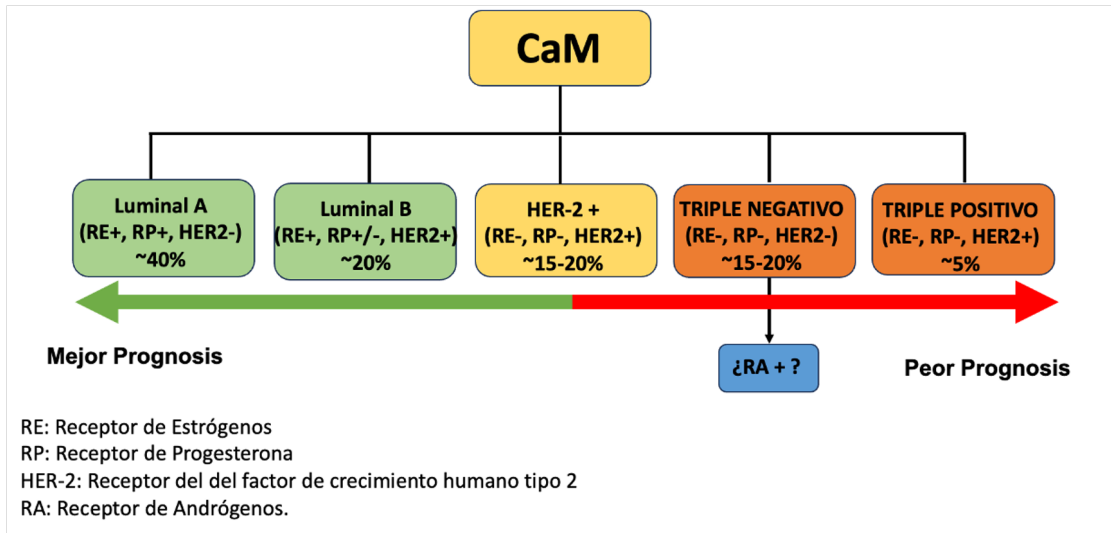


Figura 1. Clasificación del CaM. El esquema muestra la integración de la subclasificación del CMTN y el pronóstico de cada subtipo. Podemos observar que los tipos con mejor pronóstico (en color verde) son el Luminal A cuya característica principal es ser positivo a RE+, RP+ y negativo a HER2-, el subtipo Luminal B es positivo a RE+, HER2 y negativo a RP-. Los subtipos de peor pronóstico (en color amarillo y naranja) son el subtipo HER2 que es positivo a HER2+ y negativo para RE- y RP- y los CMTN que son negativos para RE-, RP- y HER2-, finalmente los triples positivos que expresan al RE+, RP+ y HER2+. Además, se muestra la expresión del RA en el CMTN como una potencial estrategia terapéutica dirigida a las diferentes vías de señalización que puede modular dicho receptor.

CÁNCER DE MAMA TRIPLE NEGATIVO

Los CMTN se caracterizan por su agresividad, tamaño considerable, grado oncológico elevado, la tendencia a formar metástasis ganglionares y su aparición a una edad temprana¹². Los CMTN también es conocido por la recurrencia temprana entre el primer y el tercer año tras el diagnóstico, así como metástasis más agresivas que se producen principalmente a los pulmones y al cerebro, pero menos probabilidades de invadir a hueso¹³. Con base en hallazgos histológicos, la mayoría de los CMTN presentan un origen ductal; sin embargo, también pueden originarse de a partir de otros fenotipos, como el metaplásico, el apocrino y el adenoide quístico¹⁴. En el año 2011, Lehmann y colaboradores identificaron seis subtipos del CMTN, así como 1 subtipo inestable¹⁵. Los seis subtipos incluían dos de tipo basal (BL1 y BL2), uno de tipo inmunomodulador (IM), uno de tipo mesenquimal (M), uno de tipo células madre mesenquimales (MSL) y uno de tipo luminal positivo al receptor de andrógenos (LAR), cada uno con características distintivas¹⁶. Algunos estudios han mostrado pronóstico inferior en el CMTN tipo basal, en comparación con el tipo luminal, también han demostrado una menor supervivencia entre las pacientes con CMTN tipo basal en comparación con el subtipo luminal¹⁷. Un estudio publicado recientemente mostró mayor probabilidad de recurrencia y muerte de las mujeres con CMTN, en comparación con las que presentaban otro subtipo de CaM, también demostró que las recidivas viscerales y de tejidos blandos son más agresivas y más

frecuentes en las pacientes con CMTN que las recidivas óseas diagnosticadas en los pacientes con tumores RE+¹⁸. Se estima que el 15% de todas las pacientes con CaM desarrollarán metástasis a cerebro; en un estudio con más de 3,000 pacientes con metástasis cerebrales derivadas de CaM se demostró que la mayoría de los CMTN desarrollaron metástasis a cerebro, incluso por encima de las pacientes con el subtipo HER2+¹⁹.

A pesar de que los CMTN se asocian con un mal pronóstico, la mayoría de estos tumores no son resistentes a la quimioterapia, por lo que su tratamiento se centra en un régimen que incluye antraciclinas y taxanos, lamentablemente estas pacientes tienen un pronóstico extremadamente malo, recaen y mueren rápidamente²⁰. Por otra parte, se ha demostrado que la quimioterapia adyuvante no sólo prolonga la supervivencia libre de enfermedad de las pacientes, también incrementa la supervivencia; sin embargo, al no presentar alguno de los otros receptores, no puede tratarse de manera combinada con agentes hormonales, como los moduladores selectivos del RE (SERMS, por sus siglas en inglés), los inhibidores de la aromatización, el antiestrógeno letrozol o los anticuerpos dirigidos contra HER2²¹. Con la finalidad de hacer frente a este problema, se han realizado varios estudios que han revelado una sensibilidad proporcionalmente mayor a la quimioterapia basada en antraciclinas o taxanos, como la doxorubicina y la ciclofosfamida²², en relación con otros agentes.

Aunque el CMTN es más sensible al tratamiento quimioterápico, sigue existiendo un alto riesgo de recaída si el tumor no se erradica por completo. Además, se han desarrollado terapias dirigidas a la familia de los receptores del factor de crecimiento epidérmico (EGFR)²³. Otros blancos terapéuticos prometedores, pero poco estudiados para el CMTN incluyen las vías de señalización NOTCH, Wnt/ β -catenina y las vías de inducción de la transición epitelio-mesénquima (TEM; proceso previo a la metástasis, donde las células epiteliales pierden su fenotipo, se incrementa la síntesis de proteínas características del fenotipo mesenquimal, facilitando la migración, la invasión y la metástasis)²⁴. También se han planteado propuestas de tratamientos dirigidos contra el RA, ofreciendo una opción en los tumores triple negativos; sin embargo, sus usos hasta la fecha se limitan a ensayos clínicos²⁵. Por otra parte, y con base en los estudios basados en la expresión del RA, se ha sugerido una nueva forma de clasificar el CMTN en dos tipos: aquellos que expresan el RA (RA+) y aquellos que no lo expresan (RA-), conocidos ahora como cáncer de mama cuádruple negativo (CMQN), la identificación y tratamiento del CMQN presenta desafíos significativos, especialmente debido a la falta de marcadores pronósticos y blancos terapéuticos en comparación con que muestra la presencia del RA²⁶. A pesar de la disputa sobre el papel predictivo del RA en el CMTN, varios

estudios han sugerido que la ausencia de expresión del RA se relaciona con una progresión de la enfermedad aún más agresiva²⁷.

Andrógenos y el receptor de andrógenos en el cáncer de mama triple negativo

Los andrógenos son hormonas sexuales masculinas, aunque también se sintetizan en mujeres, incluyen a la testosterona (T), sintetizada en los ovarios y en las glándulas suprarrenales, y la dihidrotestosterona (DHT), formada en el tejido mamario a partir de la T. Tanto la T como la DHT se unen específicamente al RA, pero la DHT se une con una afinidad diez veces mayor y puede inhibir o estimular la proliferación y la diferenciación celular de la glándula mamaria²⁸.

El RA pertenece a la familia de receptores nucleares a través de los cuales actúan las hormonas esteroides. Se expresa en diferentes tejidos tanto en hombres como en mujeres y juega un papel clave como componente de diferentes vías de señalización que activan factores de transcripción que regula la expresión de genes involucrados en el proliferación, desarrollo y diferenciación de tejidos tanto en los tractos reproductivos masculino y femenino como en los huesos²⁹. El RA se encuentra presente del 70%–90% de los casos de CaM primarios, supera en abundancia a los RE o incluso a los RP, además se ha visto que el RA se expresa en un rango del 20 al 40 % en los CMTN³⁰. A pesar de la evidencia que apoya la implicación de los andrógenos T y DHT, así como el RA en el desarrollo y progresión del CaM, aún no se ha determinado claramente su papel como marcador y blanco terapéutico³¹. Investigaciones previas señalan que, una de las vías de señalización en las que participan los andrógenos desempeña una función crucial tanto en el desarrollo normal de la mama, como en el proceso canceroso del tejido mamario³².

Se ha descrito que el RA actúa como un posible supresor tumoral en el CaM RE+, con efectos que inhiben la proliferación celular gracias al entrecruzamiento, “crosstalk”, entre las vías de señalización reguladas por los receptores estrógenos y andrógenos³³. Además, se ha descrito que la T y DHT pueden inducir proliferación de las líneas celulares MCF-7 y T47-D, que son RE+, esto no sucede en las líneas celulares MDA MB-231, como modelo de CMTN³⁴. Por otra parte, se ha demostrado que la respuesta proliferativa a los andrógenos en la línea celular MDA-MB-453, que es RE-, de forma dependiente de la cantidad de RA expresado e independiente del RE, lo que sugiere el potencial de estrategias terapéuticas dirigidas a la vía de señalización androgénica³⁵.

El cáncer de mama triple negativo y el tratamiento con el antiandrógeno bicalutamida

A pesar de que la quimioterapia ha mejorado la calidad de vida de las pacientes con CMTN, es evidente la necesidad de desarrollar nuevos tratamientos más específicos, que puedan superar la resistencia a la quimioterapia y reducir sus riesgos³⁶. La amplia variabilidad de los tumores triples negativos dificulta el desarrollo de blancos terapéuticos efectivos. Como es sabido la DHT puede inducir la proliferación celular en el CaM, pero poco se ha estudiado sobre su papel como inductor de procesos como la migración, la invasión y la TEM, proceso previo a la metástasis en el cual las células epiteliales pierden su fenotipo, se incrementa la síntesis de proteínas características del fenotipo mesenquimal, facilitando la metástasis³⁷. La DHT, debido a su característica lipofílica, difunde a través de la bicapa lipídica de las membranas plasmáticas¹. Una vez que DHT está en el citoplasma se une a su receptor específico RA, lo que favorece la disociación de las proteínas de choque térmico (HSP), cuya principal función es mantener receptivo al RA². La formación del complejo DHT-RA induce su translocación al núcleo de la célula³. En el núcleo, el complejo DHT-RA se une a secuencias específicas de ADN llamadas elementos de respuesta a andrógenos (ERA)⁴. Estas secuencias se encuentran en la región promotora de genes que son regulados por andrógenos. Este proceso puede ser modulado con la ayuda de proteínas (coactivadores o correpresores) que cambian la estructura tridimensional del ADN y ayudan a la ARN polimerasa a producir ARN mensajero (ARNm)⁵. El ARNm se mueve del núcleo al citoplasma, donde los ribosomas lo traducen para formar nuevas proteínas⁶, que pueden regular los procesos de migración, invasión, TEM y metástasis en el CMTN (**Figura 2A**).

Debido al incremento irregular observado en las concentraciones de DHT en las pacientes con CMTN y que éstas pueden potenciar la invasión de las células cancerosas y aumentar el riesgo de metástasis resistentes al tratamiento³⁸, el uso de inhibidores de andrógenos como representa una estrategia prometedora para contrarrestar la progresión y diseminación del CMTN. Se ha propuesto que, dentro de las terapias que inhiben la actividad de los RA en el CMTN se considere a la bicalutamida como un posible tratamiento^{39,40}. La bicalutamida es clasificada como un antiandrógeno no esteroideo de primera generación, ha demostrado su eficacia en la inhibición del RA y se usa ampliamente en la práctica clínica en el tratamiento contra el cáncer de próstata⁴¹, el mecanismo de inhibición propuesto señala que DHT difunde la membrana plasmática y compite con bicalutamida para unirse al RA¹, la unión de bicalutamida al RA evita la activación la expresión genética y, por consiguiente, inhibe el estímulo androgénico causando esta inhibición la regresión del tumor² (**Figura 2B**).

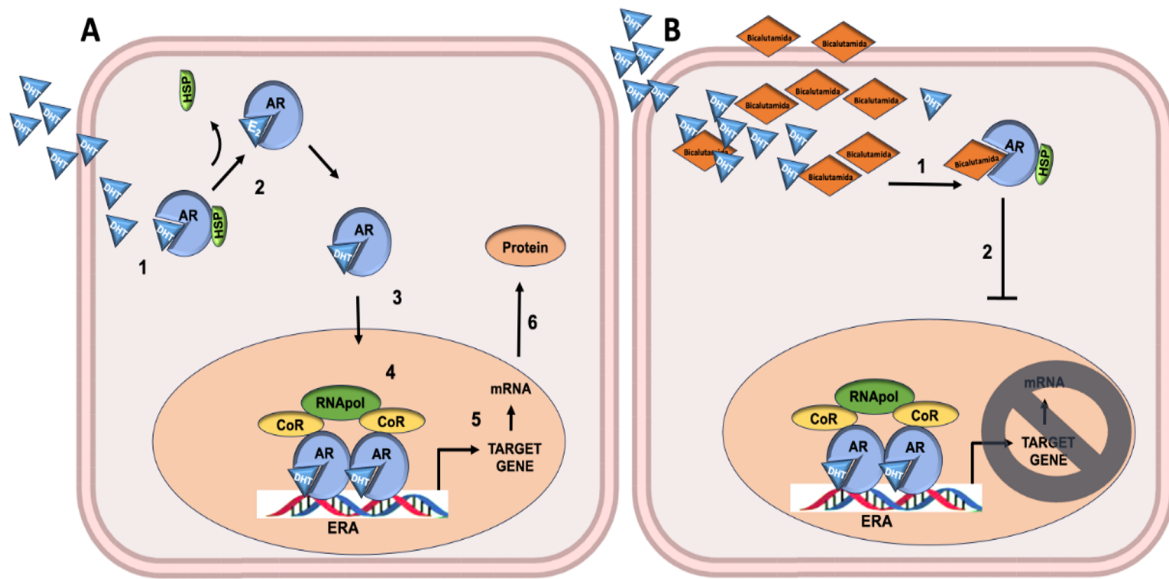


Figura 2. Mecanismo de acción del receptor de andrógenos y bicalutamida en el CMTN. La imagen muestra la señalización mediada por DHT, al unirse al RA activa el mecanismo genómico a través del cual puede regular la expresión de proteínas asociadas con los procesos de migración, invasión, TEM e incluso la metástasis en el CMTN (figura 2A). La imagen muestra el mecanismo mediado por el antiandrógeno bicalutamida, esta se une al RA inhibiendo de manera competitiva su actividad. Como consecuencia, se inhibe la proliferación celular, migración y la TEM inducida por los andrógenos, lo cual resulta ventajoso en el tratamiento (figura 2B).

En conclusión, la participación de los andrógenos en el desarrollo y progresión del CMTN representa un novedoso blanco terapéutico para los pacientes que presenta este tipo tumoral, además la utilización de la bicalutamida y otros antiandrógenos de segunda generación que inhiben la señalización del RA ofrecen una alternativa prometedora y específica para el tratamiento del CMTN.

REFERENCIAS

1. American Cancer Society, Inc. The American Cancer Society is a qualified 501(c)(3) tax-exempt organization. www.cancer.org. 2023. [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.cancer.org/>
2. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Estadísticas De Defunciones Registradas (EDR). [Internet]. Ciudad de México: El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); 2023 jul p. 1 A 90. Report No.: núm. 419/23. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/EDR/EDR2022.pdf>

3. Zevallos A, Bravo L, Bretel D, Paez K, Infante U, Cárdenas N, et al. The hispanic landscape of triple negative breast cancer. *Crit Rev Oncol Hematol*. noviembre de 2020;155:103094.
4. Almansour NM. Triple-Negative Breast Cancer: A Brief Review About Epidemiology, Risk Factors, Signaling Pathways, Treatment and Role of Artificial Intelligence. *Front Mol Biosci*. 2022;9:836417.
5. Arceo-Martínez MT, López-Meza JE, Ochoa-Zarzosa A, Palomera-Sanchez Z, Arceo-Martínez MT, López-Meza JE, et al. Estado actual del cáncer de mama en México: principales tipos y factores de riesgo. *Gac Mex Oncol*. septiembre de 2021;20(3):101-10.
6. Horvath E. Subtipos moleculares del cáncer mamario - lo que el radiólogo dedicado a imágenes mamarias debe saber. *Rev Chil Radiol*. abril de 2021;27(1):17-26.
7. Ding W, Ye D, Chen H, Lin Y, Li Z, Tu C. Clinicopathological differences and survival benefit in ER+/PR+/HER2+ vs ER+/PR-/HER2+ breast cancer subtypes. *Breast Cancer*. marzo de 2024;31(2):295-304.
8. Margan MM, Cimpean AM, Ceausu AR, Raica M. Differential Expression of E-Cadherin and P-Cadherin in Breast Cancer Molecular Subtypes. *Anticancer Res*. octubre de 2020;40(10):5557-66.
9. Regua AT, Bindal S, Najjar MK, Zhuang C, Khan M, Arrigo ABJ, et al. Dual inhibition of the TrkA and JAK2 pathways using entrectinib and pacritinib suppresses the growth and metastasis of HER2-positive and triple-negative breast cancers. *Cancer Lett*. agosto de 2024;597:217023.
10. You SH, Chae BJ, Eom YH, Yoo TK, Kim Y seok, Kim JS, et al. Clinical Differences in Triple-Positive Operable Breast Cancer Subtypes in Korean Patients: An Analysis of Korean Breast Cancer Registry Data. *J Breast Cancer*. 2018;21(4):415.
11. Singh DD, Yadav DK. TNBC: Potential Targeting of Multiple Receptors for a Therapeutic Breakthrough, Nanomedicine, and Immunotherapy. *Biomedicines*. 23 de julio de 2021;9(8):876.
12. Akshata Desai KA. Triple Negative Breast Cancer – An Overview. *Hered Genet* [Internet]. 2012 [citado 17 de junio de 2024]; Disponible en: <https://www.omicsonline.org/triple-negative-breast-cancer-an-overview-2161-1041.S2-001.php?aid=13213>
13. Criscitiello C, Azim HA, Schouten PC, Linn SC, Sotiriou C. Understanding the biology of triple-negative breast cancer. *Ann Oncol*. agosto de 2012;23:vi13-8.
14. Reis-Filho JS, Milanezi F, Steele D, Savage K, Simpson PT, Nesland JM, et al. Metaplastic breast carcinomas are basal-like tumours. *Histopathology*. julio de 2006;49(1):10-21.
15. Kala C, Athar M, Kala S, Khan L, Jauhari RK, Satsangi A. Clinical and Cyto-Morphological Characterization of Triple Negative Breast Cancer. *J Cytol*. 2019;36(2):84-8.

16. Uscanga-Perales GI, Santuario-Facio SK, Ortiz-López R. Triple negative breast cancer: Deciphering the biology and heterogeneity. *Med Univ.* abril de 2016;18(71):105-14.
17. Sørli T, Perou CM, Tibshirani R, Aas T, Geisler S, Johnsen H, et al. Gene expression patterns of breast carcinomas distinguish tumor subclasses with clinical implications. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 11 de septiembre de 2001;98(19):10869-74.
18. Smid M, Wang Y, Zhang Y, Sieuwerts AM, Yu J, Klijn JGM, et al. Subtypes of Breast Cancer Show Preferential Site of Relapse. *Cancer Res.* 1 de mayo de 2008;68(9):3108-14.
19. Heitz F, Harter P, Traut A. Cerebral metastasis (CM) in breast cancer (BC) with focus on triple-negative breast cancer. *J Clin Oncol.* 2008;(26.).
20. Penault-Llorca F, Viale G. Pathological and molecular diagnosis of triple-negative breast cancer: a clinical perspective. *Ann Oncol.* agosto de 2012;23:vi19-22.
21. Cao L, Niu Y. Triple negative breast cancer: special histological types and emerging therapeutic methods. *Cancer Biol Med.* 15 de mayo de 2020;17(2):293-306.
22. Carey LA, Dees EC, Sawyer L, Gatti L, Moore DT, Collichio F, et al. The Triple Negative Paradox: Primary Tumor Chemosensitivity of Breast Cancer Subtypes. *Clin Cancer Res.* 15 de abril de 2007;13(8):2329-34.
23. O'Toole SA, Beith JM, Millar EKA, West R, McLean A, Cazet A, et al. Therapeutic targets in triple negative breast cancer. *J Clin Pathol.* junio de 2013;66(6):530-42.
24. Bhattarai S, Saini G, Gogineni K, Aneja R. Quadruple-negative breast cancer: novel implications for a new disease. *Breast Cancer Res BCR.* 19 de noviembre de 2020;22(1):127.
25. Peters AA, Buchanan G, Ricciardelli C, Bianco-Miotto T, Centenera MM, Harris JM, et al. Androgen Receptor Inhibits Estrogen Receptor- α Activity and Is Prognostic in Breast Cancer. *Cancer Res.* 1 de agosto de 2009;69(15):6131-40.
26. Barton VN, D'Amato NC, Gordon MA, Christenson JL, Elias A, Richer JK. Androgen Receptor Biology in Triple Negative Breast Cancer: a Case for Classification as AR+ or Quadruple Negative Disease. *Horm Cancer.* diciembre de 2015;6(5-6):206-13.
27. Rahim B, O'Regan R. AR Signaling in Breast Cancer. *Cancers.* 24 de febrero de 2017;9(3):21.
28. Dubrava AL, Kyaw PSP, Newman J, Pringle J, Westhuyzen J, La Hera Fuentes G, et al. Androgen Receptor Status in Triple Negative Breast Cancer: Does It Correlate with Clinicopathological Characteristics? *Breast Cancer Dove Med Press.* 2023;15:359-71.

29. Gerratana L, Basile D, Buono G, De Placido S, Giuliano M, Minichillo S, et al. Androgen receptor in triple negative breast cancer: A potential target for the targetless subtype. *Cancer Treat Rev.* julio de 2018;68:102-10.
30. Hickey TE, Robinson JLL, Carroll JS, Tilley WD. Minireview: The Androgen Receptor in Breast Tissues: Growth Inhibitor, Tumor Suppressor, Oncogene? *Mol Endocrinol.* 1 de agosto de 2012;26(8):1252-67.
31. Chottanapund S, Van Duursen MBM, Navasumrit P, Hunsonti P, Timtavorn S, Ruchirawat M, et al. Effect of androgens on different breast cancer cells co-cultured with or without breast adipose fibroblasts. *J Steroid Biochem Mol Biol.* noviembre de 2013;138:54-62.
32. Cochrane DR, Bernales S, Jacobsen BM, Cittelly DM, Howe EN, D'Amato NC, et al. Role of the androgen receptor in breast cancer and preclinical analysis of enzalutamide. *Breast Cancer Res.* febrero de 2014;16(1):R7.
33. Derakhshan F, Reis-Filho JS. Pathogenesis of Triple-Negative Breast Cancer. *Annu Rev Pathol.* 24 de enero de 2022;17:181-204.
34. Li Y, Wang H, Pan Y, Wang S, Zhang Z, Zhou H, et al. Identification of bicalutamide resistance-related genes and prognosis prediction in patients with prostate cancer. *Front Endocrinol.* 18 de abril de 2023;14:1125299.
35. Kong Y, Qu F, Yuan X, Yan X, Yu W. Effect of Bicalutamide on the proliferation and invasion of human triple negative breast cancer MDA-MB-231 cells. *Medicine (Baltimore).* abril de 2020;99(17):e19822.
36. Dong S, Alahari SK. Combination treatment of bicalutamide and curcumin has a strong therapeutic effect on androgen receptor-positive triple-negative breast cancers. *Anticancer Drugs.* abril de 2020;31(4):359-67.
37. Khadela A, Chavda VP, Soni S, Megha K, Pandya AJ, Vora L. Anti-Androgenic Therapies Targeting the Luminal Androgen Receptor of a Typical Triple-Negative Breast Cancer. *Cancers.* 2022;15(1).

Nueva fórmula DPineda: usada en la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Costa Rica, para la preservación de cadáveres

Diego Pineda Martínez^{1*}, Lorena Valencia Caballero¹, Jessica González Fernández²

1. Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México.
2. Departamento de Anatomía, Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

***Autor de correspondencia:**

Diego Pineda Martínez
drpineda@unam.mx
Teléfono: +525623822737

RESUMEN

Se desarrolló una fórmula de preservación en el Departamento de Innovación en Material Biológico Humano de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que posteriormente se implementó en la Universidad de Costa Rica (UCR), denominada “fórmula DPineda” basado en la fórmula de Carbowax. El objetivo de este trabajo fue encontrar una fórmula alternativa y económica que permitiera eliminar la necesidad de inmersión en piletas, reducir la concentración de sustancias nocivas para la salud como el formaldehído, minimizar el olor irritante y penetrante resultante de la combinación de químicos, mejorar la disección y la identificación de estructuras anatómicas, y reducir el tiempo necesario en el proceso de preparación. Desde 2016 hasta 2022, se aplicó esta fórmula a 350 cadáveres en la Facultad de Medicina de la UNAM y 145 cadáveres, desde 2017 hasta 2024, en la Escuela de Medicina de la UCR. Los resultados obtenidos incluyen la eliminación del uso de piletas de inmersión tanto para la preparación inicial como para la conservación a largo plazo, La fórmula permitió que los cuerpos preservados se mantuvieran en congelación, refrigeración o a temperatura ambiente. El tiempo de preparación se redujo de 3 meses a

coloración y la flexibilidad de los cuerpos, lo que facilitó la identificación y disección de las estructuras anatómicas. La eliminación de las piletas de inmersión y la posibilidad de mantener los cuerpos en diferentes condiciones de almacenamiento ofrecieron una flexibilidad adicional. Esto es especialmente beneficioso para muchas instituciones educativas en América Latina, donde aún se utilizan técnicas tradicionales y peligrosas. La fórmula representa un buen avance, proporcionando una solución moderna y segura que puede ser adoptada ampliamente para mejorar las prácticas de conservación anatómica en muchas Universidades.

Palabras clave: preservación de cadáveres, embalsamamiento, enseñanza de anatomía, Innovación en preservación.

ABSTRACT

A preservation formula was developed at the Department of Innovation in Human Biological Material of the Faculty of Medicine of the National Autonomous University of Mexico (UNAM), which was later implemented at the University of Costa Rica (UCR), called the "DPineda formula" based on the Carbowax formula. The objective of this work was to find an alternative and economical formula that would eliminate the need for immersion in pools, reduce the concentration of substances harmful to health such as formaldehyde, minimize the irritating and penetrating odor resulting from the combination of chemicals, improve dissection and identification of anatomical structures, and reduce the time required in the preparation process. From 2016 to 2022, this formula was applied to 350 cadavers at the UNAM School of Medicine and 145 cadavers, from 2017 to 2024, at the UCR School of Medicine. The results obtained include the elimination of the use of immersion pools for both initial preparation and long-term preservation, allowed preserved bodies to be kept frozen, refrigerated or at room temperature. Preparation time was reduced from 3 months to only 15 days. In addition, the concentration of formaldehyde was decreased from 20% to 6%, the pungent odor from the combination of chemicals and the irritation caused by formaldehyde were reduced, the coloration and flexibility of the bodies were improved, which facilitated the identification and dissection of anatomical structures. The elimination of the immersion basins and the possibility of keeping the carcasses in different storage conditions offered additional flexibility. This is especially beneficial for many educational institutions in Latin America, where traditional and dangerous techniques are still used. The formula represents a good

advance, providing a modern and safe solution that can be widely adopted to improve anatomical preservation practices in many universities.

Keywords: cadaver preservation, embalming, anatomy teaching, preservation innovation.

INTRODUCCIÓN

En la educación médica de pregrado y posgrado, los cadáveres humanos se utilizan como herramientas esenciales para la enseñanza, ya sea a través de proyecciones o mediante la disección realizada por los propios estudiantes. Los cadáveres humanos deben considerarse como herramientas educativas únicas, no simplemente como "primeros pacientes" o modelos biológicos. Representan individuos no vitales, variables y tridimensionales que ofrecen un bajo riesgo para la salud y una experiencia háptica de alta calidad¹. Además, la disección cadavérica se ha consolidado como un método fundamental para la enseñanza de la anatomía, ya que permite a los estudiantes reflexionar sobre la vida y la muerte, fomenta el desarrollo de valores humanos, la ética, y habilidades interpersonales y académicas, al ser una actividad colaborativa que promueve el trabajo en equipo².

La disección de cadáveres ha sido la base de la enseñanza de la anatomía en las carreras médicas durante más de 400 años³. Los méritos pedagógicos de la disección han sido probados a lo largo del tiempo, y su impacto como herramienta de enseñanza es evidente en la actitud de los anatomistas que todavía consideran la disección cadavérica como central para el aprendizaje de la anatomía macroscópica^{4,5}. A pesar del advenimiento de la tecnología moderna, los nuevos planes de estudio y los métodos de enseñanza innovadores, la disección cadavérica sigue siendo la piedra angular de la enseñanza y el aprendizaje de la anatomía macroscópica y constituye un componente integral de la educación médica⁶.

Las universidades recibían mayormente cadáveres de individuos no reclamados; sin embargo, hubo instancias, como en el campo de concentración Auschwitz-Birkenau durante la Segunda Guerra Mundial, donde se realizaron innumerables experimentos en los prisioneros, en quienes se realizaban vivisecciones o disecciones post mortem de manera indiscriminada y sin ningún tipo de regulación, lo que dio múltiples y diversos avances en la medicina, tanto en su enseñanza como su ejercicio, a costa de prácticas poco éticas⁷. Afortunadamente, una vez finalizado el conflicto bélico, declaraciones como la del Código de Nuremberg, Helsinki o Ginebra, regulan las investigaciones científicas y el uso de material biológico, para que situaciones de este tipo no vuelvan a suceder^{7,8}.

Lo anterior implicó que se le diera un mayor valor al material anatómico humano disponible, y así, se buscaron formas de proteger los tejidos de su proceso natural de putrefacción, y conservar, dentro de lo posible, el estado natural de los tejidos.

Para una adecuada preservación del cadáver, es crucial seleccionar el método que mejor se adapte a los objetivos educativos y de investigación, teniendo en cuenta factores como la preservación de colores naturales, la flexibilidad de los tejidos y la seguridad de los estudiantes y el personal⁹. La preservación se considera adecuada cuando el cadáver se mantiene libre de destrucción o descomposición y esto se logra tratando el cadáver con una combinación de productos químicos que se introducen al cuerpo en un proceso llamado embalsamamiento^{10,11}.

El objetivo de este trabajo fue encontrar una fórmula alternativa y económica que permitiera eliminar la necesidad de inmersión en piletas, reducir la concentración de sustancias nocivas para la salud como el formaldehído, minimizar el olor irritante y penetrante resultante de la combinación de químicos, mejorar la disección y la identificación de estructuras anatómicas, y reducir el tiempo necesario en el proceso de preparación.

Las técnicas de preservación y conservación anatómica buscan protegerlos también del crecimiento de bacterias como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, y *Proteus vulgaris*. así garantiza un medio seguro de trabajo, además de hacer estable el material evitando la putrefacción, convirtiéndola en una etapa fundamental en el estudio de la anatomía tanto humana como animal¹²⁻¹⁴.

A lo largo del tiempo, distintos pueblos y culturas han realizado procesos de embalsamado de cuerpos humanos, reflejando ideas relacionadas a su concepción de la conciencia, el alma y la vida después de la muerte. Un ejemplo de ello son los egipcios, quienes realizaban momificaciones a personas y animales desde aproximadamente 3000 años antes de Cristo (a.C.)¹⁵⁻¹⁷.

Los babilonios, los persas y los sirios conservaban sus muertos separándolos del ambiente, Los colocaban en recipientes con miel o cera, evitaban que se diera el proceso de descomposición^{17,18}. En China se han encontrado cuerpos humanos embalsamados que datan de entre 187 y 145 a.C., perfectamente conservados, inmersos en un líquido de composición desconocida¹⁷.

En América se han encontrado momias que entre el 2000 y el 600 antes a.C., algunas pertenecen la cultura Chinchorro, una de las más antiguas culturas preincaicas, localizadas en la costa norte de Chile, donde se han descubierto momias que solo conservan la piel y estaban rellenas de arcilla y totora "*Schoenoplectus californicus*, es una planta acuática similar a una caña, que crece en los humedales y en las orillas de lagos y ríos"^{15,18}.

La inyección de fluidos en vasos sanguíneos, utilizada actualmente para embalsamar, se ideó en el siglo XVII, con la descripción de la circulación sanguínea por el anatomista William Harvey^{12,19}. El primer anatomista en utilizar esta técnica fue Jan Swammerdam, quien inyectaba cera y trementina para la preservación de vísceras alrededor del año 1672²⁰. Pero es en 1893 que se utiliza el formaldehído para la fijación de tejidos histológicos y material cadavérico²¹.

A lo largo del tiempo distintos anatomistas han buscado la combinación de químicos que logren un proceso de fijación adecuado para conservar las características de material biológico fresco (**Ver Tabla I**), donde se resumen algunas de las fórmulas más utilizadas.

Tabla 1. Fórmulas con soluciones preservadoras.		
Nombre	Fórmula	Características
Carbowax	Glicerina 2.5 L. Isopropanol 1.5 L. Formol 1.5 L. Benzal 0.5 L. Ácido fénico 1.5 L. Agua 42.5 L. Subtota 50 L.	Por inyección vascular y posterior inmersión en piletas. Tiempo de preparación 3 meses.
Método tradicional más utilizado en el resto de las universidades (20)	Formol al 20% Cloruro de sodio 250gr/litro	Por inyección y posterior inmersión en piletas.
Glicerinado (21)	La pieza debe estar previamente fijada en formol. se sumerge la pieza en una mezcla 1:1 alcohol y glicerina por 1 semana. luego es pasada a una solución de glicerina pura, por 15 días. finalmente se deja destilar el exceso de glicerina	Por inmersión

<p>Solución Fijadora Conservadora Chilena (22)</p>	<p>Cloruro de sodio 1,5 kg / 6 litros de agua.</p> <p>Nitrato de sodio o potasio 1,2 kg / 6 litros de agua.</p> <p>Glicerina 4 L.</p> <p>Alcohol etílico 6 L.</p> <p>Cloruro de benzalconio 2 L. concentrado.</p> <p>Formaldehído 0,5 L.</p> <p>Esencia de eucalipto 0,5 L.</p>	<p>Por inyección vascular</p>
<p>Thiel (23)</p>	<p>Solución A (total 14.3 L)</p> <p>Ac.bórico 3% etilenglicol 30% nitrato de amonio 20% agua 42%</p> <p>Solución B (total 0.5 L)</p> <p>etilenglicol 10% 4-cloro-3-metilfenol 1%</p> <p>Solución de inyección (total 15.8 L)</p> <p>Solución A 14.3 L Solución B 0.5 L Formol 0.3 L Sulfito de sodio 0.7 kg</p>	<p>Solución de Inmersión</p> <p>Etilenglicol 10% Formol 2% Solución B 2% Ac. Bórico 3% Nitrato de amonio 10% Nitrato de potasio 5% Sulfito de sodio 7% Agua 65%</p>
<p>Coleman y Kogan en 1998 en la División de Ciencias Morfológicas, Bruce Rappaport de la Facultad de Medicina de Technion-Israel Institute of Technology. (24)</p>	<p>Se embalsama en las primeras 24 h post mortem. Previamente refrigerado a 4 grados centígrados (°C). La mezcla para embalsamar contiene: 500</p>	<p>Se almacenan el cuerpo además en esta solución de embalsamamiento a 18 °C durante al menos 3 meses, aunque recomiendan hasta un año o más, antes de que se realice la disección.</p>

	<p>mL de formaldehído al 37 - 40%. 200 mL de fenol. 500 mL de glicerina. 4 L de alcohol isopropílico. 20 Kg de cloruro de sodio (sal de mesa) con un volumen final aproximado de 35 L con agua del grifo.</p>	
<p>Kalanjati, Prasetiowati y Alimsardjono en 2012 en el Departamento de Anatomía e Histología de la Facultad de Medicina de la Universidad Airlangga, en Indonesia (25)</p>	<p>500 mL de glicerina. 500 gr de fenol en 500 mL de agua de grifo. 3 L de formaldehído al 37%. 12 L de agua de grifo.</p>	<p>Posterior al embalsamado se almacena el cuerpo a 4°C por un período de 6 meses dentro de un tanque lleno de una solución de formalina y glicerina, ambas al 5%.</p>
<p>Muñetón y Ortiz en el 2013 (26)</p>	<p>Mezcla de: 10 L de formol, 10 L de etanol diluidos en 80 L de agua. Se infunde vía arteria carótida común, luego de un lavado capilar en dichas piezas a base de agua y heparina. Las piezas pueden ser utilizadas hasta 7 días posterior al proceso de embalsamado. Además, mientras la pieza es disecada se conservaron en recipientes que contenían la mezcla antes descrita.</p>	<p>Luego son deshidratarlas con isopropanol y posteriormente se sumergieron en 400 litros de glicerina por un período de 70 días. Por último, los cuerpos se sacaron de la glicerina y se llevó a cabo un proceso de curado por medio de aire circundante, evitando rayos solares y humedad por 30 días</p>

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 350 cadáveres en el Departamento de Innovación en Material Biológico Humano de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) entre 2016 y noviembre de 2022. Los cadáveres procedían de diversas fuentes, incluyendo el Instituto de Ciencias Forenses, hospitales de la Ciudad de México con los cuales la universidad mantiene convenios de colaboración a

través del Tribunal Superior de Justicia, y el Programa de Donación de Cuerpos de la Facultad de Medicina de la UNAM. Los cuerpos eran de personas de ambos sexos, con edades que oscilaban entre los 32 y 91 años (promedio: 67.63 años). Los cuerpos fueron embalsamados entre 24 y 72 horas posteriores a su defunción.

Adicionalmente, se incluyeron 145 cadáveres entre el 2017 y el 2024 de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica, gestionados a través del Laboratorio de Morgue y Neurobiología (LaMoNec). Estos cuerpos provenían de hospitales regionales y del Programa de Donación de Cuerpos de la Universidad de Costa Rica, con una edad promedio de 61 años. Fueron embalsamados entre 24 y 72 horas post-mortem.

Las causas de muerte fueron variadas en ambas instituciones. Sin embargo, no se aceptaron cadáveres con infecciones por VIH, Hepatitis C, tuberculosis o COVID-19 para evitar riesgos de contagio.

Para la preservación de los cadáveres, se utilizó la fórmula “DPineda”, que consiste en la combinación de sustancias conocidas en el ámbito de la preservación y el cual se detallada en la (Tabla II). El procedimiento de embalsamado comenzó con la canulación de las arterias carótida y femoral. A continuación, se introdujo la fórmula descrita en la (Tabla II), a través de una bomba de perfusión, inicialmente con flujo pulsátil de 3 minutos y después con flujo continuo. Dependiendo de las características morfológicas y la masa corporal del cadáver, se introdujeron entre 35 y 45 litros de la fórmula.

Posteriormente, los cadáveres se dejaron escurrir a temperatura ambiente durante un día. A partir del segundo día, los cuerpos se envolvieron en bolsas plásticas y se almacenaron durante 14 días en una cámara de congelación a -18 grados centígrados, en cámara de refrigeración de entre 0 y 4 grados centígrados y se mantuvieron a temperatura ambiente.

Pasados 15 días, los cadáveres se utilizaron en las disecciones en los niveles de pregrado y posgrado. Para su mantenimiento posterior, se recomendó volver a colocar los cuerpos en bolsas plásticas y, al menos una vez al mes, rociar las zonas trabajadas con una solución atomizada de la fórmula descrita en la (Tabla II).

Tabla 2. Componentes de la fórmula DPineda para un volumen de total de 40 L.		
Componentes	Cantidad	Porcentaje
• Isopropanol:	• 6.0 L.	15%
• Propilenglicol:	• 31.6 L.	79%
• Formaldehído:	• 2.4 L.	6%

RESULTADOS

Los resultados obtenidos incluyeron la eliminación del uso de piletas de inmersión tanto para la preparación inicial como para la conservación a largo plazo.

La fórmula permitió que los cuerpos preservados se mantuvieran en condiciones de congelación, refrigeración y temperatura ambiente, sin observarse diferencias significativas entre estas condiciones.

El tiempo necesario para que un cadáver humano embalsamado pudiera ser utilizado en prácticas de disección se redujo de 3 meses a solo 15 días.

Se disminuyó la concentración de formaldehído del 20% al 6%, lo que permitió minimizar el olor irritante y penetrante derivado de la combinación de productos químicos.

En cuanto a la piel y los tejidos, se observó una mejora en la coloración, presentando un tono más claro y natural. El tejido celular subcutáneo mostró una coloración más amarillenta, lo que permitió una clara distinción respecto al plano muscular. Esta diferenciación facilitó la identificación de los músculos y la dirección de sus fibras. Durante las disecciones, se logró una mayor facilidad en la disección por planos anatómicos, tal como se ilustra en la [\(Figura 1\)](#) y se evidencia en el [\(Video 1\)](#).



Figura 1. Muestra un cuerpo preservado con la técnica tradicional, donde se puede apreciar que los tejidos tienden a tener un aspecto acartonado debido al formaldehído y el característico color café causado por la oxidación del ácido fénico presente en esa fórmula.



Video 1. Muestra la limitada flexibilidad de la fórmula tradicional, así como la dificultad para realizar una disección precisa y la identificación de estructuras importantes".

Los órganos mantuvieron su color, flexibilidad y plasticidad. El relleno vascular con látex se realizó sin dificultad, llegando hasta los vasos más pequeños como se aprecia en las **(Figuras 2-4)**.

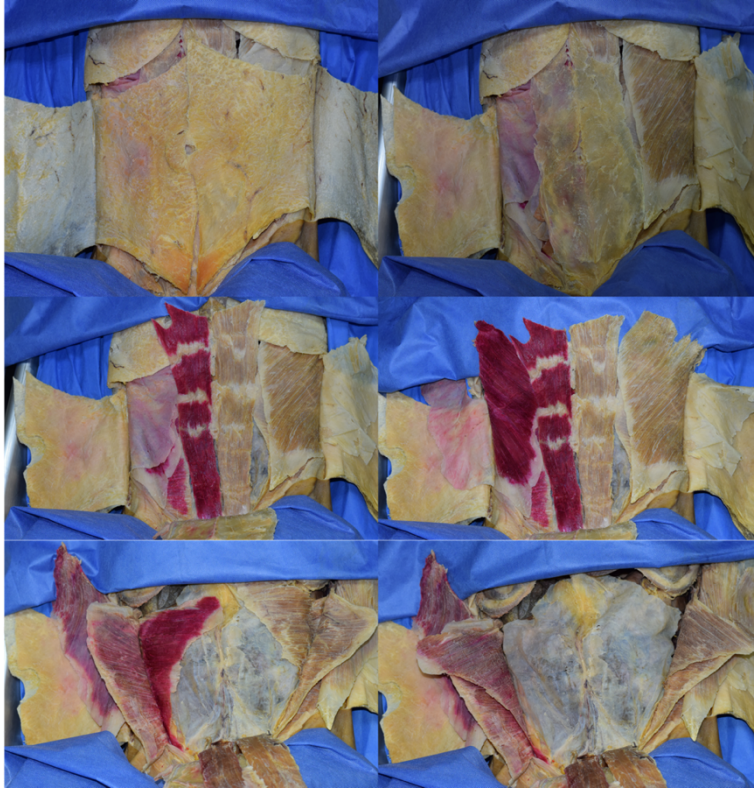


Figura 2. Muestra un cuerpo preservado con la fórmula Dpineda, donde se puede apreciar una mejor coloración y una disección por planos más precisa. En esta figura, se observa la disección del abdomen desde la piel hasta el peritoneo.



Figura 3. Muestra el intestino delgado con la fórmula DPineda, se aprecia una buena coloración y la capacidad de repletar arterias y venas con látex.

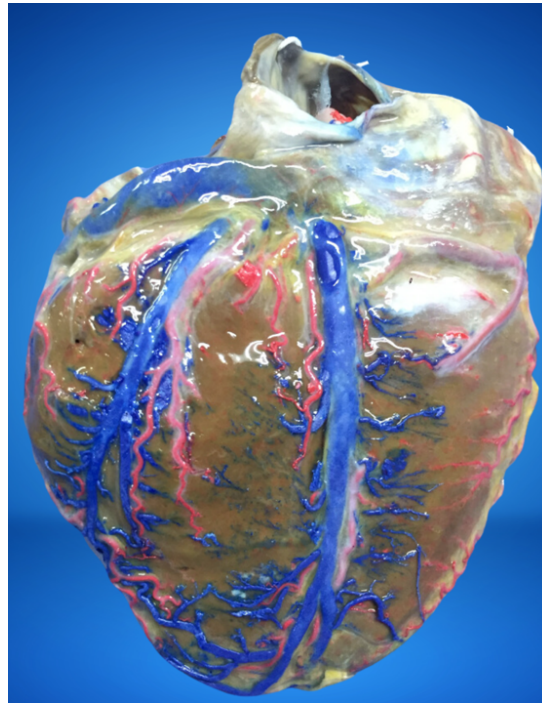


Figura 4. Muestra el corazón con el método DPineda, se aprecia una buena coloración y la capacidad de repletar arterias y venas con látex.

Finalmente, probamos el comportamiento de la fórmula en la técnica anatómica denominada insuflación, la cual fue aplicada a 5 bloques de vísceras toracoabdominales. Esto resultó en una flexibilidad que permite que el modelo se pueda usar como un simulador híbrido tanto para broncoscopia como para cirugía laparoscópica como se puede apreciar en el [\(video 2\)](#).



Video 2. Muestra la mejora en la coloración y en la flexibilidad que brinda el método DPineda.

DISCUSIÓN

El uso del formaldehído ha sido controvertido en el embalsamado de cuerpos humanos, principalmente porque es un excelente fijador²⁹ y, por lo tanto, difícil de sustituir en fórmulas de preservación. Por otro

lado, existe evidencia del daño ocasionado por la exposición prolongada a esta sustancia, lo que ha llevado a su clasificación como agente cancerígeno del grupo 1, asociado con cáncer nasofaríngeo y leucemia³⁰.

Estudios epidemiológicos demostraron que los embalsamadores y los trabajadores de la industria funeraria tienen un mayor riesgo de desarrollar cánceres del tracto respiratorio superior debido a la exposición ocupacional al formaldehído³¹.

Por lo tanto, y debido a los datos mencionados anteriormente, la reducción de la concentración de formaldehído del 20% al 6% que se logró en esta nueva fórmula es importante para reducir el riesgo de exposición a los profesores, alumnos y técnicos que realizan el embalsamado de los cuerpos. Esto también favorece a muchas universidades que continúan utilizando fórmulas para la preservación de cadáveres humanos con altas concentraciones de formaldehído.

El tiempo necesario para que un cadáver humano embalsamado pudiera ser utilizado se redujo de 3 meses a 15 días, lo cual resultó crucial para ambas instituciones. En el caso de la UNAM, en ese momento, trabajábamos con cuerpos no reclamados, que solo teníamos en préstamo por un año. Dado que el proceso de preparación era de 3 meses, sumado a los períodos de vacaciones y días de asueto, reducía el tiempo útil para las prácticas de disección. Esta mejora tuvo un impacto positivo en nuestras actividades académicas. Esta situación es común en muchas universidades, donde la eficiencia en la preparación de los cuerpos es esencial para maximizar el tiempo dedicado a la enseñanza práctica.

La eliminación del uso de piletas de inmersión tanto para la preparación inicial como para la conservación a largo plazo de los cadáveres humanos es crucial, ya que reduce la contaminación ambiental al evitar el empleo de miles de litros de sustancias contaminantes como el formaldehído en altas concentraciones presentes en las piletas tradicionales³².

Como podemos observar en la **(Tabla I)**, la mayor parte de las fórmulas usan inmersión, por lo tanto, es muy frecuente el uso de piletas en instituciones educativas que realizan prácticas de disección.

Existe una fórmula de preservación que mejora el color de los tejidos, manteniendo la flexibilidad y la textura, y fue descrita por Walter Thiel. Es usada en diferentes campos de investigación biomédica³³. Tiene buenos resultados, pero algunas limitantes en comparación con la fórmula DPineda. La primera es que el costo es muy elevado, los componentes son difíciles de conseguir en comparación con la fórmula DPineda que es económica y las soluciones empleadas son muy comunes, por lo tanto, fáciles de conseguir en la mayor parte de los países.

Las fórmulas tradicionales, como la que usamos en la UNAM y UCR durante más de 60 años, se caracterizan por deshidratar los tejidos y volverlos más rígidos debido a las altas concentraciones de formaldehído,

presentando también una coloración marrón/café debido a la oxidación del ácido fénico que provoca formación de quinonas³⁴. La combinación de estos fenómenos, especialmente la deshidratación, resulta en poca flexibilidad, dificultando la adecuada identificación de estructuras anatómicas y complica la disección por planos anatómicos, como se puede observar en la **(Figura 5)**.



Figura 5. Muestra el intestino delgado con el método DPineda, se aprecia la capacidad de repletar arterias de pequeño calibre.

Además, comparamos la flexibilidad de la fórmula DPineda, frente a la rigidez de la fórmula tradicional, como se puede evidenciar en el **(video 3)**.



Video 3. Muestra la coloración de los tejidos y la disección por planos. La mitad está pigmentada y la otra mitad muestra el color natural.

CONCLUSIONES

La fórmula propuesta mejoró la calidad de la preservación al reducir el uso de formaldehído y sus efectos adversos. Su aplicación en dos importantes universidades de América Latina subrayó su potencial para ser adoptada ampliamente en otras instituciones educativas, proporcionando una alternativa segura para los profesores, alumnos y técnicos de laboratorio.

La nueva fórmula DPineda, al reducir la concentración de formaldehído, fue crucial para disminuir el riesgo de exposición a esta sustancia, clasificada como agente cancerígeno. Permitió que los cuerpos embalsamados estuvieran listos para su uso en prácticas de disección en solo 15 días, en comparación con los 3 meses necesarios con métodos tradicionales. Esto mejoró la eficiencia y el tiempo disponible para la enseñanza práctica, beneficiando a las instituciones que trabajan con cuerpos no reclamados en préstamo por períodos limitados.

La eliminación de piletas de inmersión puede reducir la contaminación ambiental, evitando el uso de miles de litros de sustancias contaminantes, como el formaldehído en altas concentraciones, comúnmente presente en las piletas tradicionales. Comparada con otras fórmulas como Thiel, la fórmula DPineda fue más económica y utilizó componentes más fáciles de conseguir, lo que la hizo una opción viable para muchas instituciones educativas en América Latina y otros lugares.

La fórmula permitió el uso de técnicas anatómicas como la insuflación, proporcionando modelos flexibles que pudieron utilizarse como simuladores híbridos para procedimientos como broncoscopias y cirugías laparoscópicas. Además, mostró potencial para aplicarse en museografía, ampliando su impacto y utilidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a los auxiliares forense de ambas instituciones que nos han ayudado mucho en la implementación y los resultados obtenidos hasta el momento, en especial agradecemos a Gonzalo Mejida Mediana, quien por sus años de experiencia y su tradición familiar nos ha brindado información esencial para poder lograr mejores resultados.

REFERENCIAS

1. Brenner E. Human body preservation – old and new techniques. *J Anat.* 2014;224(3):316-344. Available from: <https://doi.org/10.1111/joa.12160>
2. Enrique R, Omaña E, Ángeles MDL, Rodríguez G, Morales JA. Ética, filosofía e historia de la medicina El arte de la disección a través del tiempo. 2006;8(33):254–8.
3. Aziz MA, McKenzie JC, Wilson JS, Cowie RJ, Ayeni SA, Dunn BK. The human cadaver in the age of biomedical informatics. *Anat Rec.* 2002;269(1):20-32.
4. Elizondo-Omaña RE, Guzman-López S, Garcia-Rodriguez De L. Dissection as a teaching tool: Past, present and future. *Anat Rec.* 2005;285B:11–15.

5. Ghosh SK. Human cadaveric dissection: A historical account from ancient Greece to the modern era. *Anat Cell Biol.* 2015;48:153–169.
6. Rizzolo LJ, Stewart WB. Should we continue teaching anatomy by dissection when...? *Anat Rec B New Anat.* 2006;289(6):215-218.
7. Strzelecka, I. (2008). *Voices of Memory 2. Medical Crimes. The Experiments in Auschwitz.* Auschwitz-Birkenau State Museum. ISBN 978-83-7704-095-9. Retrieved from <https://books.auschwitz.org>
8. Duque JE, Barco J, Morales G. La Disección In vivo (Vivisección): Una Visión Histórica. *Int J Morphol.* 2014;32(1):101–105. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022014000100017&lng=en&nrm=iso&tlng=en
9. Rakusa, D., Kaloh, M., & Milisav, I. (2021). Preservation of cadavers for anatomical dissection using different embalming methods. *Folia Morphologica*, 80(3), 733-741. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00418-021-01957-1>
10. Brenner E. Human body preservation – old and new techniques. *J Anat.* 2014;224:316-344.
11. Fitzharris L. *The Butchering Art: Joseph Lister's Quest to Transform the Grisly World of Victorian Medicine.* New York: Scientific American/Farrar, Straus and Giroux; 2017.
12. Balta JY, Cronin M, Cryan JF, O'Mahony SM. Human preservation techniques in anatomy: A 21st century medical education perspective. *Clin Anat.* 2015;28(6):725–734. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ca.22585>
13. Balta JY, Cryan JF, O'Mahony SM. The Antimicrobial Capacity of Embalming Solutions: A Comparative Study. *J Appl Microbiol.* 2018;0–3. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/jam.14191>
14. Wolff D, Villa P, Neirreitter A, Ruibal C, Ugon GA, Salgado G, et al. Estudio Comparativo entre Soluciones Conservadoras con y sin Formol en Placenta Humana Comparative Study between Conservative Solutions with and without Formaldehyde in Human Placenta. *Int J Morphol.* 2012;30(2):432–438.
15. Beltrán JA. Historia de la preservación de cadáveres humanos. *Morfología.* 2009;3:5–10.
16. Saeed M, Rufai AA, Elsayed SE. Mummification to plastination. *Saudi Med J.* 2001;22(11):956–959.
17. Blessing A, Olubunmi E, Abidemi O. Human Embalming Techniques: A Review. *Am J Biomed Sci.* 2018;10(2):82–95.
18. Brenner E. Human body preservation - old and new techniques. *J Anat.* 2014;224(3):316–344.
19. Wilcox RR, Muska J. Comparing Correlation Coefficients. *Commun Stat - Simul Comput.* 2002;31(1):49–59. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/SAC-9687281>

20. Saeed M, Rufai AA, Elsayed SE. Mummification to plastination. *Saudi Med J*. 2001;22(11):956–959.
21. Sánchez Carpio C, Andromaco M, Páez R, Barello M del R, Pedernera G. Estudio de nuevas técnicas para conservación de piezas anatómicas, Plastinación. *Rev Salud Publica*. 2012;3(XVI):27–32.
22. Moscol GJ, Castro Ch I. Técnicas de conservación anatómicas, Lima 1977.
23. Muñetón Gómez CA, Ortiz JA. Preparación en glicerina: una técnica para la conservación prolongada de cuerpos en anatomía veterinaria. *Rev Med Vet*. 2013;1(26):91-99.
24. Guillén JF, Aponte MA, Bernal YV, Díaz YN, Leguizamón CS, Peña JD, Romero DP. Método de conservación de cadáveres adaptado de solución fijadora conservadora chilena, basado en procedimientos de ensayo y error. *Semilleros Med Revista*. 15.
25. Thiel W. Ergänzung für die Konservierung ganzer Leichen nach W. Thiel. *Ann Anat*. 2002;184(3):267-269. doi: 10.1016/S0940-9602(02)80121-2.
26. Coleman R, Kogan I. An improved low-formaldehyde embalming fluid to preserve cadavers for anatomy teaching. *J Anat*. 1998;192(3):443–446.
27. Kalanjati V, Prasetiowati L, Alimsardjono H. The use of lower formalin-containing embalming solution for anatomy cadaver preparation. *Med J Indones*. 2012;21:203–207.
28. Muñetón Gómez CA, Ortiz JA. Preparation in Glycerin: A Technique for Prolonged Preservation of Bodies in Veterinary Anatomy. *Rev Med Vet (Bogota)*. 2013;(26):115–122.
29. Thavarajah R, Mudimbaimannar VK, Elizabeth J, Rao UK, Ranganathan K. Chemical and physical basics of routine formaldehyde fixation. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2012;16(3):400-5.
30. International Agency for Research on Cancer (IARC). Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2006;88.
31. Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, Blair A. Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries. *J Natl Cancer Inst*. 2003;95(21):1615-23.
32. Salthammer T, Mentese S, Marutzky R. Formaldehyde in the indoor environment. *Chem Rev*. 2010;110(4):2536-72.
33. Ottone NE, Vargas CA, Fuentes R, del Sol M. Walter Thiel's Embalming Method: Review of Solutions and Applications in Different Fields of Biomedical Research. *Int J Morphol [Internet]*. 2016 Dec [cited 2024 Jul 01];34(4):1442-54. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022016000400044.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022016000400044>.

34. D'Andrade, B. W., & Forrest, S. R. (2004). White organic light-emitting devices for solid-state lighting. *Advanced Materials*, 16(18), 1585-1595

Convocatorias y actividades



Sociedad Mexicana
de Anatomía A.C.



Universidad Veracruzana

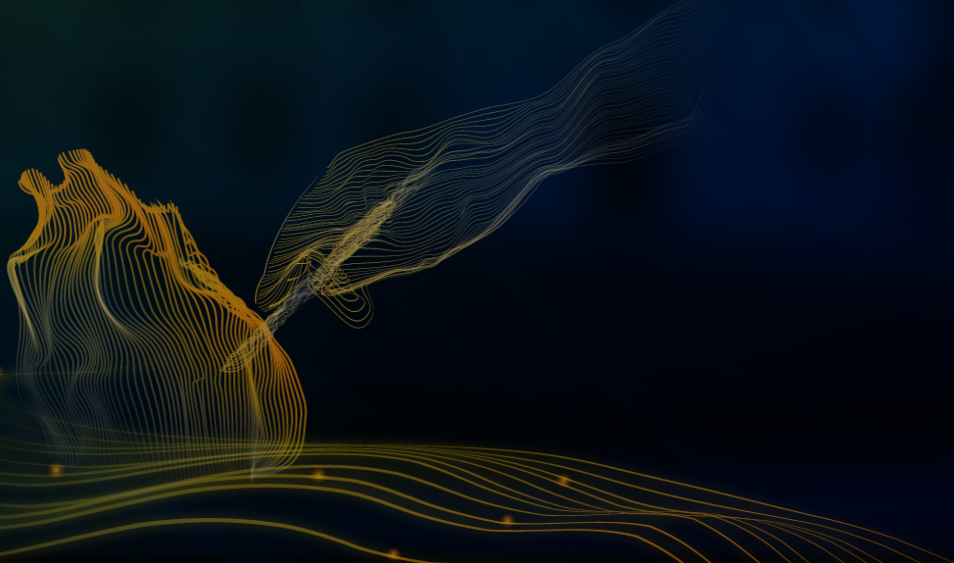


Veracruz
2024



23 al 27 de septiembre 2024

Inscripción aquí





 **Sociedad Mexicana de Anatomía A.C.**

 **Universidad Veracruzana**

 **Universidad Veracruzana 80 Aniversario**

¡Ya abrimos la Convocatoria de recepción de los TRABAJOS LIBRES!

Inscripción aquí

 **XXX Congreso Nacional de Anatomía**
"Dra. Luz María del Castillo Reynoso"

 **Primer Encuentro Mexicano Anatomía Quirúrgica SMA**




Sociedad Mexicana
de Anatomía A.C.


Universidad Veracruzana


Universidad Veracruzana
1944 2024
80
Aniversario


**II CONCURSO
DE FOTOGRAFÍA**
MORFOLÓGICA • Veracruz 2024

**¡Ya abrimos la Convocatoria del
II CONCURSO DE FOTOGRAFÍA
MORFOLÓGICA**

[Inscripción aquí](#)


**XXX Congreso
Nacional
de Anatomía**
"Dra. Luz María del Castillo Reynoso"


Primer Encuentro
Mexicano
Anatomía Quirúrgica
SMA



XVI CONCURSO
NACIONAL ESTUDIANTIL DE
MORFOLOGÍA

Veracruz 2024

ETAPA SEMIFINAL DEL XV CONCURSO NACIONAL
ESTUDIANTIL DE MORFOLOGÍA

23 DE SEPTIEMBRE 2024

* UNIVERSIDAD DEL VALLE DE MÉXICO (UVM/UVR),
Veracruz Boca del Río, Blvd. Adolfo Ruiz Cortinez 4298, Costa de Oro, 94299 Veracruz

HORARIO

CATEGORÍA

10:00-11:50 AM

ANATOMÍA

12:00-13:50 PM

EMBRIOLOGÍA

15:00-16:50 PM

NEUROANATOMÍA

17:00-19:00 PM

HISTOLOGÍA



Centro de cómputo 1 y 2
Aulas de cómputo 3 y 4



Simposio:

“Retos contemporáneos en los programas de Donación de Cuerpos para la Docencia y la Investigación en México”

HOTEL HOLIDAY INN, SALÓN CENTROAMÉRICA
MIÉRCOLES 25 DE SEPTIEMBRE, 2024
09:00-11:30 hrs

Ponentes:



Dr. Rodrigo Elizondo
Omaña, UANL (Moderador)



Dr. Alberto Manuel
Ángeles Castellanos, UNAM



Dr. Xavier Gerardo
Quiroz Perales, UANL



Dra. Juliana Marisol
Godínez Rubí, UDG



Lic. Laura Torres
Torres, UANL



ENCUENTRO DE ANTROPOLOGÍA FORENSE

"La Antropología y la Medicina Forense aportando en la resolución de un problema nacional"



*Dra. Lorena Valencia
Caballero*



*Dr. Fabián Tapia
Rivera*



*Dra. Tania Pérez
González*



*A.F. Julia Sánchez
Torrijos*

Departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

MIÉRCOLES 25 DE SEPTIEMBRE, 2024

15:30-17:30 hrs

HOTEL HOLIDAY INN, SALÓN NORTEAMÉRICA

4K



**MIÉRCOLES 25
DE SEPTIEMBRE**

MANUEL ÁVILA CAMACHO.
Coordina: Dr. Joaquín Cardeñas Libreros.





**SEMINARIO DE
MORFOLOGÍA COMPARADA**
"DR. SANTIAGO AJA GUARDIOLA"


*Dr. Germán Isauro
Garrido Fariña*


*Dra. Samantha Jardon
Xicotencatl*


*Dra. María Reyes
Pichardo Molinero*

MIÉRCOLES 25 DE SEPTIEMBRE, 2024
12:30-14:30 hrs

HOTEL HOLIDAY INN, SALÓN CENTROAMÉRICA

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES, REVISTA PANAMERICANA DE MORFOLOGÍA

La **REVISTA PANAMERICANA DE MORFOLOGÍA**, órgano oficial de la **SOCIEDAD MEXICANA DE ANATOMÍA A.C.**, considera para su publicación todas las comunicaciones relacionadas con el amplio campo de la MORFOLOGÍA; incluye investigaciones originales, artículos de revisión, reporte de casos, revisiones históricas y cartas al editor.

Los artículos deben ser originales, inéditos y enviados exclusivamente a la **REVISTA PANAMERICANA DE MORFOLOGÍA**. Se considerarán 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 **REVISTA PANAMERICANA DE MORFOLOGÍA** se reserva todos los derechos de publicación.

MANUSCRITOS. Los artículos deberán enviarse en formato digital al correo electrónico de la Revista: revistapanamericanademorfologi@gmail.com

Incluir en una carpeta el manuscrito, figuras, tablas, etc.

Los manuscritos deberán ser escritos en castellano o en inglés, en formato Microsoft Word 2000 o superior, en letra Calibri, a espaciado 1.5, en formato tamaño carta y con margen de 2.5 cm por los cuatro lados.

Se recomienda que los manuscritos de artículos de investigaciones originales y los de revisión no excedan de 15 páginas escritas con las características antes mencionadas. Los reportes de casos deberán de tener una extensión máxima de siete páginas y las cartas al editor no más de dos páginas.

En artículos de **investigaciones originales**, el manuscrito deberá llevar el siguiente orden: 1) Página frontal; 2) Resumen (en castellano y en inglés); 3) Texto; y 4) Referencias bibliográficas. Los Pies de figura, las Tablas y las Ilustraciones deberán de ir cada una en un archivo aparte. Las páginas deberán ir numeradas en el ángulo superior derecho.

En artículos de **revisión**, de **reporte de casos** y de **revisiones históricas**, el contenido y orden del manuscrito queda a consideración de los autores, según crea conveniente. Si se incluye alguna ilustración previamente publicada deberá tenerse el permiso por escrito del autor y de la editorial encargada de dicha publicación.

PÁGINA FRONTAL. Incluirá: a) Título completo del trabajo, el cual debe ser breve, en un máximo de 15 palabras; b) Nombres y apellidos de los autores; c) Departamento de adscripción e Institución en que labora el (los) autor (es); d) Nombre, dirección, teléfono, y correo electrónico del autor a quien deba dirigirse toda correspondencia; e) Subvenciones otorgadas para el desarrollo de la investigación (si procede); y f) Título corto del trabajo (de no más de 20 caracteres).

RESÚMENES. En cualquier tipo de manuscrito, con excepción de las cartas al editor, se enviará un resumen en español y otro en inglés. Deberán ser concisos y explícitos (no deberán exceder de 250 palabras cada uno), señalando claramente el objetivo del trabajo, el material y método, los resultados y las conclusiones. No usar citas bibliográficas ni abreviaturas.

Al final de los resúmenes, en línea aparte, deberán listarse de 3 a 5 palabras clave, en español e inglés, que serán usadas en el índice de cada volumen para su fácil localización por las personas interesadas en el tema.

TEXTO. Los artículos de investigaciones originales serán estructurados en las siguientes secciones: a) Introducción, b) Material y Método, c) Resultados, d) Discusión, e) conclusiones, y f) agradecimientos.

Los artículos de reporte de casos tendrán las siguientes secciones: a) Introducción, b) Reporte del caso, c) Discusión, d) Conclusiones; y e) Agradecimientos (si procede).

Los artículos de revisión y de revisiones históricas, el orden del texto queda a criterio de los autores.

Los valores numéricos de pesos y medidas serán utilizando el Sistema Métrico Decimal, con las abreviaturas correspondientes. Deberán evitarse al máximo el uso de otro tipo de abreviaturas, y cuando alguna sea imprescindible será debidamente identificada la primera vez que se utilice.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Las referencias bibliográficas deberán ser listadas y numeradas (números arábigos) por orden alfabético. No incluir citas “en prensa” ni comunicaciones personales, si bien estas últimas pueden ir intercaladas en el texto, siempre y cuando se envíe autorización por escrito de la persona involucrada. Todas las referencias deben estar completas y precisas conforme al estilo Vancouver y las abreviaturas del nombre de las revistas deben de ser como se utilizan en el Index Medicus. Las citas de artículos en Internet deberán incluir todos los datos de acceso a las mismas. Todas las citas bibliográficas deben aparecer en el texto del manuscrito con el número que le corresponda y en superíndice. En cualquiera de los casos se escribirán el apellido e iniciales de los nombres de todos los autores, sin puntos ni comas entre ellos; entre un autor y otro se colocará una coma.

- **Artículos en revistas médicas:** a) Apellidos e iniciales de todos los autores, b) Título del artículo, c) Nombre de la revista en letras itálicas (abreviado cuando así proceda), d) Año de la publicación, e) Número del volumen en negritas, y f) Primera y última página del artículo.

Ejemplo: Herrera I, Puente J, Espinosa G, Canchola E. Alteraciones morfológicas en la rata Wistar por la administración de 6-aminonicotinamida durante los días 12, 13 y 14 de vida intrauterina. *Arch Mex Anat Nueva Época* 2003; **1**: 61-65.

- **Libros:** a) Apellidos e iniciales de todos los autores, b) Título del libro en letras itálicas, c) Edición (si no es la primera), d) Editorial, e) Ciudad, f) Año de edición, g) Páginas consultadas (si procede).

Ejemplo: de Lara Galindo S: *Manual de Técnicas de Disección*. HARLA, S.A. México, D.F., 1987.

- **Capítulo de libro:** a) Apellidos e iniciales de todos los autores del capítulo, b) Título del capítulo, c) Título del libro en letras itálicas, d) Edición (si no es la primera), e) Apellidos e iniciales de los Editores, autores o recopiladores del libro, f) Editorial, g) Ciudad, h) Año de edición del libro, i) Páginas inicial y final del capítulo.

Ej: García-Peláez I: Desarrollo embriológico normal. En *Cardiopatías Congénitas. Diagnóstico Morfológico*. Arteaga Martínez M, Fernández Espino R. Ediciones Norma, S.A. Madrid, 1986. pp 107-121.

PIES DE FIGURA. Deberán ser breves y precisos, señalando al final de su redacción, por orden alfabético, las abreviaturas empleadas con su definición correspondiente. En caso de fotomicrografías debe señalarse la tinción y/o contrastación de la preparación y su magnificación.

TABLAS. Se deberán numerar con números romanos según el orden de aparición en el texto. Llevarán un título informativo en la parte superior y las abreviaturas con su definición en la parte inferior.

ILUSTRACIONES. Pueden ser simples o compuestas. Deberán enviarse las imágenes digitales de excelente calidad, preferentemente en formato JPG o TIFF, y cada figura en un archivo separado. Los esquemas y gráficos podrán o no tener etiquetas según lo consideren los autores. Todas las figuras deberán ser originales; en caso de reproducción de figuras de otros trabajos deben enviarse junto con las ilustraciones, un permiso de los editores de la revista o libro donde se publicaron originalmente dichas ilustraciones.

CONFLICTOS DE INTERÉS. Los autores deberán señalar que no existe ningún conflicto de interés con la información aportada.

AGRADECIMIENTOS. Cuando estos sean necesarios, hacerlos en forma breve al final del texto y en renglón aparte.

CORRESPONDENCIA. Deberá hacerse a el correo electrónico de la Revista antes señalado:

Correo electrónico: revistapanamericanademorfologi@gmail.com

Sitio web: <https://sociedadmexicanadeanatomia.com/1233-2/>



Re vis ta

Panamericana
de Morfología

Mesa Directiva 2023-24 · Año académico Dr. Miguel Ángel Herrera Enríquez

Editorial Archivos Mexicanos de Anatomía desde 1960