

 hogrefe

Manual[®]
moderno

Capítulo muestra

Cardiología





EL LIBRO MUERE CUANDO LO FOTOCOPIA

AMIGO LECTOR:

La obra que usted tiene en sus manos posee un gran valor. En ella, su autor ha vertido conocimientos, experiencia y mucho trabajo. El editor ha procurado una presentación digna de su contenido y está poniendo todo su empeño y recursos para que sea ampliamente difundida, a través de su red de comercialización.

Al fotocopiar este libro, el autor y el editor dejan de percibir lo que corresponde a la inversión que ha realizado y se desalienta la creación de nuevas obras. Rechace cualquier ejemplar "pirata" o fotocopia ilegal de este libro, pues de lo contrario estará contribuyendo al lucro de quienes se aprovechan ilegítimamente del esfuerzo del autor y del editor.

La reproducción no autorizada de obras protegidas por el derecho de autor no sólo es un delito, sino que atenta contra la creatividad y la difusión de la cultura.

Para mayor información comuníquese con nosotros:



Editorial El Manual Moderno, S. A. de C.V.
Av. Sonora 206, Col. Hipódromo, 06100
Ciudad de México.

Editorial El Manual Moderno Colombia S.A.S.
Carrera 12-A No. 79-03/05
Bogotá, DC



Cardiología

Segunda edición

Dr. Guillermo Saturno Chiu

Cardiólogo clínico
Profesor titular, asignatura de Clinopatología del Aparato Cardiovascular,
Instituto Politécnico Nacional
Profesor adjunto del curso de Cardiología clínica de posgrado,
Universidad Nacional Autónoma de México
Miembro titular, Asociación Nacional de Cardiólogos de México, ANCAM
Vocal del Consejo Mexicano de Cardiología
Director de la Unidad Médica de Alta Especialidad
Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS.

Dra. Karina Lupercio Mora

Cardiología Clínica con Alta Especialidad en Ecocardiografía
Maestría en Ciencias de la Salud y Doctorado en Alta Dirección
Jefe de División de Educación en Salud, UMAE,
Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.
Profesor Adjunto del Curso de Especialidad de Cardiología de Posgrado,
Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social,
Universidad Nacional Autónoma de México.
Profesor Adjunto del Curso de Cardiología de Pregrado,
Facultad Mexicana de Medicina, Universidad Lasalle.
Profesor Invitado del Curso de Cardiología de Pregrado,
Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional
Miembro Activo de la Asociación Nacional de Cardiólogos de México.
Miembro Activo de la Sociedad Nacional de Ecocardiografía de México.

Editor responsable:

Dr. Francisco Javier Guerrero del Río
Editorial El Manual Moderno



**Nos interesa su opinión
comuníquese con nosotros:**



Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.,
Av. Sonora No. 206, Col. Hipódromo,
Alcaldía Cuauhtémoc, 06100, Ciudad de México



+52 (55) 5265 - 1100



info@manualmoderno.com
quejas@manualmoderno.com

¡Síguenos!



www.manualmoderno.com

IMPORTANTE

Los autores y la Editorial de esta obra han tenido el cuidado de comprobar que las dosis y esquemas terapéuticos sean correctos y compatibles con los estándares de aceptación general en la fecha de la publicación. Sin embargo, es difícil estar por completo seguro que de toda la información proporcionada es totalmente adecuada en todas las circunstancias. Se aconseja al lector consultar cuidadosamente el material de instrucciones e información incluido en el inserto del empaque de cada agente o fármaco terapéutico antes de administrarlo. Es importante, en especial, cuando se utilizan medicamentos nuevos o de uso poco frecuente. La Editorial no se responsabiliza por cualquier alteración, pérdida o daño que pudiera ocurrir como consecuencia, directa o indirecta, por el uso y aplicación de cualquier parte del contenido de la presente obra.

Cardiología 2ª edición

D.R. © 2024 por Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.

ISBN: 978-607-448-944-6

ISBN: 978-607-448-943-9 versión electrónica

Miembro de la Cámara Nacional
de la Industria Editorial Mexicana, Reg. núm. 39

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema alguno de tarjetas perforadas o transmitida por otro medio —electrónico, mecánico, fotocopiador, registrador, etcétera— sin permiso previo por escrito de la Editorial.

Para mayor información en:

- Catálogo de producto
 - Novedades
 - Pruebas psicológicas en línea y más
- www.manualmoderno.com



es marca registrada de
Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.

Biblioteca Nacional de México (BNM). Catalogación en Publicación (CIP).

Autores: Saturno Chiu, Guillermo, editor. | Lupercio Mora, Karina, editor.

Título: Cardiología / [editores] Guillermo Saturno Chiu, Karina Lupercio Mora.

Descripción: 2a. edición. | Ciudad de México : Editorial El Manual Moderno, 2024.

| Incluye bibliografías e índice.

Identificadores: ISBN

BNM 997647449908686

Temas: Cardiología. | Corazón-- Anatomía. | Corazón--Enfermedades--Diagnóstico.

| COVID-19 (Enfermedad).

Clasificación CDD23: 616.12

Director editorial:
Mtra. Sandra Núñez Valle

Editora de desarrollo:
**Mtra. Vanessa Berenice
Torres Rodríguez**

Diseño de portada:
PONG EDUCATION 4 PEOPLE

Dr. Eduardo Almeida Gutiérrez

Cardiólogo egresado del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Alta especialidad en Ecocardiografía en el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Maestro en Ciencias Médicas, UNAM. Doctor en Alta Dirección. Director de Educación e Investigación en Salud, Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Investigador Asociado, Instituto Mexicano del Seguro Social. Profesor de Posgrado en el Curso de Cardiología, UNAM.

Capítulo 30

Dr. David Cardona Müller

Cardiólogo clínico con Doctorado en Farmacología por la Universidad de Guadalajara. Profesor de medicina en la Universidad de Guadalajara y coordinador de la unidad de mecánica vascular en esta universidad.

Capítulo 3

Dr. Ernesto German Cardona Muñoz

Cardiólogo Clínico, Centro Médico Nacional, Instituto Mexicano del Seguro Social, Instituto Mexicano del Seguro Social. Maestría en farmacología (CINVESTAV-IPN). Doctorado en Investigación (U de G). *Fellow American College of Cardiology*. Miembro Titular y Honorario de ANCAM y SMC. Miembro del SIN. Miembro Fundador de GREHTA. Profesor Investigador (50 años) y Director del Instituto de terapéutica Experimental y Clínica (INTEC) de la Universidad de Guadalajara.

Capítulo 3

Dra. Montserrat Carrillo Estrada

Cardióloga ecocardiografista y cardiooncóloga. Adscrita a la Consulta Externa de Cardiooncología, Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.

Capítulo 28

Dr. José Ángel Cigarroa López

Especialista en Cardiología y Ecocardiograma, Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Profesor Adjunto del Curso de Alta Especialidad en Insuficiencia Cardíaca, UNAM. Jefe de Servicio de Insuficiencia Cardíaca Avanzada y Trasplantes de la UMAE. Hospital de Cardiología del CMN Siglo XXI, IMSS. Miembro Titular de la Asociación Nacional de Cardiólogos de México (ANCAM) y Miembro Titular de la Sociedad Mexicana de Cardiología. Miembro de la Sociedad Europea de Cardiología. Miembro de la Asociación Europea de Insuficiencia Cardíaca. *Fellow of the American College of Cardiology*.

Capítulo 17

Dr. Aníbal Eduardo Cruz Montalvo

Cardiología Clínica por el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Doctorado en Alta Dirección. Jefatura de Consulta Externa, el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Capítulo 22

Dr. Enrique Díaz Díaz

Cardiólogo Clínico egresado del Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social. Director Médico de la UMAE Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social. Maestría en Teoría Cardiovascular por la Universidad Católica De Murcia, España. Profesor Titular de la Materia de Cardiología de la Facultad Mexicana de Medicina, Universidad La Salle

Capítulo 13

Dr. Joel Estrada Gallegos

Cardiología Clínica e Intervencionista por el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Jefe de Servicio de Hemodinamia Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Profesor Titular del Curso de Cardiología Intervencionista, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Capítulo 10

Dr. Héctor Galván Oseguera

Cardiología Clínica. Jefe de la División de Cardiología de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social. Expresidente de la Asociación Médica del Hospital de Cardiología, A.C

Capítulo 12, 33

Dra. Yoloxóctil García Jiménez

Cardióloga con alta especialidad en Cardiología intervencionista y Hemodinamia por el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI México. Vocal del Consejo Prevención Cardiovascular, Sociedad Interamericana de Cardiología. Miembro titular de la Asociación Nacional de Cardiólogos de México. Coordinadora Nacional de la Iniciativa por el Corazón de la Mujer ANCAM. Miembro del Colegio Mexicano de Cardiología Intervencionista y Terapia Endovascular. Miembro de la Sociedad Veracruzana de Salud Pública, México. Profesora Titular del posgrado en Cardiología en la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Especialidades 14, Veracruz. Médico adscrito al servicio de Cardiología, UMAE Hospital de Especialidades 14 IMSS, Veracruz

Capítulo 16

Dra. Agustín Gutiérrez Zamora

Cardiología Clínica con Alta Especialidad en Cardiología Nuclear por el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Especialista en Resonancia Magnética Cardiovascular por el Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”. Especialista en Tomografía Multicorte Cardiovascular, Policlínica POVISA, Galicia, España.

Capítulo 9

Dr. David Luna Pérez

Cardiólogo Clínico e Intervencionista, egresado y jubilado del Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS. Actual Coordinador de Cardiología del Hospital Ángeles Metropolitano. Maestría en Alta Dirección. Diplomado en Profesionalización del Docente, IMSS. Profesor Invitado en el Curso de Médicos Internos de Pregrado, UNAM, Hospital Ángeles Metropolitano. Profesor Invitado del Curso de Posgrado en Medicina Interna, Universidad la Salle en el Hospital Ángeles Metropolitano.

Capítulo 11

Dr. José Antonio Magaña Serrano

Cardiólogo. Especialista en Insuficiencia Cardíaca, Universidad de Zúrich. Titular de la División de Insuficiencia Cardíaca y Trasplante, UMAE Hospital de Cardiología, CMN Siglo XXI. Presidente Asociación Nacional de Cardiólogos de México. *Fellow American College of Cardiology y European Heart Failure Association.*

Capítulo 17

Dr. Horacio Márquez González

Cardiología Pediátrica. Médico Adscrito, Servicio de Cardiopatías Congénitas UMAE, Hospital de Cardiología CMN, SXXI. Servicio de Investigación Clínica, Hospital Infantil de México Federico Gómez. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1 Investigador C del IMSS e Institutos Nacionales de Salud.

Capítulo 29, 31

Dr. Tomás de Jesús Martínez Jaimes

Profesor Titular Curso de Cardiología Clínica, Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Médico Cardiólogo Clínico Adscrito a Unidad Coronaria Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI. Médico en Adiestramiento en Cardiología Intervencionista. Ex Jefe De Residentes De Cardiología Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Capítulo 10, 23

Dr. Luis Antonio Moreno Ruiz

D. en C. Cardiólogo-Ecocardiografista. Miembro Titular de ANCAM, SONECOM. Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

Capítulo 25

Dr. Rodrigo Núñez Méndez

Cardiólogo Clínico e Intervencionista adiestrado en el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con Mención Honorífica. Licenciado en Medicina, Universidad Autónoma de Baja California (UABC) con Mención Honorífica. Cardiólogo Clínico e Intervencionista en el Centro Cardiológico Detección y Tratamiento Mexicali. Médico Adscrito al Servicio de Hemodinamia, Hospital General de Mexicali. Líder Emergente de la Sociedad Interamericana de Cardiología (SIAC). Presidente de la Asociación de Fellows y Residentes Cardiólogos de México A.C. (ARCAME) 2021-2023

Capítulo 10

Dr. Fernando Ortiz Galván

Cardiología Clínica. Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Máster Universitario en Avances en Cardiología U.C.A.M Murcia, España. Profesor Titular de la Cátedra de Cardiología en el CU Sur, Universidad de Guadalajara. Socio Titular de la SMC. Miembro Titular de la ANCAM. Ex presidente del Colegio de cardiólogos de Jalisco A.C

Capítulo 7

Dr. Alex Pacheco Bouthillier

Medicina en Facultad de Medicina, UNAM. Cardiología y Alta Especialidad en Electrofisiología en el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS. Actualmente Jefe del Servicio de Arritmias y Estimulación Cardíaca del Instituto Cardiovascular de Mínima Invasión.

Capítulo 32

Dra. Ariadna Columba Rechy Rivera

Cardióloga Clínica egresada del Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Jefe de División de Auxiliares de Diagnóstico Hospital De Cardiología CMN Siglo XXI, IMSS. Profesora Titular del Curso de Cardiología de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora Titular del Curso de Pregrado Aparato Cardiovascular, Instituto Politécnico Nacional.

Capítulo 21

Dr. Carlos Riera Kinkel

Jefe de la División de Cirugía Cardiorrástica, Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI. Profesor de Posgrado de la Cátedra de Cirugía Cardiorrástica, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestro en Ciencias y Gestión en Salud. Miembro Numerario Academia Nacional de Pediatría y Cirugía. Vicepresidente de la Sociedad Mexicana de Cirugía Cardíaca.

Capítulo 1,2, 27

Dr. Marco Antonio Robles Rangel

Cardiólogo adscrito a la UMAE, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS. Certificado por el Consejo Mexicano de Cardiología. Certificado en Cuidados Cardíacos Agudos por la Sociedad Europea de Cardiología (ESC). Instructor de Soporte Vital Cardiovascular Avanzado (ACLS), Asociación Americana del Corazón (AHA).

Capítulo 14, 15, 33

Dra. Diana Romero Zertuche

Cardiología. Ecocardiografía. Maestra en Ciencias. Profesor Adjunto del Curso de Especialidad de Posgrado en Cardiología, Universidad Nacional Autónoma de México. Encargada de la División de Investigación en Salud. UMAE Hospital de Cardiología CMN SXXI.

Capítulo 8

Dr. Martín Rosas Peralta

Medicina Interna Cardiología. Maestría y Doctorado en Ciencias Médicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Epidemiología Clínica, Yale University, USA. Miembro titular Academia Nacional de Medicina. Ex Presidente del Consejo Mexicano de Cardiología. Sistema Nacional de Investigadores Nivel II.

Capítulo 12

Dra. Edith Dalila Ruiz Gastelum

Cardiología Clínica por el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Maestría en Teoría cardiovascular y Máster en Avances en Cardiología, UCAM, Universidad Católica San Antonio Murcia, España. Coordinadora del Capítulo de Prevención Secundaria en ANCAM (2022-2024). Miembro Titular de la ANCAM y de la SMC. Miembro del Colegio Americano de Cardiología. *Fellow of American College of Cardiology*. Miembro del Capítulo de Prevención de la Sociedad Europea de Cardiología. Máster en Cardio-onco-hematología por la Sociedad Española de Imagen

Capítulo 24

Dra. Sheila Vania Sánchez López

Cardiología Clínica por el Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Cardiopatías Congénitas del Adulto por el Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”. Médico Adscrito al Servicio de Cardiopatías Congénitas, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Médico Adscrito al Servicio de Cardiología, Instituto Nacional de Perinatología.

Capítulo 29

Dra. Julieta Alejandra Saturno Lobos

Médico Pasante en Servicio Social. Licenciatura de Médico Cirujano, Universidad Westhill.

Capítulo 21

Dr. Juan Ignacio Soto González

Cardiólogo Clínico con Alta Especialidad en Ecocardiografía, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, UNAM. Médico Adscrito al Servicio de Cardiología, UMAE Hospital de Especialidades 14 Centro Médico Nacional Adolfo Ruiz Cortines, Instituto Mexicano Seguro Social. Profesor Adjunto del Curso de Posgrado de Cardiología, UMAE Hospital de Especialidades 14 Centro Médico Nacional Adolfo Ruiz Cortines, Instituto Mexicano del Seguro Social, Universidad Veracruzana.

Capítulo 18

Dra. Lucelli Yáñez Gutiérrez

Presidenta de la Asociación Médica del Hospital de Cardiología Siglo XXI. Jefa de Servicio de Cardiopatías Congénitas UMAE Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI. Cardióloga Clínica, Alta Especialidad en Cardiopatías Congénitas, Maestría en Ciencias Médicas. Doctorado Alta Dirección, Profesor titular Curso Alta Especialidad Cardiopatías Congénitas del Adulto, UNAM. Fellow Sociedad Interamericana de Cardiología. Titular del Capítulo de Cardiopatías Congénitas de ANCAM.

Capítulo 29, 31.



Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra

Prólogo a la primera edición

Los retos de la cardiología mexicana moderna precisan de una obra actualizada y visionaria, que permita a los estudiantes de medicina adquirir los fundamentos básicos y avanzados de la función del corazón y los sistemas relacionados. Es por ello que un grupo de expertos de reconocida trayectoria del Instituto Mexicano del Seguro Social, encabezados por el Dr. Guillermo Saturno Chiu, proponen la obra *Cardiología*, la cual está compuesta de 33 capítulos, como la herramienta que todo estudiante de medicina debe tener en su biblioteca, ya que contiene información actualizada, objetiva y enriquecida de la experiencia vanguardista de autores, que se han formado y desempeñado en la institución de seguridad social más grande de América Latina, ya que brinda en todo el país más de 17.5 millones de consultas al año por enfermedades cardiovasculares por medio de médicos familiares y especialistas.

México requiere de obras académicas en medicina como *Cardiología*, que permitan responder a los problemas de salud que aquejan a su población. Los cambios en la pirámide poblacional, la transición epidemiológica, la vida social y cultural moderna, son factores que influyen en el incremento de las enfermedades crónico-degenerativas como hipertensión, diabetes, dislipidemias, obesidad y sobrepeso, por lo que es importante que las nuevas generaciones tengan un aprendizaje basado en los estándares nacionales e internacionales que les permita ser parte de la solución en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares.

El conocimiento básico de la cardiología, desde la embriología, anatomía, fisiología y el arte de hacer una historia clínica, son parte del contenido de este libro; el uso de los estudios paraclínicos de imagen permiten una certeza diagnóstica menos invasiva y que las intervenciones terapéuticas sean más precisas y modernas; con este enfoque se desarrollan en esta obra de manera práctica las principales causas de atención en la cardiología, tales como cardiopatía isquémica, aguda y crónica, insuficiencia cardíaca, valvulopatías, miocarditis, enfermedades del sistema de conducción, dispositivos cardiacos, cardiopatías congénitas, entre otros temas importantes.

Es un gran orgullo presentar esta obra tan basta de conocimientos modernos, digeridos por la experiencia de grandes profesionales de la cardiología mexicana; mi enorme agradecimiento a Guillermo Saturno Chiu por esta distinción inmerecida; *Cardiología* es el resultado de un esfuerzo conjunto que refleja la noble labor de enseñar a las nuevas generaciones, con el liderazgo de un profesional de indudable reconocimiento académico y calidad moral; Guillermo, seguramente este libro marcará el antes y después en el aprendizaje de nuestra especialidad; mucha suerte y esperamos más ediciones en el futuro.

Dra. Gabriela Borrayo Sánchez



Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra

Prólogo a la segunda edición

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) representan la primera causa de mortalidad que continúa incrementándose, por lo cual constituye el principal problema de salud pública a nivel mundial.

Las ECV son un grupo de desórdenes del corazón y de los vasos sanguíneos, entre las que se incluyen las cardiopatías coronarias, las enfermedades cerebrovasculares, las arteriopatías periféricas, entre otras. Las enfermedades isquémicas del corazón y las enfermedades cerebrovasculares ocasionan la mayor mortalidad.

En México, el panorama de las ECV no es diferente, ya que son el principal motivo de mortalidad y discapacidad, particularmente entre las poblaciones vulnerables como las que viven en la pobreza, los adultos mayores y las personas con comorbilidades. Aun cuando varios estudios estiman la carga de la enfermedad y la carga económica de las ECV en México, aún no existe una comprensión integral de su impacto total en la población y el sistema de salud.

En el último reporte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Estadísticas de defunciones registradas 2022*, se contabilizaron 841 318 defunciones atribuibles a ECV, esto sólo da pie a resaltar y señalar la importancia que tienen para el país este grupo de enfermedades.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) tiene una gran tradición en el manejo de patologías cardíacas, solo por recordar, en el instituto se realizó el primer trasplante de corazón en México por el Dr. Rubén Arguero, hace 35 años y también ahí se desarrolló el concepto de código infarto, hace un poco más de una década que ha salvado miles de vidas en el instituto, creando conciencia y acciones no sólo en el área médica sino en la sociedad en su conjunto.

Tengo el gusto de presentar hoy la segunda edición del libro **Cardiología**, editado por el Doctor Guillermo Saturno Chiu, después de una primera edición muy exitosa hace algunos años. El nuevo texto no sólo actualiza el contenido de la primera edición, sino incorpora nuevos temas de gran actualidad y vigencia con colaboradores del más alto nivel de la cardiología mexicana. La trascendencia es grande, ya que representa un esfuerzo continuado a favor de la actualización médica y desarrollo profesional de uno de los tópicos de mayor importancia en la salud pública y medicina clínica.

La obra constituye por sí misma un esfuerzo enorme, muy bien logrado y sin duda será un éxito y consulta obligada para los estudiosos de la cardiología y quien desee adentrarse en ese fascinante músculo que nos da vida, desde los conceptos básicos hasta los más avanzados.

Muchas felicidades a los autores, principalmente al Dr. Guillermo Saturno Chiu por este gran libro, que está por convertirse en un clásico de la cardiología mexicana.

Dr. German Enrique Fajardo Dolci

Presidente de la Academia Nacional de Medicina de México



Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra

Prefacio a la primera edición

La medicina es, sin duda, una de las ciencias más complejas por aprender. Implica, como primer paso, adquirir un conocimiento con bases teóricas firmes, para ello se establece la necesidad de conocer la anatomía y fisiología del cuerpo humano, y comprender el milagro que implica el funcionamiento normal de cada uno de los órganos y sistemas. Como segundo paso, aprender las bases teóricas y fisiopatológicas de las enfermedades. La comprensión de las mismas se hace más sencilla si se tienen bases fisiológicas sólidas, lo cual ayudará a entender de mejor manera los hallazgos clínicos de cada patología. Como tercer paso, continúa una fase sumamente importante, el contacto frecuente con las personas que padecen esas patologías.

Bajo la guía tutorial de expertos, el estudiante identifica, diagnostica y establece un tratamiento en cada uno de estos enfermos. Dicha fase tiene distintas circunstancias, dudas, alegrías y tristezas. Este viaje implica años de preparación y no podría rendir frutos si médicos expertos en la materia no guiaran y proporcionaran, en un acto de profunda humildad y bondad, los conocimientos y la experiencia a cada uno de los médicos en formación. En esta fase, el estudiante se da cuenta que lo que hay son seres humanos enfermos, no enfermedades. El enfermo puede padecer no sólo una patología, sino varias, una de ellas puede enmascarar el cuadro de la otra y sólo con profundas bases clínicas es posible establecer el diagnóstico. Por último sobreviene una etapa en que el médico deberá enfrentar sólo a los enfermos, lo que establece sin duda otra etapa de aprendizaje y actualización en cada enfermedad estando al tanto de avances, conductas y modalidades innovadoras de tratamiento.

Dentro de la medicina es precisamente la Cardiología una de las ramas que exige una atención especial en el estudiante. Esta exigencia se basa en lo fascinante y asombroso que es el corazón en su funcionamiento. Latido a latido todos los eventos eléctricos y mecánicos deben ocurrir en perfecta sincronía, sin retrasos ni adelantos, sin fallas, y con una perfecta asociación para satisfacer las necesidades básicas de todos los órganos que dependen directamente de él. Debido a este trabajo el corazón expresa fenómenos eléctricos que se continúan con fenómenos mecánicos y éstos expresan datos hemodinámicos perfectamente mesurables tanto clínicamente como con pruebas no invasivas o invasivas. Dentro de un sistema circulatorio cerrado y en paralelo una falla, un retraso, una comunicación inadecuada, una oclusión arterial coronaria o un impedimento al libre paso del flujo sanguíneo expresa problemas que muestran evidencias clínicas y que, de no solucionarlas, avanzarán hasta un punto que pueden cobrar hasta la vida del enfermo.

En la enseñanza de la Cardiología durante más de 18 años, he tenido la oportunidad de observar de manera directa la preocupación del estudiante por tener un libro de texto básico que facilite el aprendizaje en la materia. Que contenga los elementos principales que le permitan aprender de una forma fácil, clara y sobre todo actual en esta asignatura. Atendiendo esta necesidad nace este libro que tiene como contenido 33 capítulos, los fundamentales y actuales en la cardiología. Asimismo, constituye un viaje que el estudiante hará en el aprendizaje de esta materia, desde la embriología a los aspectos hemodinámicos de las cavidades. Desde una semiología estricta y detallada hasta la resonancia magnética pasando por los elementos básicos tratados de la manera más clara posible: el electrocardiograma normal y patológico así como la serie cardiaca radiográfica. La conducta actual en los síndromes coronarios agudos hasta la cardiopatía isquémica crónica. En último lugar, desde las cardiopatías congénitas a las valvulopatías propias del paciente senil. El libro contiene también dos elementos de suma importancia en la formación del médico, lo actual en la reanimación cardiopulmonar básica y avanzada, y los fármacos en la cardiología. Contiene imágenes sencillas, demostrativas y detalladas, tanto de aspectos fisiológicos como de las diversas patologías cardiacas. Estas imágenes incluyen electrocardiogramas, radiografías, ecocardiogramas, tomografías e imágenes de resonancia magnética que intentan demostrar con claridad lo que se explica en el texto. Asimismo contiene cuadros y flujogramas actuales sobre la conducta en las enfermedades agudas y crónicas del corazón y los grandes vasos. El contenido, el número de capítulos y el texto está desarrollado y conceptualizado de tal manera que represente la información importante para el estudiante, sin información adicional no clara y en ocasiones poco útil por su bajo sustento. Es decir, pretende tener toda la información que sirva en su asignatura.

De este concepto destaco la experiencia de los participantes. Si bien un servidor escribe un número considerable de capítulos, muchos otros son escritos por cardiólogos expertos, todos egresados y la gran mayoría en activo en uno de los mejores hospitales que tratan exclusivamente enfermedades del corazón, el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI. El hospital representa para todos nosotros nuestro hogar académico, cuna de muchas generaciones y de destacados cardiólogos, lugar donde se imparte la asignatura de Cardiología para las universidades de mayor prestigio en el país y en donde cada uno de los colaboradores del libro participa, de una u otra manera, en la formación de estudiantes de medicina y de residentes en cardiología clínica.

Es por ello que agradezco a cada uno de los colaboradores la participación en esta obra. Su aportación tiene un incalculable valor y no hubiera podido elaborarse sin su valiosa experiencia. Extiendo el agradecimiento a sus familias porque sabemos que para elegir las figuras, imágenes, elaborar los diagramas, los cuadros y escribir el texto se le debe robar tiempo a todo, incluyendo a la familia. Para ellos mi profundo reconocimiento a la flexibilidad y cariño que implica esta labor. De ahí destaco sin duda, el reconocimiento a mi familia, a mi esposa y a mis hijos quienes me apoyaron con humildad y profundo amor los casi dos años invertidos en la elaboración de esta obra. Desde concebirlo como una idea, casi un sueño, hasta que llegue a las manos del primer estudiante de Medicina. Para ti, como estudiante, debes saber que elaborar un libro implica un arduo trabajo para escribirlo, invitar colaboradores, ajustar los textos y establecer revisiones. En esta experiencia se cruzan aspectos que ponen en riesgo la consumación del libro, dentro de ellas se incluyen hasta crisis de salud. Por ello agradezco a Dios la consumación de este gran reto y el otorgarme la satisfacción de que el estudiante pueda leer lo que consideramos útil y actual en la Cardiología.

Para concluir comparto dos metas que pretende la publicación de este libro. El primero, que el estudiante lo aplique como su libro básico en el aprendizaje de la cardiología. Este constituye el objetivo principal, del cual esperamos que esta obra sirva a cada estudiante en su for-

mación académica. El otro es un objetivo aún mayor. Si este libro produce en algún estudiante el encendido de una llama interna que abra su corazón y su conciencia para definir la cardiología como su objetivo de vida, entonces este libro, aunque sea en uno solo, habrá definido y habrá servido en un aspecto fundamental en la vida de ese estudiante. Será entonces que cada uno de nosotros como participantes en su elaboración sentiremos un honor, de inmensa grandeza, en darle la bienvenida en una de las decisiones más trascendentales en nuestra vida y la que nos ha brindado satisfacciones y sentimientos de inmensa pasión y alegría: ser, con todo lo que expresa esta profesión, un cardiólogo clínico.

Dr. Guillermo Saturno Chiu





Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra

Prefacio a la segunda edición

La Cardiología es una de las ramas de la Medicina que exige una atención especial al estudiante. El funcionamiento del corazón envuelve un tono de fascinación y conlleva un aprendizaje arduo y disciplinado para comprenderlo. En cada latido, los eventos eléctricos y mecánicos deben ocurrir en perfecta sincronía, sin fallas, cada uno en su momento para que la cantidad de sangre precisa y adecuada llegue a los pulmones o a la circulación sistémica. Un retraso, una comunicación entre los sistemas de manera anormal, una oclusión arterial coronaria, una enfermedad valvular pueden expresar evidencias clínicas de ello. Si no se solucionan se caerá en una falla muy difícil de resolver, falla que puede cobrar la vida al enfermo.

Durante muchos años he constatado la preocupación del estudiante de medicina por esta asignatura. En la primera edición se consolidó un proyecto para que este libro significara la base de la asignatura en las diversas universidades del país. Este camino no ha sido fácil y ante el vertiginoso avance de esta rama de la Medicina nace esta Segunda Edición.

Para ello se amalgamó un grupo de autores expertos en la materia para continuar la labor de la primera edición: Intentar explicar de una manera sencilla y actual las bases de la Cardiología a los médicos en formación. Incluye de una manera clara, sencilla y precisa la Semiología Cardiovascular, la Electrocardiografía, la serie cardiaca, etc. Asimismo los criterios diagnósticos y terapéuticos actuales las principales arritmias cardiacas, la Hipertensión Arterial Sistémica, los Síndromes Coronarios, las Cardiomiopatías y especial atención en un capítulo especial: El corazón y el COVID-19.

En esta obra destaco la experiencia de los participantes. Especialistas en cada tema y la mayoría egresados o en conexión con la UMAE Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI. El hospital representa para todos nosotros nuestro hogar académico, lugar donde se imparte la asignatura de Cardiología para las universidades de mayor prestigio en el país y en donde cada uno de los colaboradores participa en la formación de estudiantes de Medicina y de residentes de Cardiología Clínica o Cirugía Cardiovascular y Torácica.

Espero que esta obra cumpla las expectativas académicas y continúe siendo el libro básico en el aprendizaje de la Cardiología.

Dr. Guillermo Saturno Chiu
Dra. Karina Lupercio Mora



Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra

A Juan Pablo...

Porque mi lucha no puede compararse a tu lucha por
encajar en esta implacable sociedad...



Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra

Contenido

Colaboradores	V
Prólogo a la primera edición.....	XI
Prólogo a la segunda edición	XIII
Prefacio a la primera edición	XV
Prefacio a la segunda edición.....	XIX
Dedicatoria	XXI

Capítulo 1. Embriología cardiovascular..... 1

Carlos Riera Kinkel

Capítulo 2. Anatomía del corazón, grandes vasos y sistemas de conducción 17

Carlos Riera Kinkel

Capítulo 3. Fisiología cardiopulmonar y ciclo cardiaco 31

Guillermo Saturno Chiu,
David Cardona Müller,
Ernesto Germán Cardona Muñoz

Capítulo 4. Historia clínica y
semiología cardiovascular 45

Guillermo Saturno Chiu,
Karina Lupercio Mora

Capítulo 5. Radiografía del corazón y
los grandes vasos 79

Guillermo Saturno Chiu

Capítulo 6. Electrocardiograma normal 97

Guillermo Saturno Chiu

Capítulo 7. Introducción al
electrocardiograma patológico 125

Guillermo Saturno Chiu,
Fernando Ortiz Galván

Capítulo 8. Ecocardiografía básica 171

Diana Romero Zertuche,
Karina Lupercio Mora

Capítulo 9. Tomografía multidetector y resonancia magnética en cardiología 213

Agustín Gutiérrez Zamora

Capítulo 10. Cateterismo cardiaco 235

Rodrigo Núñez Méndez,
Tomás de Jesús Martínez Jaimes,
Joel Estrada Gallegos

Capítulo 11. Otras pruebas diagnósticas en cardiología 253

David Luna Pérez,
Guillermo Saturno Chiu

Capítulo 12. Hipertensión arterial sistémica 269

Héctor Galván Oseguera,
Martín Rosas Peralta

Capítulo 13. Prevención del riesgo cardiovascular 289

Enrique Díaz Díaz

Capítulo 14. Síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST 311

Marco Antonio Robles Rangel

Capítulo 15. Infarto de miocardio con elevación del segmento ST 343

Marco Antonio Robles Rangel

Capítulo 16. Síndrome coronario crónico 395

Yoloxócitl García Jiménez,
Guillermo Saturno Chiu

Capítulo 17. Insuficiencia cardiaca crónica y aguda . . 445

José Antonio Magaña Serrano,
José Ángel Cigarroa López

Capítulo 18. Tromboembolia pulmonar 473

Juan Ignacio Soto González

Capítulo 19. Hipertensión pulmonar 491

Karina Lupercio Mora

Capítulo 20. Fiebre reumática 509

Karina Lupercio Mora

Capítulo 21. Valvulopatías 519

Guillermo Saturno Chiu,
Ariadna Columba Rechy Rivera,
Julieta Alejandra Saturno Lobos

Capítulo 22. Miocarditis 559

Aníbal Eduardo Cruz Montalvo

Capítulo 23. Enfermedades del pericardio 577

Tomás de Jesús Martínez Jaimes

Capítulo 24. Endocarditis infecciosa 589

Guillermo Saturno Chiu,
Edith Dalila Ruiz Gastélum

Capítulo 25. Miocardiopatías 607

Luis Antonio Moreno Ruíz

Capítulo 26. Enfermedades de la aorta 625

Karina Lupercio Mora

Capítulo 27. Tumores cardiacos 639

Carlos Riera Kinkel

Capítulo 28. El corazón en situaciones especiales 655

Karina Lupercio Mora,
Montserrat Carrillo Estrada

Capítulo 29. El corazón y el embarazo 689

Sheila Vania Sánchez López,
Lucelli Yáñez Gutiérrez,
Horacio Márquez González

Capítulo 30. Infección por SARS-CoV-2 y el sistema cardiovascular 701

Eduardo Almeida Gutiérrez

Capítulo 31. Cardiopatías congénitas. 711

Horacio Márquez González,
Lucelli Yáñez Gutiérrez

Capítulo 32. Dispositivos intracardiacos. 751

Alex Pacheco Bouthillier

Capítulo 33. Reanimación cardiopulmonar en el adulto 771

Héctor Galván Oseguera,
Marco Antonio Robles Rangel

Índice 793



Manual[®]
Moderno

Capítulo muestra



Carlos Riera Kinkel

Objetivos del capítulo

Al concluir la lectura del capítulo será capaz de:

1. Comprender la embriogénesis cardiaca.
2. Determinar los acontecimientos cardiacos en el primer trimestre de vida.
3. Conocer la formación de las aurículas y los ventrículos.
4. Entender el desarrollo de los grandes vasos.
5. Reconocer la formación del sistema de conducción cardiaco.

INTRODUCCIÓN

La embriología se define como la biología del desarrollo desde la concepción hasta el final del segundo mes, es decir, las primeras nueve semanas. La embriología ayuda a clarificar la etiología (causas básicas) y la morfogénesis (patogenia) de las malformaciones cardiacas, y a comprender el origen de las cardiopatías congénitas complejas, lo cual facilita su diagnóstico clínico correcto (figura 1-1, cuadro 1-1 y figura 1-2).

EMBRIOGÉNESIS NORMAL

TERCERA SEMANA DE VIDA

Desde el punto de vista del desarrollo cardiovascular, los principales acontecimientos de la tercera semana, de los 15 a 21 días, se resumen como sigue.

1. En los seres humanos, el **mesodermo** se desarrolla a partir del **ectodermo** en el día 15. Es a partir del mesodermo que se forma el sistema cardiovascular.
2. Los orígenes del tubo cardiaco son grupos de células angiogénicas que se encuentran en la placa o excrecencia cardiogénica. La placa cardiogénica, que se deriva del mesodermo esplacnopleural, aparece a los 18 días. Se encuentra en los planos craneal y lateral a la placa neural.

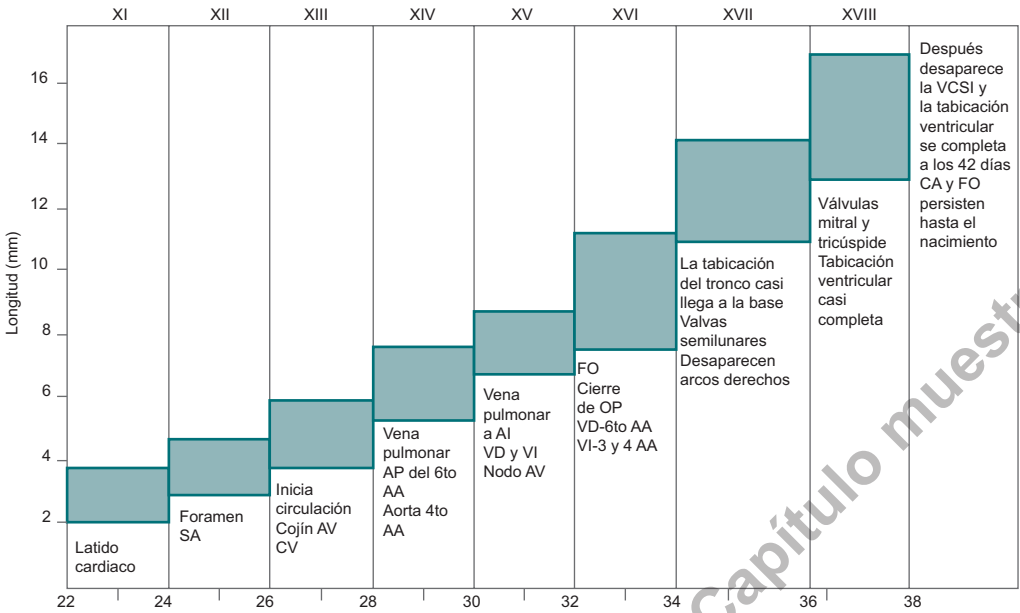


Figura 1-1. Etapas u horizontes del desarrollo de Streeeter en el embrión humano. Las etapas (horizontes) se indican en la parte superior en números romanos. Las edades embrionarias se muestran en la parte inferior en días. Las longitudes embrionarias aparecen a la izquierda en milímetros (mm). Se indican las principales características del desarrollo cardiovascular de cada horizonte. SA, sinoauricular; AV, auriculoventricular; CV, conducto venoso; AP, arteria pulmonar; AA, arco aórtico; AI, aurícula izquierda; VD, ventrículo derecho, VI, ventrículo izquierdo, FO, foramen ovale; OP, ostium primum; VCSI, vena cava superior izquierda; CA, conducto arterioso.

Cuadro 1-1. Principales sucesos en el desarrollo cardiovascular				
Semanas	Días	Somitas	Longitud (mm)	Sucesos cardíacos
1 a 2	0 a 20	1	1.5	No hay corazón ni grandes vasos
3	20	2	1.5	Placa cardiogénica
	21	5	1.5	Tubos endocárdicos
4	22	10	2	Fusión de los tubos endocárdicos
	23	12	2	Sólo medio tubo cardíaco, primera contracción
	25	17	2.5	Bucle cardiogénico
	26	20	3	Aurícula única
5	29	25	4	Aurícula bilobulada
	30	26	4	Inicio de la circulación
	31	28	4.8	Septum primum
	35		7.5	Orificio AV, corazón de tres cámaras
	36		8.5	Septum secundum
6	39		10	Tabique inferior completo
	40		10.5	Tabicación de bulbo y ventrículo
	42		13	División del tronco arterial
	49		20	Corazón de cuatro cámaras, absorción de venas pulmonares
8	50			El tracto de salida (aorta y tronco pulmonar) están completamente separados

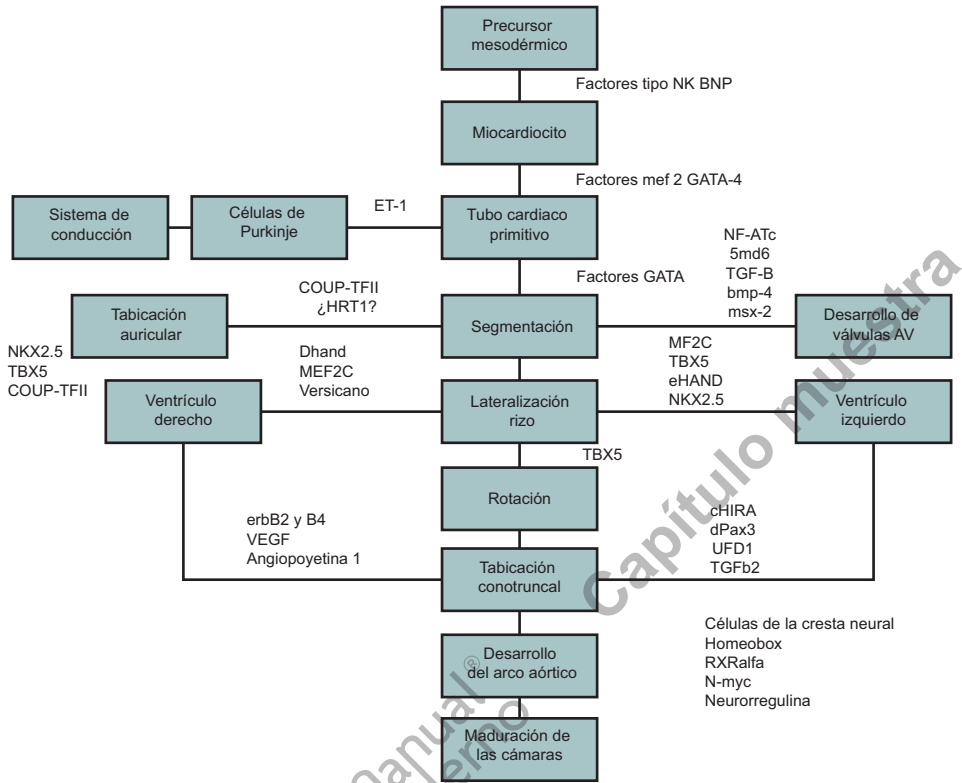


Figura 1-2. Principales pasos en la morfogénesis cardíaca. La formación de las válvulas, ventrículos, aurículas y sistema de conducción se halla bajo la interacción de un grupo de proteínas reguladoras que pueden actuar de forma independiente o en una vía común. Los factores necesarios para los distintos pasos durante la cardiogénesis se indican al lado de las flechas.

3. El **celoma intraembrionario** se desarrolla el día 18 de la vida. La cavitación del mesodermo forma el celoma intraembrionario, del cual se originan todas las cavidades del cuerpo, esto es, pericárdica, pleural y peritoneal (figura 1-3 y cuadro 1-2).
4. La recién formada protuberancia del tubo cardíaco en la cavidad pericárdica se adhiere a la pared dorsal por un pliegue de tejido, el mesodermo dorsal. Éste es un derivado del mesodermo esplacnopleural del intestino anterior. Estos grupos de células angiogénicas se aglutinan para formar los tubos endocárdicos (figura 1-4) derecho e izquierdo. Cada tubo se continúa en sentido craneal con una aorta dorsal, su tracto de salida, y en sentido caudal, con una vena viteloumbilical, su tracto de entrada. Al final, estos se rompen y dejan el tubo cardíaco suspendido en la cavidad pericárdica, fijada de modo craneal por la aorta dorsal y de manera caudal por las venas viteloumbilicales.
5. La etapa de **tubo recto del corazón**, o de pretorsión, se desarrolla por lo general a los 20 días (figuras 1-5 B). Por analogía con los embriones de pollo, es posible que los latidos del corazón en el hombre comienzan en la fase de tubo recto o en la etapa temprana de la dextrotorsión o levotorsión (figuras 1-5 A y C).
6. La formación del bucle cardíaco, normal a la derecha (forma dextro) y anormal a la izquierda (forma levo), inicia a los 21 días de desarrollo intrauterino (figuras 1-5 A y C).

El plegado lateral y craneal del embrión coloca los tubos en la cavidad torácica. Como resultado, estos tubos llegan a estar más cerca entre sí y se empiezan a fusionar en dirección caudocraneal.

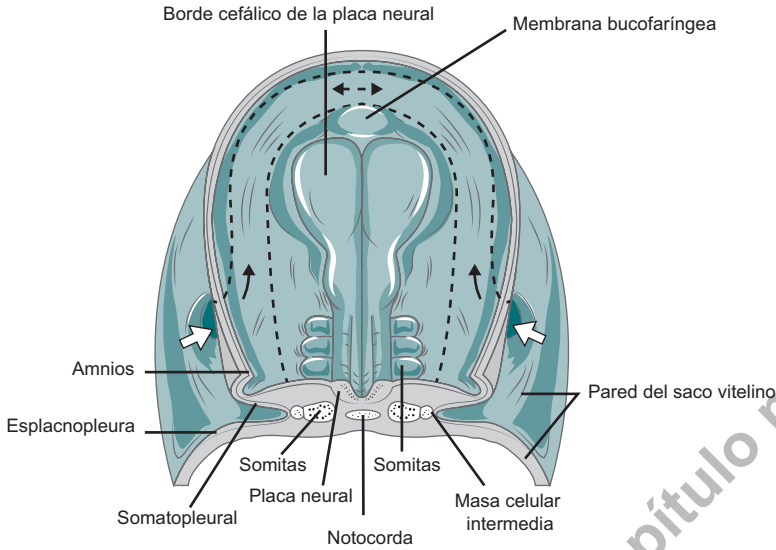


Figura 1-3. Representación esquemática de la parte craneal de un embrión de somitas. Muestra las relaciones del celoma intraembriónico, el desarrollo de la placa neural y la continuidad entre el celoma intraembriónico y extraembriónico. Las flechas blancas indican los cruces entre los dos celomas. Las flechas punteadas se encuentran en el celoma intraembriónico.

Cuadro 1-2. Desarrollo cardiovascular a la tercera semana		
Día	Longitud	Sucesos
16, 17	Presomita	Grupos de células cardiogénicas se colocan en la placa cardiogénica
18 a 20	Presomita	Se forman los dos tubos endocárdicos y se empiezan a acercarse entre ellos
21, 22	1.8 mm 2 somitas	Los dos tubos endocárdicos se fusionan para formar un tubo cardíaco único. El tubo cardíaco entra a la región torácica por flexión cefálica y lateral

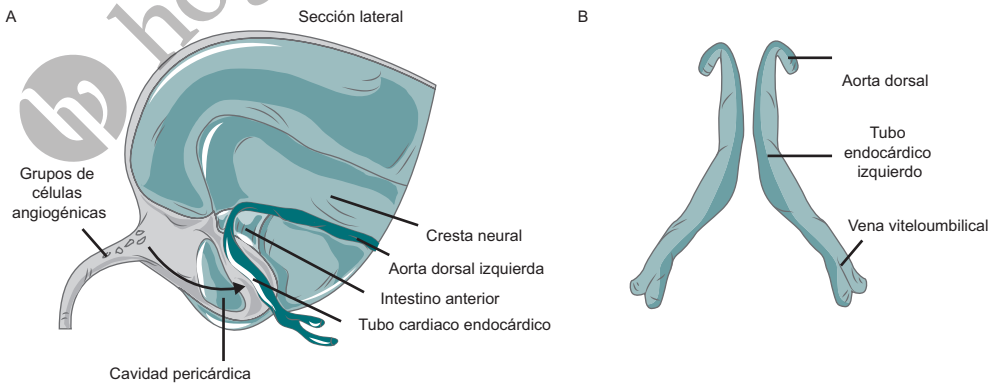


Figura 1-4. Tubos endocárdicos. A) Vista lateral. B) Tracto de entrada y salida.

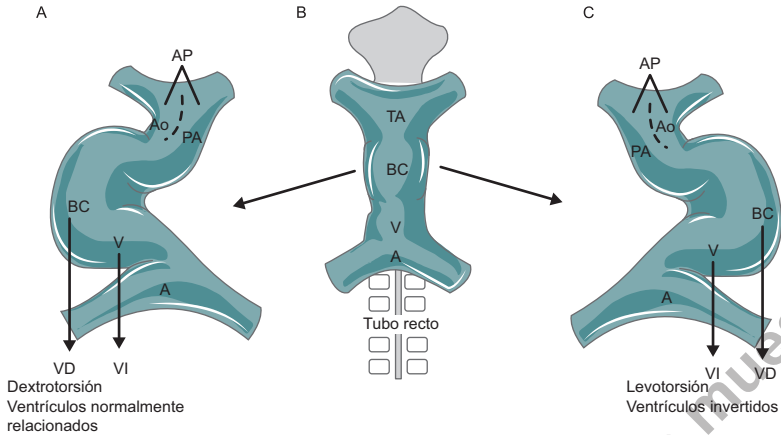


Figura 1-5. Formación del bucle cardíaco. **A)** Dextrorrotación, con ventrículos en *situs solitus* (no invertido). **B)** Tubo del corazón recto o en fase de prebucle. **C)** Levotorción con inversión de los ventrículos (imagen en espejo). A, aurícula; Ao, aorta; BC, bulbos cordis; AP, arteria pulmonar; TA, tronco arterial; V, ventrículo; VD, ventrículo derecho; VI, ventrículo izquierdo.

Aproximadamente en el día 21 se fusionan en su totalidad (figura 1-6). Al protruir en la cavidad se convierte en una capa de miocardio (figura 1-7). Una capa de matriz acelular, la gelatina cardíaca, separa el miocardio y el tubo cardíaco endotelial. Este tubo cardíaco recién formado puede dividirse en las siguientes regiones (de abajo hacia arriba):

- a) **Seno venoso:** consiste en los cuernos izquierdo y derecho.
- b) Par de **aurículas primitivas:** estas estructuras se fusionan más tarde para formar la aurícula común.
- c) **Surco auriculoventricular:** divide la aurícula y el ventrículo primitivo.
- d) **Ventrículo primitivo:** se expande para convertirse en el ventrículo izquierdo (figura 1-8).
- e) **Surco interventricular:** divide el ventrículo primitivo y el *bulbus cordis*.
- f) **Bulbus cordis:** puede dividirse como sigue:
 1. *Bulbus cordis:* la parte proximal forma el ventrículo derecho.
 2. *Conus cordis.*
 3. Tronco arterial.
- g) **Saco aórtico.**



Figura 1-6. Vista ventral de la fusión de los tubos endocárdicos con la cavidad pericárdica.

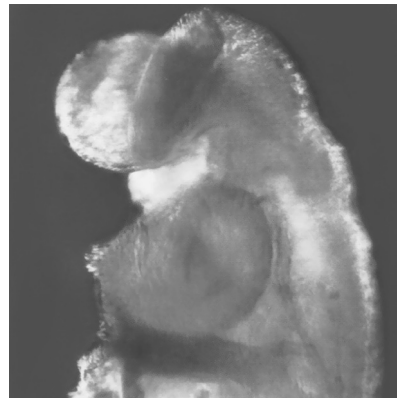


Figura 1-7. Corazón primitivo que ocupa gran parte del cuerpo del embrión y que inicia su latido a los 22 días.

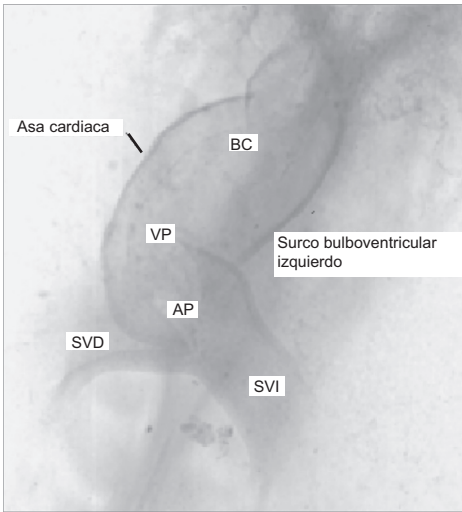


Figura 1-8. Imagen al microscopio de luz (10x) de embrión de pollo en cultivo con tinción verde brillante que muestra el asa cardiaca a los 22 días del desarrollo y el plano frontal y los futuros ventrículos. BC, bulbus cordis; VP, ventrículo primitivo; AP, aurícula primitiva; SVD, seno venoso derecho; SVI, seno venoso izquierdo.

CUARTA SEMANA DE VIDA

Las características del desarrollo cardiovascular de los días 22 a 28 son las siguientes:

1. En condiciones normales se ha completado la formación del bucle cardiaco con torsión a la derecha (horizonte XI).
2. Comienza el desarrollo del ventrículo izquierdo morfológico y del ventrículo derecho morfológico (horizonte XIII).
3. Inicio de la circulación.
4. Se inicia la tabicación cardiovascular.
5. Comienza el desarrollo de los arcos aórticos.

PARTICIÓN AURICULAR

Cuando el tubo cardiaco forma el asa bulboventricular las dos aurículas primitivas se fusionan para formar una aurícula común (figuras 1-9 A y B). Se encuentra ahora en un plano craneal hacia el ventrículo primitivo y dorsal en el *bulbus cordis*. El tronco arterial está en el techo de la aurícula común y ocasiona una depresión e indica dónde se produce la tabicación auricular. La partición de la aurícula comienza con la aparición del *septum primum* en el día 28. Se trata de una cresta de tejido que crece a partir de la pared dorsal de la aurícula hacia los cojinetes endocárdicos: el *ostium* (abertura) formado por el borde libre del *septum primum* es el *ostium primum* (figura 1-10).

Antes de que el *septum primum* se fusione con los cojines endocárdicos aparecen perforaciones en la parte superior del *septum primum*. Estas perforaciones se unen para formar el *ostium secundum*. A diferencia del *septum primum*, el *septum secundum* no se fusiona con los cojinetes endocárdicos. Su borde libre constituye el foramen oval. La válvula venosa izquierda y el *septum spurium*, situado en la pared dorsal de la aurícula derecha, se fusionan con el *septum secundum* a medida que crece (figura 1-10 y cuadro 1-3).

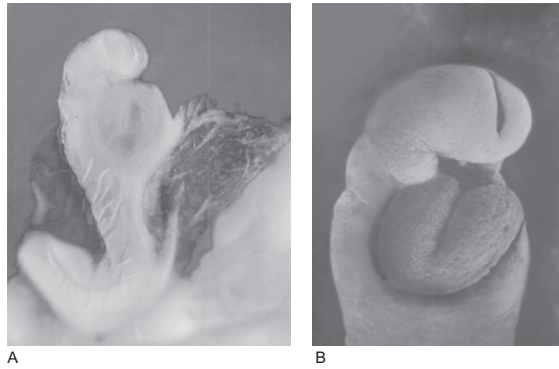


Figura 1-9. A) El embrión a los 24 días mide 4 mm y está implantado firmemente en la pared del útero; su forma recuerda a un caballito de mar y el pequeño corazón se extiende casi hasta la cabeza. B) Aspecto del corazón de un embrión de 24 días, que ya late de forma rápida y rítmica.

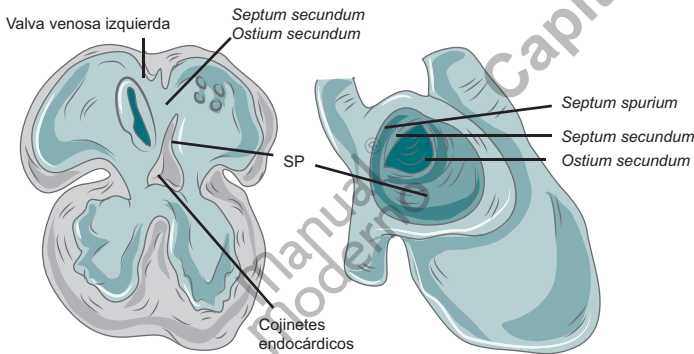


Figura 1-10. Esquema del corazón a los 28 días. SP, *septum primum*.

Cuadro 1-3. Desarrollo cardiovascular en la cuarta semana		
Día	Longitud	Sucesos
22	2 mm 4 somitas	Los dos tubos endocárdicos se han fusionado por completo para formar el tubo cardiaco único. El corazón inicia su latido El mesodermo esplacnopleural cubre el tubo cardiaco y forma la cavidad pericárdica
23	2.2 a 2.5 mm 7/8 somitas	El tubo cardiaco crece rápidamente y se envuelve a sí mismo
24	14 somitas	La unión sinoauricular localizada al centro se desvía a la derecha. Aparecen perforaciones en el mesocardio dorsal
25 a 28	3.2 a 5 mm	Se forma el asa bulboventricular. Aparece el <i>septum primum</i>
28	5 mm 16 somitas	El tabique ventricular aparece como un pequeño borde en el piso del ventrículo común. El ventrículo empieza a dilatarse. Una arteria pulmonar única crece a partir de la pared dorsal externa de la aurícula izquierda. Aparecen los cojinetes endocárdicos

QUINTA SEMANA DE VIDA

Los principales sucesos del desarrollo cardiovascular entre los los días 29 y 35 se resumen de la siguiente manera:

1. Los ventrículos izquierdo y derecho, así como el tabique ventricular, continúan su crecimiento y desarrollo.
2. Hay una aproximación de la aorta al foramen interventricular, la válvula mitral y el ventrículo izquierdo.
3. Se produce la separación de la aorta ascendente y arteria pulmonar principal (horizonte XVIa, días 32 a 33).
4. Se logra la separación de las válvulas mitral y tricúspide (horizonte XVII, de 34 a 36 días).
5. Se amplía el ventrículo derecho.
6. En relación con la ampliación ventricular derecha, el tabique ventricular muscular se mueve de derecha a izquierda debajo del canal AV.
7. La válvula tricúspide se abre a continuación en el ventrículo derecho (horizonte XVII).
8. El *ostium primum* está cerrado por el tejido de los cojinetes endocárdicos del canal AV, con lo cual se separan las aurículas.
9. El ápex ventricular rota de forma horizontal a la izquierda.
10. Desde los días 30 a 36, la válvula pulmonar se mueve desde la parte posterior y a la izquierda de la válvula aórtica en desarrollo (de 30 a 32 días, horizonte XV), a una posición lateral y a la izquierda de la válvula aórtica (días 32 a 33, horizonte XVIa), por tanto, anterior y a la izquierda de la válvula aórtica (días 33 a 34, horizonte XVIb) y, al final, a su posición normal anterior y a la izquierda de la válvula aórtica (días 34 a 36, horizonte XVII) (figura 1-11 A y B y cuadro 1-4).

Como consecuencia, en la quinta semana la circulación primitiva única, que es suficiente para “respirar” en los peces, se convierte en la circulación definitiva doble, en paralelo, que caracteriza a los mamíferos que respiran aire. La separación cardiovascular está casi terminada, pero aún está abierto el foramen interventricular.

Al final de la quinta semana están presentes los arcos aórticos 3, 4 y 6. Tanto el conducto arterioso como la aorta dorsal están todavía intactas. Durante la quinta semana, las células de la cresta neural contribuyen todavía al desarrollo del infundíbulo, las grandes arterias y sus ramas.

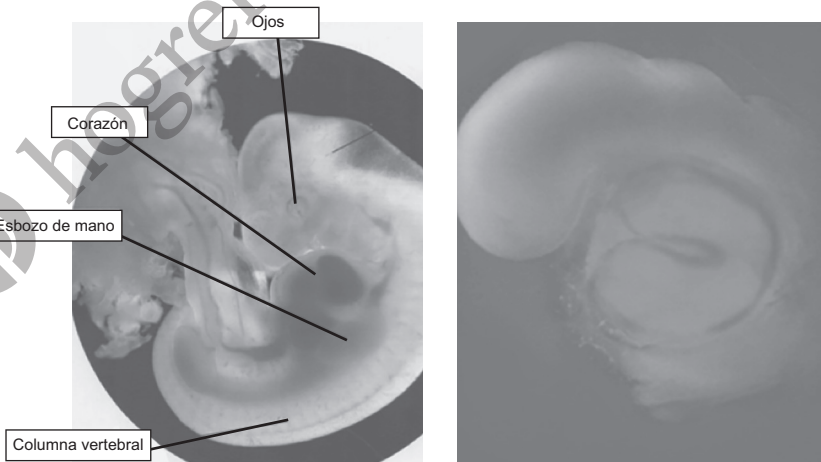


Figura 1-11. A) Embrión a las cinco semanas en el cual el pequeño cuerpo es bastante transparente; se distingue la cabeza y la cola, el corazón, la columna vertebral y los brotes de las manos. **B)** Otra vista de un embrión a los 35 días en la que se observa el gran tamaño del corazón.

Cuadro 1-4. Desarrollo cardiovascular a la quinta semana

Día	Longitud	Sucesos
29	6 a 7 mm	Aparece el brote troncal
30/31		Aparecen perforaciones en el <i>septum primum</i>
32/33	9 mm	El reborde bulboventricular inicia su receso. El canal AV tiene una apariencia de "hueso de perro". El <i>ostium secundum</i> se forma por el borde libre del <i>septum primum</i> . La unión sinoauricular se ha movido por completo a la derecha

SEXTA Y SÉPTIMA SEMANAS DE VIDA

Los principales acontecimientos de la embriogénesis del corazón entre los 36 y 49 días son los siguientes: a) cierre del tabique conal (infundibular), y b) cierre de la parte membranosa del tabique ventricular. El tabique ventricular se cierra, por lo regular, entre los 38 y 45 días de edad.

Al final de la séptima semana el corazón humano ha llegado a su etapa final de desarrollo. Debido a que el feto no utiliza sus pulmones, la mayor parte de la sangre se desvía hacia la circulación sistémica. Esto se logra por una maniobra de cortocircuito de derecha a izquierda que se produce entre las dos aurículas. El foramen oval y el *septum primum* controlan esta comunicación de derecha a izquierda. El *septum primum* actúa como una válvula en el foramen oval. Al nacer, el niño utiliza sus pulmones por primera vez y en consecuencia fluye más sangre por la circulación pulmonar. La elevación de la presión en la aurícula izquierda (donde drenan las venas pulmonares) empuja al *septum primum* contra el *septum secundum*. Poco después los dos tabiques se fusionan para formar un tabique auricular común.

Destino del seno venoso (formación de la aurícula derecha). A diferencia de la aurícula, el seno venoso es todavía una estructura par con astas izquierda y derecha. Cada asta recibe sangre venosa de tres vasos: a) vena vitelina, b) vena umbilical y c) vena cardinal común. La comunicación entre el seno venoso y la aurícula primitiva, el orificio sinusal, está ubicada al centro.

De manera gradual, el orificio sinusal se desplaza a la derecha debido al flujo de sangre a la derecha, hasta que el seno venoso se comunica sólo con la aurícula derecha (figura 1-12). La evolución de cada estructura es la siguiente:

- Se amplía el asta sinusal derecha.
- La vena cardinal derecha anterior se convierte en la **vena cava superior**.

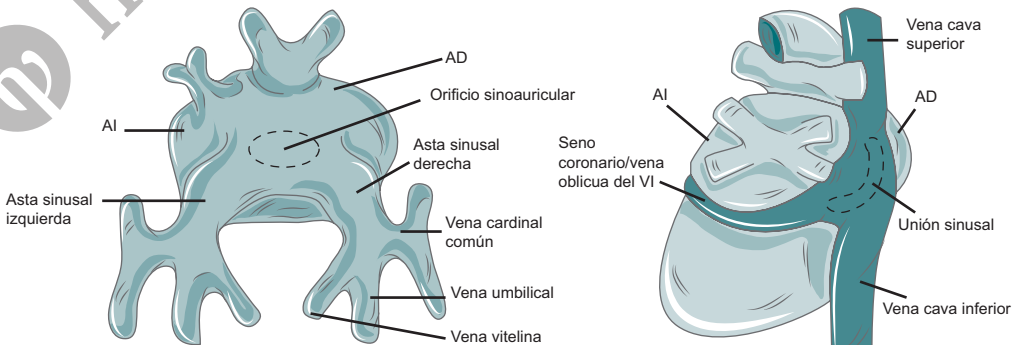


Figura 1-12. Vista posterior de la formación de la aurícula derecha.

- La vena vitelina derecha se convierte en la **vena cava inferior**.
- La vena umbilical derecha se **oblitera**.

Por el contrario, se obliteran las venas izquierdas de la contraparte y el asta del seno izquierdo disminuye de tamaño y forma el seno coronario y la vena oblicua del ventrículo izquierdo. En un plano interno, el orificio sinusal está flanqueado por dos válvulas, las válvulas venosas derecha e izquierda. En la parte superior, estas dos válvulas se unen para formar el *septum spurium*. El asta izquierda se abre debajo del orificio del asta derecha (orificio sinusal). Éste es el orificio del seno coronario (figura 1-13). Más adelante en el desarrollo, el asta sinusal derecha se incorpora en la aurícula derecha en expansión. A medida que la aurícula se expande, el tejido suave del seno venoso desplaza al tejido trabeculado de la aurícula primitiva derecha anterior y lateral, en donde se convierte en la aurícula derecha del adulto. El tejido suave forma la parte de la aurícula denominada *sinus venarum*. La cresta terminal, una cresta de tejido situada a la derecha del orificio sinusal, forma el límite entre la aurícula y el *sinus venarum*.

Venas pulmonares (formación de la aurícula izquierda). El desarrollo de la aurícula izquierda se produce de manera simultánea con el de la aurícula derecha. Durante la primera parte de la cuarta semana, una derivación de las venas pulmonares aparece de la aurícula izquierda. Estos “brotes” se bifurcan hasta que se crean cuatro venas. A continuación, estos vasos crecen hacia las yemas pulmonares.

La aurícula izquierda comienza a ampliarse de modo gradual con la invaginación de las cuatro ramas de las venas pulmonares. Dado que la pared auricular se expande, el tejido suave de las venas pulmonares se incorpora en la pared de la aurícula y desplaza al tejido trabeculado anterior y lateral, que forma a continuación las aurículas adultas (figura 1-14).

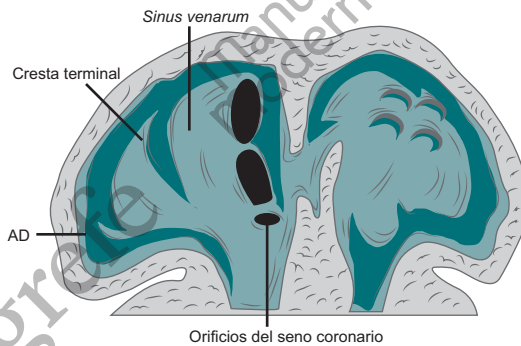


Figura 1-13. Desarrollo de la aurícula derecha. AD, aurícula derecha.

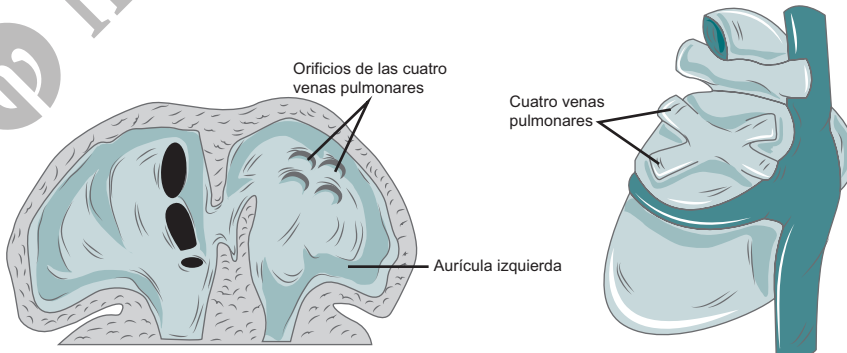


Figura 1-14. Formación de la aurícula izquierda.

Canales auriculoventriculares (AV) (figura 1-15). El *bulbus cordis* proximal origina al ventrículo derecho, por lo tanto, la sangre fluye desde la aurícula primitiva hasta el ventrículo izquierdo y, luego, al ventrículo derecho. No hay ninguna comunicación directa entre las aurículas y el ventrículo derecho, incluso después de la formación del asa bulboventricular. El canal AV debe girar a la derecha para lograr la comunicación con el ventrículo derecho, además del ventrículo izquierdo. Durante este cambio, el *bulbus cordis* proximal se amplía y el borde bulboventricular comienza a retroceder. Brotes de los tejidos mesenquimales y los cojinetes endocárdicos aparecen en los bordes del canal AV. Hay cuatro almohadillas: inferior y superior (dorsal y ventral), izquierda y derecha. Las primeras aparecen antes de esta última. Estos brotes le dan al canal AV forma de “hueso de perro”.

Alrededor del día 42, los cojinetes superiores e inferiores se fusionan para formar un canal AV izquierdo y derecho. La aurícula izquierda se comunica con el ventrículo izquierdo y la aurícula derecha lo hace con el ventrículo derecho. El proceso de cambio da lugar a que el *conus cordis* quede superior al agujero interventricular, que en este punto no se ha obliterado. Los cojinetes endocárdicos también dan lugar al cierre del *ostium primum* al fusionarse con el borde libre del *septum primum*. En el cuadro 1-5 se detallan los sucesos de los días 37 a 49.

Formación de los ventrículos. En el asa bulboventricular recién formada, los ventrículos primitivos, derecho e izquierdo, aparecen como expansiones en el tubo cardíaco. De forma externa, el surco interventricular separa los ventrículos derecho e izquierdo y, de manera interna, están separados por el surco bulboventricular. El ventrículo derecho surge del *bulbus cordis* proximal.

Durante el desplazamiento del canal AV, el *bulbus cordis* proximal se expande y forma el ventrículo derecho. Ambos ventrículos continúan su expansión hasta finales de la séptima semana y principios de la octava (figura 1-16). El crecimiento de los ventrículos se debe al crecimiento centrífugo del miocardio y a la diverticulación de las paredes internas (esto es lo que confiere al ventrículo su aspecto trabeculado). El tabique interventricular muscular se forma como efecto de la expansión de los ventrículos. Las paredes de los ventrículos derecho e izquierdo crecen en oposición mutua para formar el tabique muscular. En consecuencia, el tabique deja de crecer cuando ya no se amplían las paredes ventriculares.

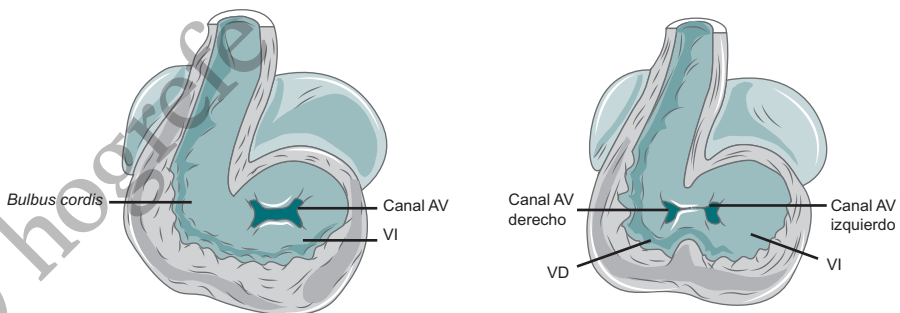


Figura 1-15. Dos vistas de los canales auriculoventriculares.

Cuadro 1-5. Desarrollo cardiovascular a las semanas sexta y séptima

Semana	Día	Longitud	Sucesos
VI	37	14 mm	Deja de crecer el <i>septum secundum</i> ; su borde libre forma el foramen oval
	42		Se fusionan los cojinetes endocárdicos superior e inferior
VII	46		Deja de crecer el tabique ventricular. Se forma el seno coronario
	49		El canal interventricular se oblitera por completo

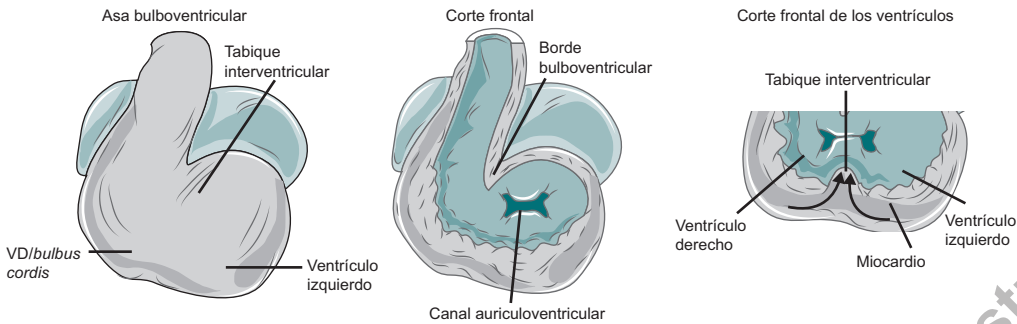


Figura 1-16. Vistas de corte frontal de los ventrículos.

Partición de las vías de salida. El cambio morfológico final en el corazón es la partición de las vías de salida (el tronco arterial y el *conus cordis*) en la aorta y el tronco pulmonar. Esto se logra mediante el desarrollo de un tabique que se forma en las vías de salida y la aparición de los dos grandes vasos. El tabique forma dos pares de brotes que crecen en las paredes de las vías de salida. Estos son el brote del tronco y el brote del *conus* (cuadro 1-6 y figura 1-17).

Brote troncular (el **superior derecho**, que crece en un plano distal y a la izquierda, y el **inferior izquierdo**, que crece en un punto distal y a la derecha): se desarrolla en la parte proximal del tronco y continúa en crecimiento en dos direcciones: a) distal hacia el saco aórtico y b) hacia la luz de las vías de salida, en donde al final se fusionan.

Brote del *conus* (el **dorsal derecho**, que se continúa con el superior derecho, y el **izquierdo ventral**, que se continúa con el inferior izquierdo, como el brote troncular): el brote conal crece de forma distal y hacia los demás, aunque aparecen después de la primera pareja. Estos brotes del *conus* se fusionan al final con el brote troncular.

DESARROLLO DE LOS ARCOS AÓRTICOS

Este proceso es útil para la comprensión de los anillos vasculares. En la figura 1-18, los asteriscos indican la presencia de los quintos arcos bilaterales, que están, por lo general, cerca de un tercio

Cuadro 1-6. Desarrollo cardiovascular a la octava semana

Día	Sucesos
50	El tracto de salida (aorta y tronco pulmonar) están por completo separados

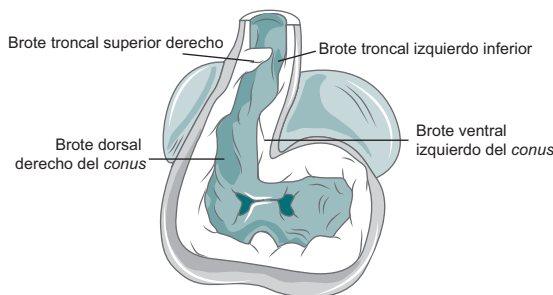


Figura 1-17. Esquema de la partición de las vías de salida.

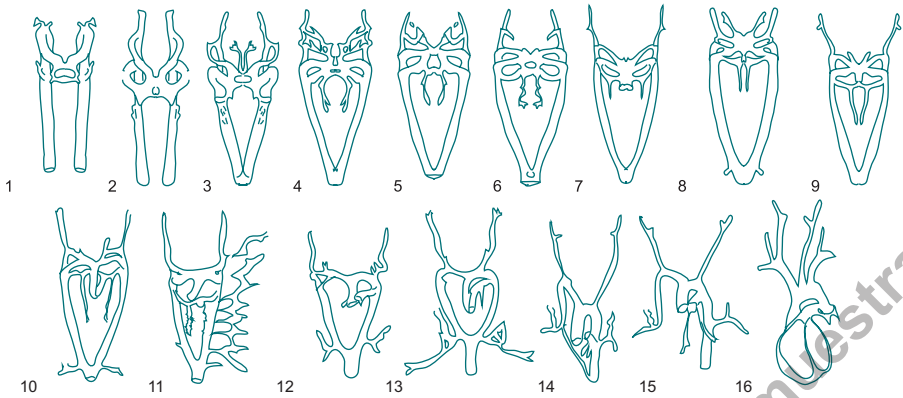


Figura 1-18. Desarrollo de los arcos aórticos. En la etapa más temprana, sólo el primer arco está presente, mientras que en la última (feto de término), los vasos han adquirido casi su forma adulta.

de los embriones humanos en esta etapa. Se observan cuatro interrupciones normales en el sistema de los arcos aórticos: a) la involución del conducto arterial o sexto arco aórtico derecho (diagrama 12); b) y c) la involución del conducto carotídeo bilateral (es decir, la involución de la aorta dorsal entre los arcos 3 y 4, bilateralmente) (diagrama 13), y d) la involución de la aorta dorsal derecha distal a la séptima arteria intersegmental (parte de la arteria embrionaria subclavia derecha), cuyo resultado es un arco aórtico izquierdo (diagrama 14). Si persiste la aorta dorsal izquierda, se crea un arco aórtico izquierdo. Si persiste la aorta dorsal derecha y la izquierda involucionan, se obtiene un arco aórtico derecho. Si persisten ambas aortas dorsales, el resultado es un doble arco aórtico. Si la aorta dorsal derecha involucionan proximal o cefálica a la séptima arteria intersegmental, el resultado es una arteria subclavia derecha aberrante, que surge como la última arteria braquicefálica de la parte superior de la aorta torácica descendente. Los cuartos arcos aórticos (izquierdo y derecho) siempre persisten en condiciones normales, al margen de que esté presente a la izquierda o se trate de un arco aórtico derecho. Por lo tanto, el arco aórtico presente se determina no por el cuarto arco aórtico, sino por la aorta dorsal que persiste y la que involucionan.

DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN

En el corazón, el sistema de conducción está constituido por: a) el nodo sinusal (sinoauricular) (SA); b) el nodo auriculoventricular (AV), c) el haz de His (auriculoventricular) y sus ramas, y d) las fibras de Purkinje.

El ritmo intrínseco del corazón está determinado dentro del tejido del marcapasos cardiaco por el nodo sinusal, situado en la parte de entrada del corazón, en el límite de la vena cava superior y la aurícula derecha. Tras la abertura de un potencial de acción cardiaco dentro del nodo, la onda de activación se propaga a través del miocardio auricular y, al final, converge en el nódulo AV. El nodo AV se encuentra en el cruce de las aurículas y ventrículos y funciona como un generador de retardo en la propagación de la activación. Tras la salida del nodo AV, la activación se propaga con rapidez a lo largo del haz de His y sus ramas, de tal modo que se activan al final los ventrículos a través de una red ramificada de fibras de Purkinje. De modo adicional, este sistema de conducción rápida de fibras de Purkinje constituye el último de los principales elementos del sistema de conducción cardiaco (SCC). Los principales componentes del SCC muestran notable conservación evolutiva. El desarrollo de la función del SCC maduro durante la embriogénesis sigue importantes fases de morfogénesis cardiaca.

Hasta hace poco más de una década se creía que el sistema de conducción se originaba a partir de las crestas neurales no obstante, cuando el tubo cardiaco primitivo comienza a contraerse y generar una onda de contracción ordenada y unidireccional, y puede ya registrarse a partir de él un electrocardiograma, las crestas neurales aún no han alcanzado al corazón (± 21 días). Estudios recientes han demostrado que las células del sistema de conducción son miocitos cardiacos altamente especializados que contienen gran cantidad de glucógeno, originándose de forma directa del miocardio preexistente de la región. En embriones de pollo se ha demostrado que las arterias coronarias son esenciales para la formación del sistema de conducción, ya que a través de la secreción de endotelina 1 por parte de estas se estimula a los miocardiocitos para que se transformen en células del sistema de conducción.

El nódulo SA, el nódulo AV y el haz de His disponen de una rica inervación, aunque el sistema de conducción está bien desarrollado antes de que estos nervios penetren en el corazón. En condiciones normales, este tejido especializado constituye la única comunicación desde las aurículas hasta los ventrículos por el crecimiento de una banda de tejido conjuntivo desde el epicardio conforme se desarrollan las cuatro cámaras cardiacas. Este tejido separa con posterioridad el músculo auricular del ventricular y forma parte del esqueleto cardiaco (esqueleto fibroso del corazón).

De modo inicial, el músculo de las aurículas y ventrículos es continuo. La aurícula primitiva actúa como el **marcapasos temporal** del corazón, pero el seno venoso efectúa esta función en poco tiempo. El nodo SA se desarrolla a lo largo de la quinta semana. En un principio se encuentra en la pared derecha del seno venoso, pero se incorpora a la pared de la aurícula derecha con éste. Tras la incorporación del seno venoso, las células de su pared izquierda aparecen en la base del tabique interauricular, inmediatamente delante de la desembocadura del seno coronario. Junto con las células de la región AV forman el nodo y haz AV, situados justo encima de los cojinetes endocárdicos. El nodo AV y el haz de His tienen dos orígenes: a) las células de la pared izquierda del seno venoso y b) las células del canal AV. Una vez que el seno venoso se ha incorporado a la aurícula derecha, estas células adoptan su posición definitiva en la base del tabique interauricular.

Al principio, el impulso se propaga de manera lenta y al parecer isótropa desde el seno venoso. Mientras que la velocidad aparente de la propagación del impulso aumenta de forma gradual, la secuencia de activación ventricular, como los bucles del corazón, sigue el flujo de sangre. Por último, la secuencia inmadura de la base al ápex de activación ventricular se somete a un aparente retroceso que altera un patrón maduro del vértice a la base, siendo una característica de la función del sistema His-Purkinje.

En resumen, el miocardio se deriva del mesodermo precardiaco y su formación es objeto de una regulación positiva y negativa por un número de genes. Después de la formación de un corazón tubular con un modo de contracción distinto de etapas posteriores, se logra un aumento inicial de masa ventricular durante el periodo de formación de cámaras en desarrollo de trabeculaciones, un sello de corazones como esponja. Estructuras similares (músculos pectinados) se desarrollan más tarde en las aurículas. La compactación trabecular coincide con el inicio de la circulación coronaria y resulta en la formación de cámaras ventriculares con importantes capas compactas vascularizadas y luz claramente delineada, que son capaces de un rendimiento superior (generación de presión, fracción de expulsión) que los ventrículos avasculares y esponjosos. La contracción del corazón en desarrollo se debe a su sistema de marcapasos y conducción, que se desarrolla y cambia de forma paralela a la morfogénesis del corazón. El patrón molecular del nodo sinusal y AV, las vías que intervienen en la inducción y los patrones del sistema His-Purkinje ventricular, aún están sujetos a investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Congdon ED. Transformation of the aortic-arch system during the development of the human embryo. *Contrib Embryol Carnegie Institution* 1922;14:47.
- Cruz MV, Markwald RR (eds.). *Living morphogenesis of the heart*. Boston: Birkhauser; 2000.
- García-Cavazos R, Gómez-Saviñón VG. Embriogénesis cardiovascular. En: Ruesga-Zamora EA, Saturno-Chiu G, editores. *Cardiología*. 2ª ed. México: Manual Moderno; 2011. p. 55-60.
- Gómez-Gómez M, Danglot-Banck C, Santamaría-Díaz H, Riera-Kinkel C. Desarrollo y evolución anatomofisiológica del corazón (primera parte). *Rev Mex Pediatr* 2012;79(2):92-101.
- Gómez-Gómez M, Danglot-Banck C, Santamaría-Díaz H, Riera-Kinkel C. Desarrollo y evolución anatomofisiológica del corazón (segunda parte). *Rev Mex Pediatr* 2012;79(3):144-150.
- Mall FP. On the development of the human heart. *Am J Anat* 1912;13:249-98.
- Nilsson L, Hamberger L. *Nacer. La gran Aventura*. Barcelona: Salvat Editores; 2006.
- Riera-Kinkel C. Reflexiones acerca de la ontogenia y filogenia cardiovascular. *Rev Mex Pediatr* 2012;79(5):244-46.
- Salazar-García M, Sánchez-Gómez C, Contreras-Ramos A, Carrillo- Ávalos B, Revilla-Monsalve MC, Palomino-Garibay MA. Los segmentos cardiacos primitivos, su implicación en la cardiogénesis normal aplicada a la cardiología pediátrica. *Arch Cardiol Mex* 2006;76(Supl. 4):S46-57.
- Streeter GL. *Developmental horizons in human embryos, age groups XI to XXIII*, vol II. *Embryology Reprint*. Washington, DC: Carnegie Institute; 1951.