



Incluye  
**VERSIÓN  
DIGITAL**  
en inglés

JOHN T. HANSEN

HANSEN



# NETTER ANATOMÍA CLÍNICA

NETTER  
ANATOMÍA CLÍNICA

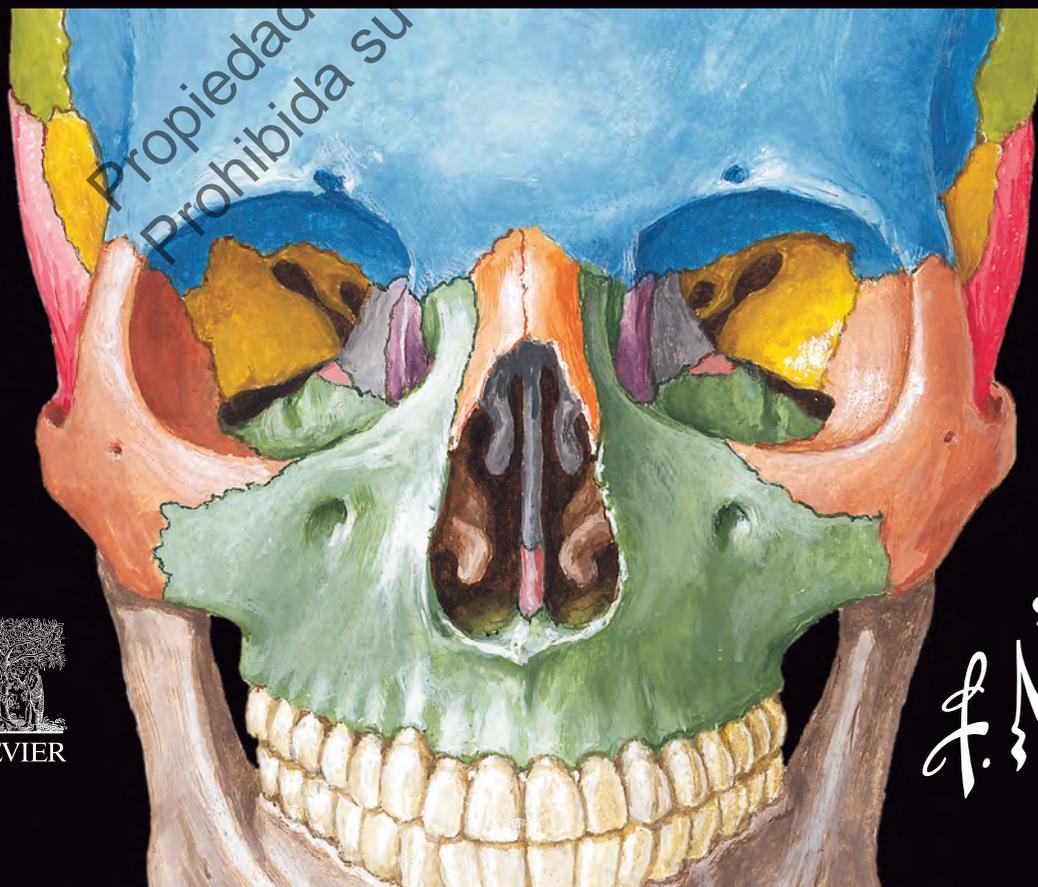


5

QUINTA EDICIÓN

5

QUINTA  
EDICIÓN



*F. Netter  
M.D.*



ELSEVIER

ELSEVIER

5.<sup>a</sup>

EDICIÓN

# NETTER ANATOMÍA CLÍNICA

JOHN T. HANSEN, PhD

Emeritus Professor of Neuroscience  
and former Schmitt Chair of Neurobiology and Anatomy  
and Associate Dean for Admissions  
University of Rochester Medical Center  
Rochester, New York

*Ilustraciones de*

FRANK H. NETTER, MD

*Con la contribución de*

CARLOS A. G. MACHADO, MD

JOHN A. CRAIG, MD

JAMES A. PERKINS, MS, MFA

KRISTEN WIENANDT MARZEJON, MS, MFA

TIFFANY S. DAVANZO, MA, CMI



ELSEVIER



ELSEVIER

Avda. Josep Tarradellas, 20-30, 1.º, 08029, Barcelona, España

*Netter's Clinical Anatomy*, 5th edition

Copyright © 2022 by Elsevier, Inc. All rights reserved.

Previous editions copyrighted 2019, 2014, 2009, 2005 by Elsevier, Inc.

ISBN: 978-0-323-82662-4

This translation of *Netter's Clinical Anatomy*, 5th edition, by John T. Hansen, was undertaken by Elsevier España, S.L.U. and is published by arrangement with Elsevier, Inc.

Esta traducción de *Netter's Clinical Anatomy*, 5.ª edición, de John T. Hansen, ha sido llevada a cabo por Elsevier España, S.L.U. y se publica con el permiso de Elsevier, Inc.

*Netter. Anatomía clínica*, 5.ª edición, de John T. Hansen

© 2023 Elsevier España, S.L.U., 2006, 2015, 2020

ISBN: 978-84-1382-386-7

eISBN: 978-84-1382-466-6

Todos los derechos reservados.

### Reserva de derechos de libros

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra ([www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com); 91 702 19 70/93 272 04 45).

### Advertencia

Esta traducción ha sido llevada a cabo por Elsevier España, S.L.U. bajo su única responsabilidad. Facultativos e investigadores deben siempre contrastar con su propia experiencia y conocimientos el uso de cualquier información, método, compuesto o experimento descrito aquí. Los rápidos avances en medicina requieren que los diagnósticos y las dosis de fármacos recomendadas sean siempre verificados personalmente por el facultativo. Con todo el alcance de la ley, ni Elsevier, ni los autores, los editores o los colaboradores asumen responsabilidad alguna por la traducción ni por los daños que pudieran ocasionarse a personas o propiedades por el uso de productos defectuosos o negligencia, o como consecuencia de la aplicación de métodos, productos, instrucciones o ideas contenidos en esta obra. Con el único fin de hacer la lectura más ágil y en ningún caso con una intención discriminatoria, en esta obra se ha podido utilizar el género gramatical masculino como genérico, remitiéndose con él a cualquier género y no solo al masculino.

*Revisión científica:*

**Dr. Víctor Götzens García**

Profesor titular de Anatomía Humana

Profesor honorífico de la Universitat de Barcelona

Servicios editoriales: DRK Edición

Depósito legal: B. 1.733 - 2023

Impreso en Italia

*Dedico este libro a mi esposa,*

***Paula,***

*a mis hijos,*

***Amy y Sean,***

*y a mis nietos,*

***Abigail, Benjamin y Jonathan.***

*Sin su amor incondicional, presencia y ánimo, poco habría logrado, ya sea personal o profesionalmente. Debido a que hemos compartido tanto, este esfuerzo, al igual que todos los demás, ha sido común.*

Propiedad de Elsevier  
Prohibida su reproducción y venta

# Sobre los ilustradores

## p0010 **Frank H. Netter, MD**

p0015 Frank H. Netter nació en la ciudad de Nueva York en 1906. Estudió Arte en la Art Student's League y en la National Academy of Design antes de entrar en la Facultad de Medicina de la New York University, donde se licenció en Medicina en 1931. Durante sus años de estudiante, los esquemas de los apuntes del Dr. Netter atrajeron la atención de los profesores de la facultad y de otros médicos, lo cual le permitió aumentar sus ingresos ilustrando artículos y libros de texto. Después de establecer una clínica quirúrgica en 1933, continuó dibujando como actividad paralela, pero finalmente optó por dejar la práctica de la cirugía y dedicarse al arte a tiempo completo. Tras servir en el ejército estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial, el Dr. Netter empezó su larga colaboración con la compañía farmacéutica CIBA (actualmente Novartis Pharmaceuticals). Esta asociación duró 45 años y dio como resultado una extraordinaria colección de ilustraciones bien conocidas por los médicos y otros profesionales de la salud del mundo entero.

p0020 En 2005, Elsevier, Inc. adquirió la Colección Netter y todas las publicaciones de Icon Learning Systems. Existen actualmente más de 50 publicaciones en las que figuran ilustraciones del Dr. Netter disponibles a través de Elsevier, Inc. (en EE. UU.: [www.us.elsevierhealth.com/Netter](http://www.us.elsevierhealth.com/Netter); en el resto del mundo: [www.elsevierhealth.com](http://www.elsevierhealth.com)).

p0025 Los trabajos del Dr. Netter se encuentran entre los más bellos ejemplos del uso de la ilustración en la enseñanza de los conceptos médicos. Los 14 libros de la *Colección Netter de ilustraciones médicas*, que incluyen la mayor parte de los miles de dibujos creados por el Dr. Netter, fueron y siguen siendo uno de los trabajos médicos más famosos hasta ahora publicados. El *Atlas de anatomía humana*, publicado por primera vez en 1989, muestra los dibujos anatómicos de la Colección Netter.

Traducido a 16 idiomas, es el atlas de anatomía de elección entre los estudiantes de Medicina y los profesionales de las Ciencias de la Salud de todo el mundo.

Estas ilustraciones se aprecian no solo por sus p0030 cualidades estéticas, sino, lo que es más importante, por su contenido intelectual. Como escribió el Dr. Netter en 1949: «... La clarificación de un tema constituye el objetivo y la finalidad de la ilustración. No importa la belleza de la pintura, ni cuán delicada y sutil sea la representación del tema, ya que tendrá poco valor como *ilustración médica* si no sirve para esclarecer un determinado concepto». El planteamiento, la concepción, el punto de vista y el enfoque del Dr. Netter son lo que da coherencia a sus dibujos y lo que los hace tan valiosos intelectualmente.

Frank H. Netter, MD, falleció en 1991. p0035

Conozca más sobre el médico y artista cuyo trabajo ha inspirado la colección Netter Reference en: <https://netterimages.com/artist-frank-h-netter.html>. p0045

## **Carlos A. G. Machado, MD**

Carlos A. G. Machado fue elegido por Novartis p0055 para ser el sucesor del Dr. Netter. Sigue siendo el principal ilustrador que contribuye a actualizar la Colección Netter de ilustraciones médicas.

Autodidacta en ilustración médica, el cardiólogo p0060 Carlos A. G. Machado ha realizado meticulosas actualizaciones de algunas de las láminas originales del Dr. Netter y ha creado muchas ilustraciones propias para la Colección Netter. Su estilo hiperrealista y su aguda percepción de la relación médico-paciente cobran forma en un inolvidable estilo visual. Su dedicación a la investigación de cada tema que dibuja lo sitúa entre los principales ilustradores médicos de hoy en día.

Aprenda más acerca de Carlos A. G. Machado y p0065 su obra en: <https://netterimages.com/artist-carlos-a-g-machado.html>.

## Sobre el autor

p0010 **John T. Hansen, PhD**, es Emeritus Professor of Neuroscience, ex Professor y Chair of Neurobiology and Anatomy de Killian J. and Caroline F. Schmitt y Associate Dean for Admissions en la University of Rochester Medical Center en Rochester, Nueva York. El Dr. Hansen ha recibido numerosos premios por su labor docente de manos de estudiantes de tres facultades de medicina diferentes. De 1995 a 1998, fue profesor y Robert Wood Johnson Dean's Senior Teaching Scholar. En 1999, recibió el *Alpha Omega Alpha* Robert J. Glaser Distinguished Teacher Award, que concede anualmente la Association of American Medical Colleges como reconocimiento de ámbito nacional a los mejores educadores médicos. De 2004 a 2005, el Dr. Hansen fue Chair del Northeast Group on Student Affairs de la Association of American Medical Colleges. En 2013, fue seleccionado como Honored Member de la American Association of Clinical Anatomists, el más alto reconocimiento de esa organización. En 2018, fue elegido miembro de *Alpha Omega Alpha* por la Rochester Medical Class de 2018, y en 2020, fue el destinatario del James S. Armstrong Alumni Service Award de la University of Rochester Medical Center.

p0015 El Dr. Hansen ha participado en el USMLE Step Anatomy Test Material Development Committee y ha impartido numerosos Faculty and Curricular Development Workshops en varias facultades de medicina de EE. UU. y otros países.

En 2010, el Dr. Hansen fue el primer ganador p0020 del University of Rochester's Presidential Diversity Award en reconocimiento a su «defensa, apoyo, tutoría, planificación y liderazgo de las iniciativas de la Facultad de Medicina para incrementar la matriculación, la fidelización, la excelencia y la graduación de estudiantes de diversos orígenes».

La carrera investigadora del Dr. Hansen se ha p0025 centrado en el estudio de las vías dopaminérgicas del sistema nervioso periférico y central, la plasticidad neuronal y la inflamación del sistema nervioso central. Ha recibido un prestigioso NIH Research Career Development Award de 5 años, varias becas de investigación de fundaciones y el NTH, y ha presentado los resultados de su investigación en las principales universidades y congresos estadounidenses, así como diversos congresos internacionales. Además de unas 100 publicaciones de investigación originales, es también coautor de la edición de 2002 del *Netter's Atlas of Human Physiology*; el editor consultor principal de la 3.ª a la 7.ª ediciones del *Netter's Atlas of Human Anatomy* (desde 2003 a 2021); autor de las *Netter's Anatomy Flash Cards* el *Essential Anatomy Dissector* y el *Netter's Anatomy Coloring Book* y coautor del *TNM Staging Atlas with Oncoanatomy*, que fue seleccionado entre 630 obras de todo el mundo como *Book of the Year* en 2008 por la British Medical Association.

# Agradecimientos

p0010 La compilación de las ilustraciones para perfeccionar y redactar la quinta edición de *Netter. Anatomía clínica* ha sido a la vez amena y didáctica, lo que confirma una vez más la importancia de la formación continuada en las profesiones sanitarias.

p0015 *Netter. Anatomía clínica* es para todos mis alumnos, y estoy en deuda con todos ellos; como muchos otros, anhelan la mejor perspectiva posible a fin de aprender la anatomía esencial relevante para la práctica de la medicina. La anatomía es una ciencia visual, y las ilustraciones de Netter son un referente de la ilustración médica.

p0020 Mi agradecimiento y aprecio son para los colegas y los revisores que me dieron ánimos y aportaron comentarios constructivos que clarificaron distintos aspectos del libro. Sobre todo, quiero dar las gracias a David Lambert, MD, Senior Associate Dean for Undergraduate Medical Education en Rochester, que fue coautor de la primera edición de este libro y sigue siendo un colega y un amigo muy querido.

p0025 En Elsevier, ha sido un gran placer trabajar con personas dedicadas y profesionales que moldearon y nutrieron el libro soñado incluso más allá de lo que podía imaginar. Debo mucho a los esfuerzos de Marybeth Thiel, Senior Content Development Specialist, y a Beula Christopher,

Senior Project Manager, quienes me ayudaron a organizarme y concentrarme, y marcaron mi calendario. Sin ellas, esta obra no habría sido posible. Mi agradecimiento y reconocimiento también a Renee Duenow, Designer, y a Karen Giacomucci, Illustration Manager. Y, en especial, a Madelene Hyde, Publishing Director, y a Elyse O'Grady, Executive Content Strategist, por tener fe en la idea y apoyar siempre mis esfuerzos. Este competente equipo define la palabra «profesionalidad» y ha sido un honor trabajar con todos ellos.

Un agradecimiento especial a Carlos Machado, MD, por sus bellas interpretaciones artísticas que magníficamente complementan, actualizan y amplían la colección de anatomía de Netter. Asimismo, deseo expresar mi agradecimiento a mis colegas de facultad en Rochester por sus generosos y constructivos comentarios.

Por último, quedo en deuda con Frank H. Netter, MD, cuyo genio creativo pervive en generaciones de profesionales biomédicos que han aprendido anatomía clínica con su rica colección de ilustraciones médicas.

A todas estas personas extraordinarias y a muchas otras: «Gracias».

JOHN T. HANSEN, PhD

# Prefacio

p0010 La anatomía humana es el fundamento sobre el que se construye la educación de nuestros estudiantes de Medicina, Odontología y Ciencias de la Salud. Sin embargo, los planes de estudios de la ciencia biomédica actual deben cubrir un cuerpo cada vez mayor de conocimientos científicos, a menudo en menos horas, a medida que las disciplinas compiten y emergen nuevas tecnologías. Muchas de estas mismas tecnologías, especialmente las relacionadas con el diagnóstico por la imagen, han hecho comprender aún más la importancia de la anatomía y han impulsado nuestra disciplina firmemente hacia el ámbito de la medicina clínica. Es justo decir que los médicos y los profesionales de la salud, si desean ser competentes, ya no pueden considerar su aprendizaje de la anatomía aisladamente de las implicaciones clínicas de dichos conocimientos anatómicos.

p0015 En este contexto, me siento orgulloso de presentar la quinta edición de *Netter. Anatomía clínica*. Generaciones de estudiantes han utilizado las atractivas ilustraciones anatómicas del Dr. Frank H. Netter para aprender anatomía, y este libro combina sus hermosas representaciones anatómicas y embriológicas con numerosas ilustraciones clínicas para ayudar a los estudiantes a salvar la brecha entre la anatomía normal y su aplicación clínica en cada región del cuerpo humano. Carlos Machado, MD, ha proporcionado imágenes anatómicas adicionales. Estas imágenes recién creadas por el Dr. Machado se basan en los últimos enfoques clínicos y brindan ejemplos exquisitos de la importancia de la anatomía clínica.

p0020 Esta quinta edición ofrece un texto sucinto, unos puntos clave y unas amplias tablas de resumen, que proporcionan concisas descripciones de la anatomía humana normal a los estudiantes, y una ágil herramienta de consulta y repaso a los profesionales clínicos. Además, más de 200 cuadros de correlaciones clínicas, que representan los procesos clínicos más frecuentemente observados en la práctica médica, se han integrado con la anatomía

normal a lo largo del texto. Estas correlaciones clínicas provienen de muy diversas áreas de la medicina, incluyendo no solo la Medicina de Urgencias, la Radiología, la Ortopedia y la Cirugía, sino también la Cardiología, la Endocrinología, la Infectología, la Neurología, la Oncología, la Biología de la Reproducción y la Urología. De forma intencionada, el texto y las correlaciones clínicas no son exhaustivos, sino que tienen el propósito de ayudar a los estudiantes a centrarse en los elementos esenciales de la anatomía y empezar a apreciar algunas de las manifestaciones clínicas relacionadas con dicha anatomía. Otras características de esta edición son:

- Un capítulo actualizado de «Introducción al cuerpo humano», diseñado para introducir a los estudiantes en la terminología anatómica y orientarlos en los sistemas orgánicos del cuerpo humano. u0010
- Secciones de preguntas de repaso de elección múltiple al final de cada capítulo, con énfasis en los aspectos clínicos. u0015
- Embriología básica de cada sistema que proporciona un marco contextual para la anatomía humana posnatal y los defectos congénitos más habituales. u0020

u0040 Mi intención al escribir esta quinta edición actualizada de *Netter. Anatomía clínica* ha sido proporcionar una introducción concisa y enfocada a la anatomía clínica, como alternativa viable a los libros de texto de anatomía más exhaustivos, que pocos estudiantes leen y/o que, también a menudo, hacen difícil localizar con rapidez los detalles anatómicos «esenciales». Por otra parte, este libro sirve como excelente texto de repaso para los estudiantes que preparan sus pruebas de acceso a médicos residentes, o comienzan sus rotaciones clínicas o programas optativos. También sirve como una excelente herramienta de consulta que los médicos pueden utilizar para su propia revisión y para la educación del paciente.

u0045 El texto no es en absoluto exhaustivo, pero proporciona la anatomía esencial que el médico

generalista necesita en el primer año de formación en los estudios de Medicina. Me he centrado de manera deliberada en la anatomía que podría esperarse que un estudiante de primer año comprenda y supere, teniendo en cuenta que hoy en día los cursos de anatomía suelen estar resumidos, y las prácticas de disección, abreviadas. Aquellos estudiantes que, por decisión propia, deciden entrar en especialidades que requieren una formación anatómica avanzada (p. ej., especialidades quirúrgicas, radiología, fisioterapia, etc.) pueden necesitar conocimientos anatómicos adicionales que obtendrán a lo largo de sus estudios de grado en Medicina o Ciencias de la Salud. Hemos

intentado satisfacer las necesidades del estudiante que comienza y, al mismo tiempo, proporcionar abundante detalle para posterior consulta o repaso, confiando en que *Netter. Anatomía clínica* sea el libro de texto de anatomía de elección que realmente sea leído y utilizado por los estudiantes a lo largo de sus carreras médicas o sanitarias.

Espero que los estudiantes de Ciencias de la Salud en formación y los médicos en prácticas encuentren en *Netter. Anatomía clínica* la valiosa ayuda que estaban buscando para mejorar su comprensión de la anatomía clínica, y que nadie como Frank Netter puede ofrecerles.

JOHN T. HANSEN, PhD

Propiedad de Elsevier  
Prohibida su reproducción y venta

# Índice de capítulos

---

<b>capítulo 1</b>	<b>Introducción al cuerpo humano</b>	<b>1</b>
<b>capítulo 2</b>	<b>Dorso</b>	<b>49</b>
<b>capítulo 3</b>	<b>Tórax</b>	<b>91</b>
<b>capítulo 4</b>	<b>Abdomen</b>	<b>153</b>
<b>capítulo 5</b>	<b>Pelvis y perineo</b>	<b>229</b>
<b>capítulo 6</b>	<b>Miembro inferior</b>	<b>287</b>
<b>capítulo 7</b>	<b>Miembro superior</b>	<b>363</b>
<b>capítulo 8</b>	<b>Cabeza y cuello</b>	<b>433</b>
	<b>Índice alfabético</b>	<b>553</b>

Propiedad de Elsevier  
Prohibida su reproducción y venta

# Introducción al cuerpo humano

- |                           |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--|
| 1. TERMINOLOGÍA           | 8. SISTEMA NERVIOSO      | 14. VISIÓN GENERAL DE LAS PRIMERAS FASES DEL DESARROLLO          |
| 2. PIEL                   | 9. SISTEMA ENDOCRINO     | 15. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN DE LA ANATOMÍA INTERNA |
| 3. SISTEMA ESQUELÉTICO    | 10. SISTEMA DIGESTIVO    | PREGUNTAS DE AUTOEVALUACIÓN                                      |
| 4. SISTEMA MUSCULAR       | 11. SISTEMA URINARIO     |  |
| 5. SISTEMA CARDIOVASCULAR | 12. SISTEMA GENITAL      |  |
| 6. SISTEMA LINFÁTICO      | 13. CAVIDADES CORPORALES |  |
| 7. SISTEMA RESPIRATORIO   |                          |  |

## 1. TERMINOLOGÍA

### Posición anatómica

El estudio de la anatomía requiere un vocabulario clínico que defina la posición, los movimientos, las relaciones y los planos de referencia, así como los sistemas del cuerpo humano. El estudio de la anatomía puede realizarse por **regiones anatómicas** o por **sistemas de órganos corporales**. Generalmente, los cursos de anatomía en EE. UU. abordan el estudio anatómico por regiones, integrando todos los sistemas corporales aplicables en el estudio de una región en particular. Por ello, este libro de texto está organizado por regiones anatómicas, y para los que estudian anatomía por primera vez, este capítulo inicial les introduce en los principales sistemas corporales que se encontrarán en su estudio de la anatomía. Te resultará muy útil consultar de nuevo esta introducción cuando te encuentres con varios sistemas corporales en tu estudio de la anatomía regional.

De manera convencional, las descripciones anatómicas del cuerpo humano se basan en un individuo en **posición anatómica** (fig. 1.1):

- Erguido en bipedestación y mirando hacia delante.
- Los miembros superiores colgando a los lados con las palmas orientadas hacia delante.
- Los miembros inferiores juntos con los pies dirigidos hacia delante.

### Términos de dirección y situación y planos corporales

Las descripciones anatómicas, a menudo, están referidas a uno o más de los tres planos corporales (fig. 1.2 y tabla 1.1):

- **Plano sagital:** un plano vertical que divide el cuerpo en dos mitades iguales, derecha e izquierda (plano medio o plano sagital medio), o un plano

paralelo al plano sagital medio (parasagital) que divide el cuerpo en porciones derecha e izquierda, desiguales.

- **Plano frontal (coronal):** un plano vertical que divide el cuerpo en porciones anterior y posterior (iguales o desiguales); este plano forma un ángulo recto con el plano sagital medio.
- **Plano transversal (axial):** un plano horizontal que divide el cuerpo en porciones superior e inferior (iguales o desiguales) y forma ángulos rectos tanto con el plano sagital medio como con el plano frontal (a veces se les denomina *cortes transversales*).

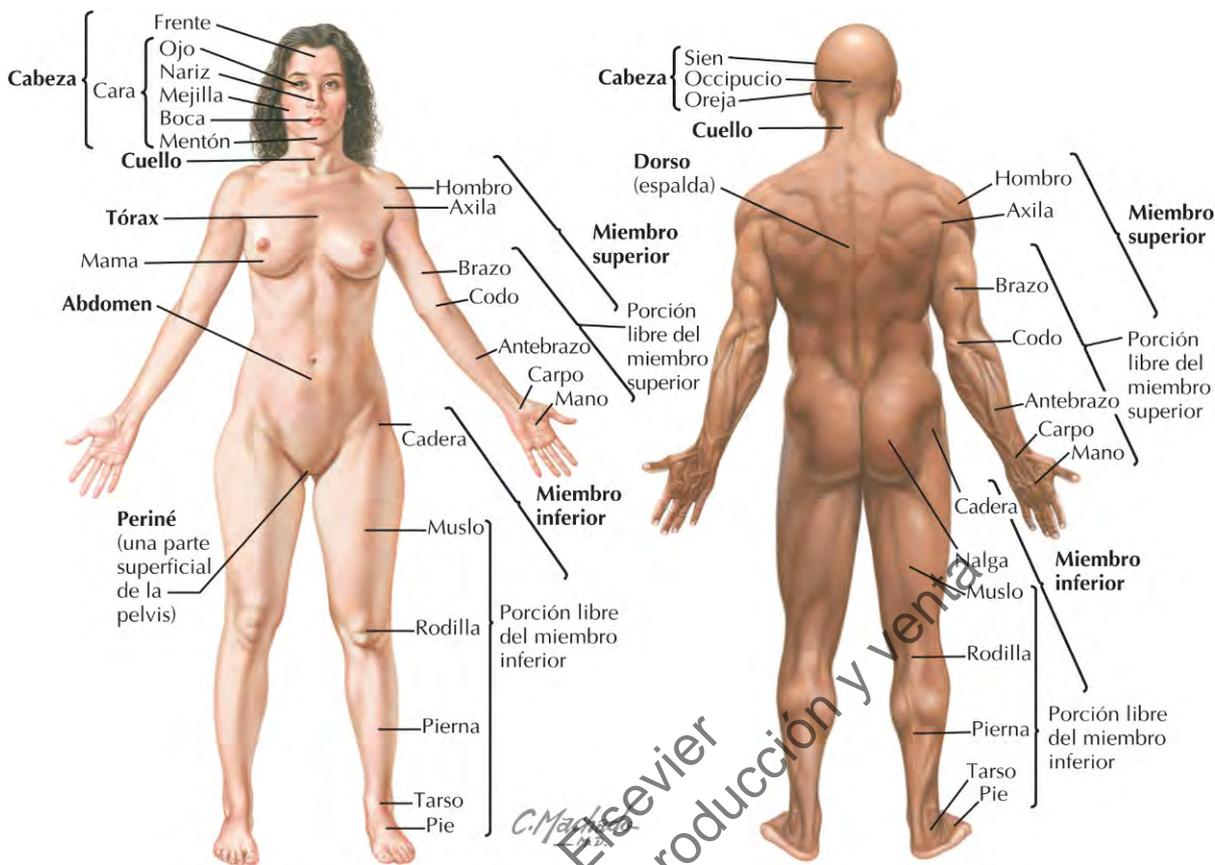
Los términos clave de relación utilizados en la anatomía y en la clínica se resumen en la tabla 1.1. Una estructura o un detalle más próximo a la parte frontal del cuerpo se considera *anterior* (ventral), y una más cercana al dorso se denomina *posterior* (dorsal). Los términos *medial* y *lateral* se utilizan para distinguir una estructura o un detalle en relación con la línea media; la nariz es medial a la oreja y, en posición anatómica, la nariz también es anterior a la oreja. A veces, estos términos de relación se utilizan en combinación (p. ej., *superomedial* significa más cerca de la cabeza y más cerca del plano sagital medio).

### Movimientos

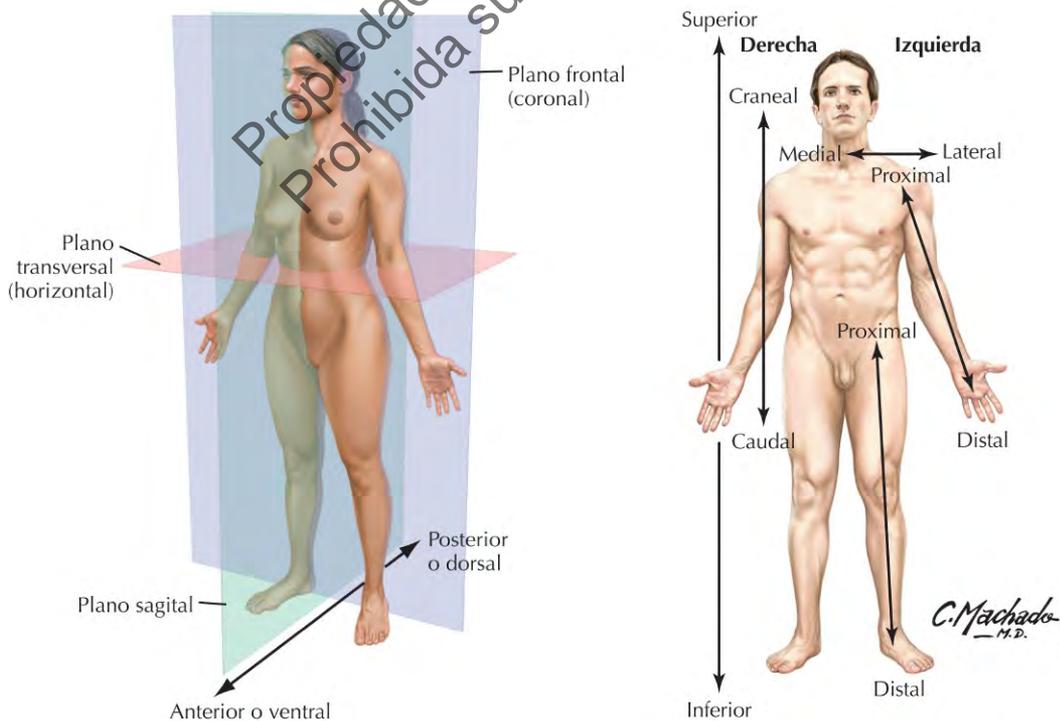
Los movimientos del cuerpo, por lo general, se producen en las articulaciones, en las cuales dos o más huesos o cartílagos se articulan uno con otro. Los músculos actúan sobre las articulaciones para llevar a cabo estos movimientos y se pueden describir de la siguiente manera: «El músculo bíceps braquial flexiona el antebrazo a nivel del codo». La figura 1.3 resume los términos de movimiento.

### Variaciones anatómicas

El cuerpo humano es muy complejo y, anatómicamente, bastante constante; sin embargo, las variaciones son normales, a menudo relacionadas con el tamaño,



**FIGURA 1.1** Anatomía de superficie: regiones. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plates 2 and 3; S-2 and S-3.)



**FIGURA 1.2** Planos corporales y términos anatómicos de dirección y situación. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 1; S-1.)

**TABLA 1.1** Términos generales de dirección y situación anatómicas

TÉRMINO	DEFINICIÓN	TÉRMINO	DEFINICIÓN
Anterior (ventral)	Hacia delante	Plano medio	Divide el cuerpo en dos partes iguales, derecha e izquierda
Posterior (dorsal)	Hacia atrás	Plano sagital medio	Plano medio
Superior (craneal)	Hacia arriba, o cerca de la cabeza	Plano parasagital	Divide el cuerpo en dos partes desiguales, derecha e izquierda
Inferior (caudal)	Hacia abajo, o cerca de los pies		
Medial	Hacia la línea media o el plano medio	Plano frontal (coronal)	Divide el cuerpo en dos partes iguales o desiguales, anterior y posterior
Lateral	Más alejado de la línea media o el plano medio	Plano transversal (horizontal)	Divide el cuerpo en dos partes iguales o desiguales, superior e inferior (cortes transversales)
Proximal	Cerca de un punto de referencia		
Distal	Más alejado de un punto de referencia		
Superficial	Más cerca de la superficie		
Profundo	Más lejos de la superficie		



© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

**FIGURA 1.3** Términos de movimiento. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 11; S-265.)

el sexo, la edad, el número, la forma y la situación. Las variaciones son particularmente frecuentes en las siguientes estructuras:

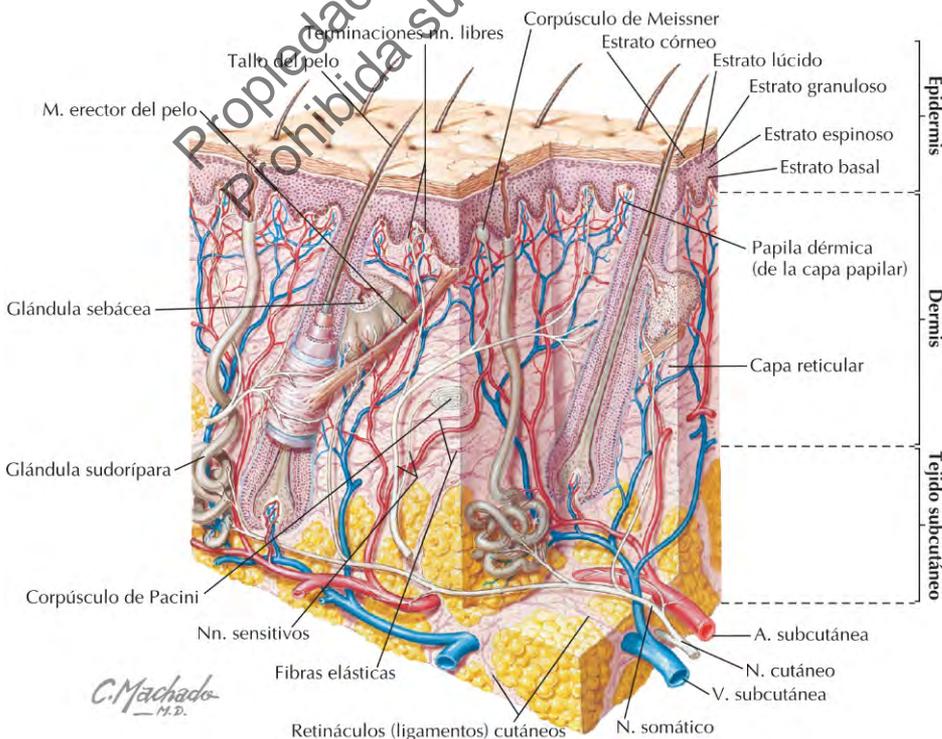
- **Huesos:** las delicadas características de los huesos (apófisis, espinas, superficies articulares) pueden variar dependiendo de las fuerzas que actúan sobre ellos.
- **Músculos:** varían en el tamaño y los finos detalles de sus inserciones (es mejor aprender sus acciones e inserciones generales en lugar de centrarse en las excepciones).
- **Órganos:** el tamaño y la forma de algunos órganos variarán dependiendo de su fisiología normal o de los cambios fisiopatológicos que hayan ocurrido previamente.
- **Arterias:** sorprendentemente son constantes, aunque se observan algunas variaciones en los patrones de ramificación, especialmente en la parte inferior del cuello (ramas de la subclavia) y en la pelvis (ramas de la iliaca interna).
- **Venas:** son constantes, aunque pueden producirse variaciones, en especial en el tamaño y el número de venas, a menudo con un origen en su complejo desarrollo embrionario; las venas generalmente son más numerosas que las arterias, más grandes y más variables.

## 2. PIEL

La piel es el órgano más grande del cuerpo, representa alrededor del 15-20% de la masa corporal total y tiene las siguientes funciones:

- **Protección:** contra la abrasión mecánica y en la respuesta inmunitaria, así como en la prevención de la deshidratación.
  - **Regulación de la temperatura:** en gran parte mediante la vasodilatación, la vasoconstricción, el almacenamiento de grasa o la activación de las glándulas sudoríparas.
  - **Sensibilidad:** táctil, mediante los mecanorreceptores especializados, tales como los corpúsculos de Pacini y de Meissner; dolorosa, mediante los nociceptores, y térmica, mediante los termorreceptores.
  - **Regulación endocrina:** mediante la secreción de hormonas, citoquinas y factores de crecimiento, y mediante la síntesis y el almacenamiento de vitamina D.
  - **Secreción exocrina:** mediante la secreción del sudor y del sebo oleoso de las glándulas sebáceas.
- La piel consta de dos capas (fig. 1.4):
- **Epidermis:** es la capa protectora externa que consta de un epitelio plano (escamoso) estratificado queratinizado derivado del ectodermo embrionario.
  - **Dermis:** es la capa de tejido conectivo denso que da a la piel la mayor parte de su espesor y sostén; deriva del mesodermo embrionario.

Una **fascia** es una lámina de tejido conectivo que puede contener cantidades variables de grasa. Puede interconectar estructuras, proporcionar un conducto para vasos y nervios (denominado **paquete vasculonervioso**) y proporcionar una vaina alrededor de las estructuras (p. ej., músculos) que les permite

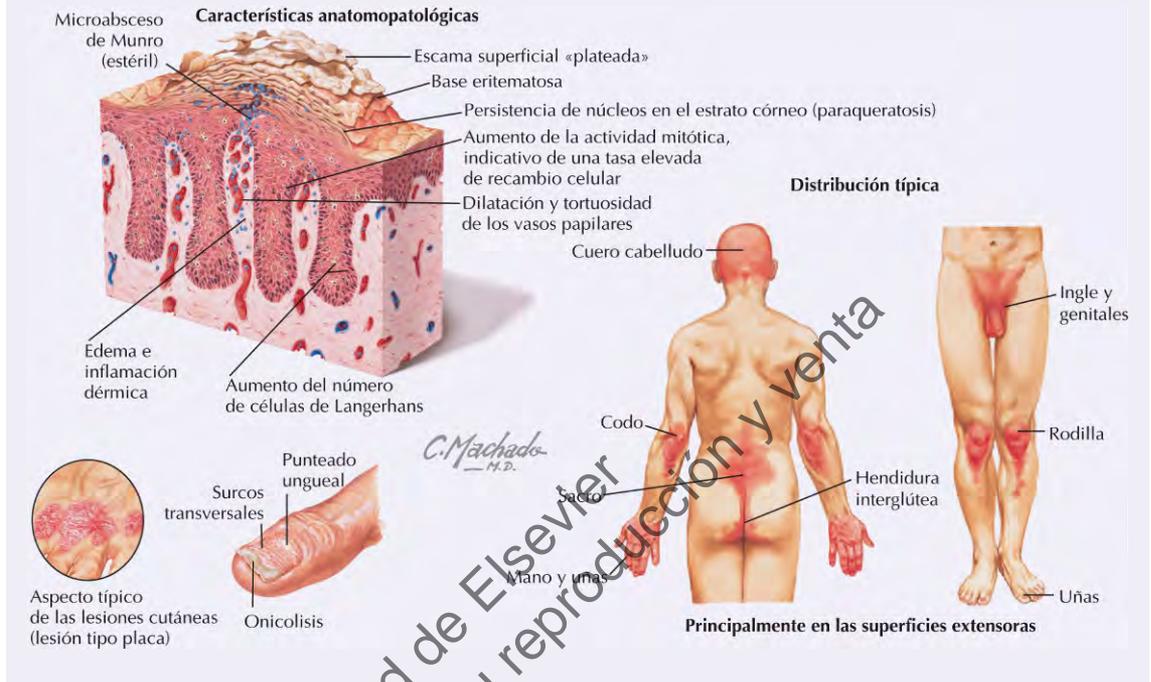


**FIGURA 1.4** Capas de la piel. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 12; S-4.)

Correlación clínica 1.1

Psoriasis

La psoriasis es una enfermedad cutánea inflamatoria, crónica, que afecta al 1-3% de la población (incidencia similar en hombres y mujeres). Se caracteriza por placas rojizas delimitadas cubiertas por una escama superficial de epidermis descamada. Aunque su patogenia es desconocida, se cree que en la psoriasis participa la predisposición genética.



deslizarse unas sobre otras con facilidad. El **tejido subcutáneo** se encuentra justo debajo de la dermis de la piel, unido a ella, y puede variar en espesor y densidad; actúa como un amortiguador, contiene cantidades variables de grasa y permite a la piel deslizarse sobre su superficie. La **fascia**, por lo general, consiste en un tejido conectivo denso, está unida a la cara profunda del tejido subcutáneo y, con frecuencia, envuelve a los músculos y los divide en grupos funcionales. Las extensiones de la fascia que recubren los músculos también pueden discurrir hacia el interior y unirse al esqueleto, separando los grupos de músculos mediante **tabiques intermusculares**. Las lesiones frecuentes de la piel incluyen abrasiones, cortes (laceraciones) y quemaduras. Las quemaduras se clasifican de la siguiente manera:

- **Primer grado:** se limitan a las capas superficiales de la epidermis; se denominan quemaduras *superficiales* y clínicamente cursan con eritema (enrojecimiento de la piel).
- **Segundo grado:** afectan a toda la epidermis y se extienden a la dermis superficial; se denominan quemaduras de *espesor parcial* y causan ampollas, pero no afectan a los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas.

- **Tercer grado:** afectan a toda la epidermis y a toda la dermis, e incluso pueden afectar al tejido subcutáneo, la fascia y el músculo subyacentes; se denominan quemaduras de *espesor total* y producen carbonización.

3. SISTEMA ESQUELÉTICO

Regiones

A efectos descriptivos, el esqueleto humano se divide en dos regiones (fig. 1.5):

- **Esqueleto axial:** incluye los huesos del cráneo, la columna vertebral, las costillas y el esternón, que forman el «eje» o línea central del cuerpo (80 huesos).
- **Esqueleto apendicular:** incluye los huesos de los miembros, incluyendo las cinturas escapular y pélvica, que fijan los miembros al eje del cuerpo (134 huesos).

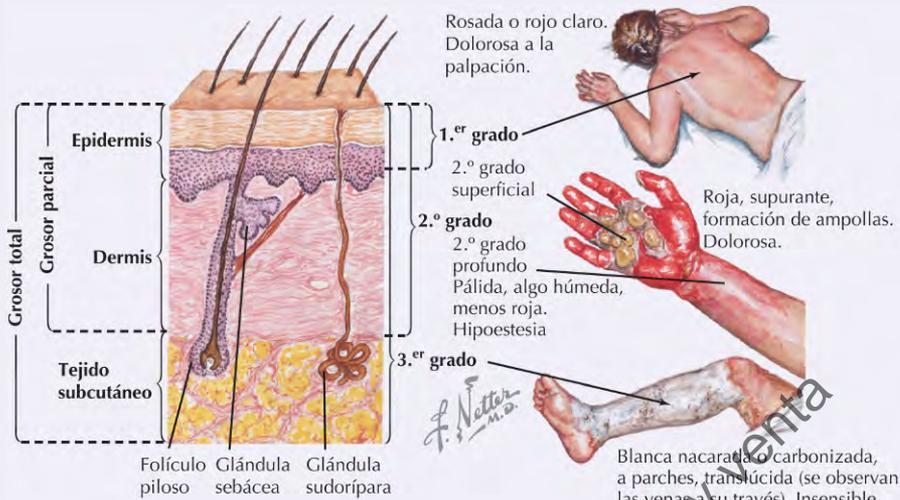
Formas y funciones de los huesos

El esqueleto está formado por un tejido conectivo vivo, dinámico y rígido que forma los huesos y los cartílagos. En general, los seres humanos tienen

Correlación clínica 1.2

**Quemaduras**

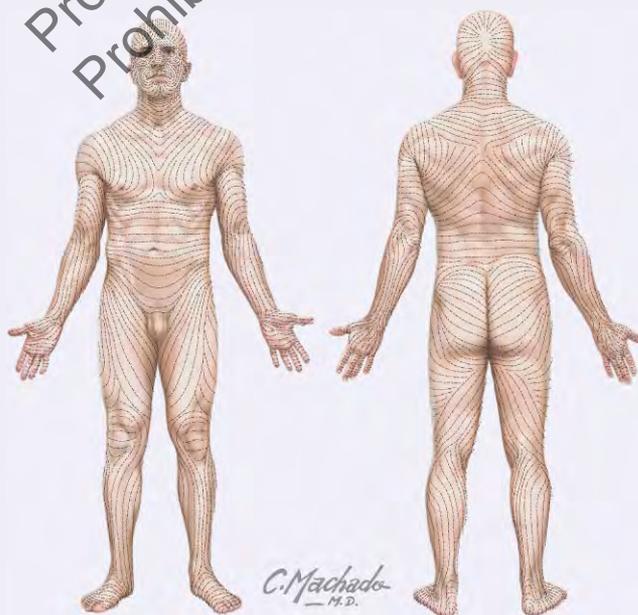
Las quemaduras cutáneas se clasifican en tres grados de gravedad, en función de la profundidad:

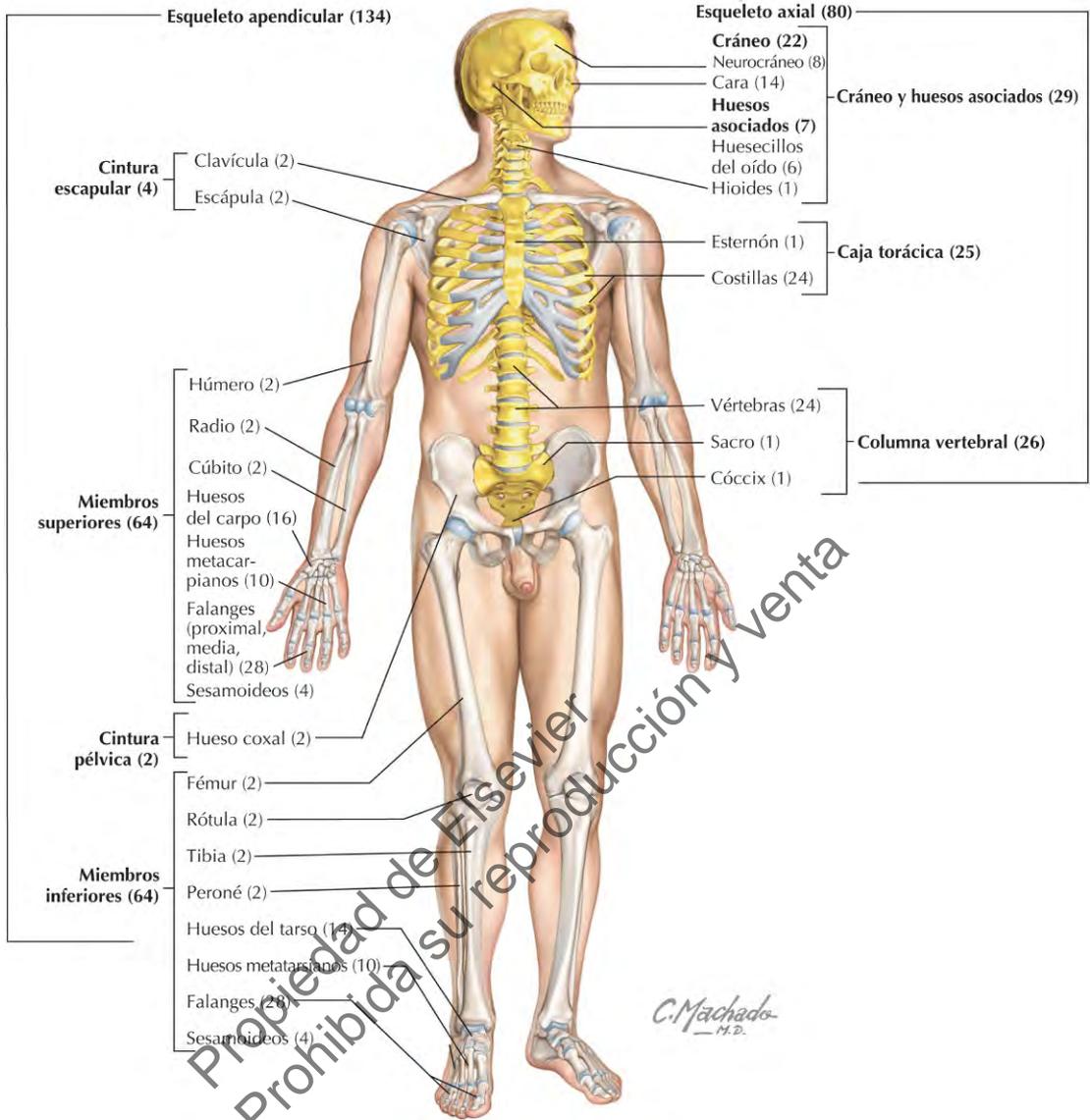


Correlación clínica 1.3

**Líneas de Langer**

El colágeno de la piel crea líneas de tensión denominadas *líneas de Langer*. Con frecuencia, los cirujanos utilizan estas líneas para realizar incisiones cutáneas. Las heridas resultantes de las incisiones suelen coaptar mejor cuando la incisión es paralela a las líneas de Langer, y la marca resultante tras la cicatrización de la incisión suele ser menor.





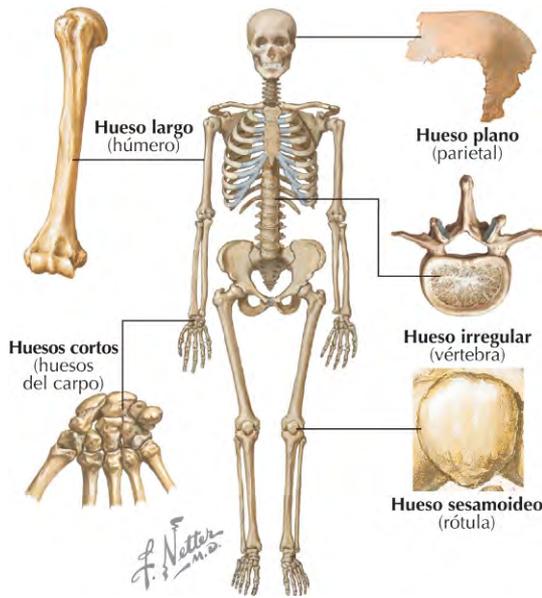
**FIGURA 1.5** Regiones del esqueleto axial y apendicular. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 8; S-120.)

© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

alrededor de 214 huesos, aunque esta cifra varía, especialmente en el número de pequeños huesos sesamoideos que pueden estar presentes. (En general, tenemos ocho huesos sesamoideos a nivel de las manos y los pies.) El cartílago se une a algunos huesos, especialmente cuando la flexibilidad es importante, o cubre las superficies de los huesos en los puntos articulares. Alrededor del 99% del calcio del cuerpo se almacena en el hueso, y muchos huesos poseen una cavidad central que contiene la médula ósea, un conjunto de células hematopoyéticas (formadoras de sangre). La mayoría de los huesos pueden clasificarse en una de las siguientes cinco formas (fig. 1.6):

- Largos.
- Cortos.

- Planos.
  - Irregulares.
  - Sesamoideos.
- Las funciones del sistema esquelético incluyen:
- Soporte.
  - Protección de los órganos vitales.
  - Un mecanismo, junto con los músculos, para el movimiento.
  - Almacenamiento de calcio y otras sales, factores de crecimiento y citoquinas.
  - Una fuente de células sanguíneas.
- Hay dos tipos de hueso:
- **Compacto:** es una masa relativamente sólida de hueso, en general observable como una capa superficial de hueso, que proporciona resistencia.



**FIGURA 1.6** Clasificación de los huesos basada en la forma.

- **Esponjoso** (trabecular, reticular): es una red trabecular, menos densa, de espículas óseas que forman la parte interna de la mayoría de los huesos y que rodean una cavidad medular interna.

Descriptivamente, los huesos largos también se dividen en las siguientes regiones (fig. 1.7):

- **Epífisis:** los extremos de los huesos largos, que se desarrollan a partir de centros de osificación secundaria.
- **Placa (lámina) epifisaria:** la zona del crecimiento en longitud; contiene cartilago en los huesos en crecimiento.
- **Metáfisis:** la zona donde el cuerpo del hueso se une a la epífisis y a la placa epifisaria.
- **Diáfisis:** el cuerpo de un hueso largo, que representa el centro de osificación primario y el lugar donde se produce el crecimiento en anchura.

Como tejido dinámico, vivo, el hueso recibe un abundante riego sanguíneo a partir de:

- **Arterias nutricias:** generalmente una o varias arterias más grandes que pasan a través de la diáfisis e irrigan el hueso compacto y esponjoso, así como la médula ósea.
- **Arterias metafisarias y epifisarias:** por lo general, se originan de las ramas articulares que irrigan la articulación.
- **Arterias periósticas:** numerosas arterias pequeñas de los vasos adyacentes que irrigan el hueso compacto.

### Detalles de los huesos

Varias características de la superficie de los huesos (crestas, surcos y protuberancias) son el resultado de la tensión que se produce sobre ellos por la inserción de tendones, ligamentos y la fascia, así como por los

paquetes vasculonerviosos u otras estructuras que pasan a lo largo del hueso. De forma descriptiva, estas características incluyen:

- **Cóndilo:** una superficie articular redondeada cubierta de cartilago articular (hialino).
- **Cresta:** una cresta (ancha o estrecha) de hueso.
- **Epicóndilo:** una cresta prominente o eminencia superior a un cóndilo.
- **Cara/carilla:** una superficie articular lisa, plana, por lo general cubierta de cartilago articular (hialino).
- **Fisura:** una abertura muy estrecha «en forma de ranura» de un hueso.
- **Foramen:** un agujero redondo u ovalado en el hueso, para el paso de otra estructura (nervio o vaso).
- **Fosa:** una depresión «en forma de copa» en el hueso, por lo general para la articulación con otro hueso.
- **Surco:** un surco en el hueso.
- **Línea:** una cresta fina lineal de hueso, pero menos prominente que una cresta.
- **Maleolo:** una eminencia redondeada.
- **Meato:** una vía de paso o conducto en un hueso.
- **Escotadura:** una hendidura a lo largo del borde de un hueso.
- **Apófisis:** prominencia ósea que puede ser afilada o roma.
- **Protuberancia:** una eminencia que sobresale en una superficie de lo contrario lisa.
- **Rama:** una parte delgada de un hueso que se une a una parte gruesa del mismo hueso.
- **Espina:** una prominencia aguda que sobresale de un hueso.
- **Trocánter:** una prominencia grande, roma, para el tendón de un músculo o la inserción de un ligamento.
- **Tubérculo:** una prominencia pequeña y elevada.
- **Tuberosidad:** una eminencia grande, redondeada, que puede ser áspera o rugosa.

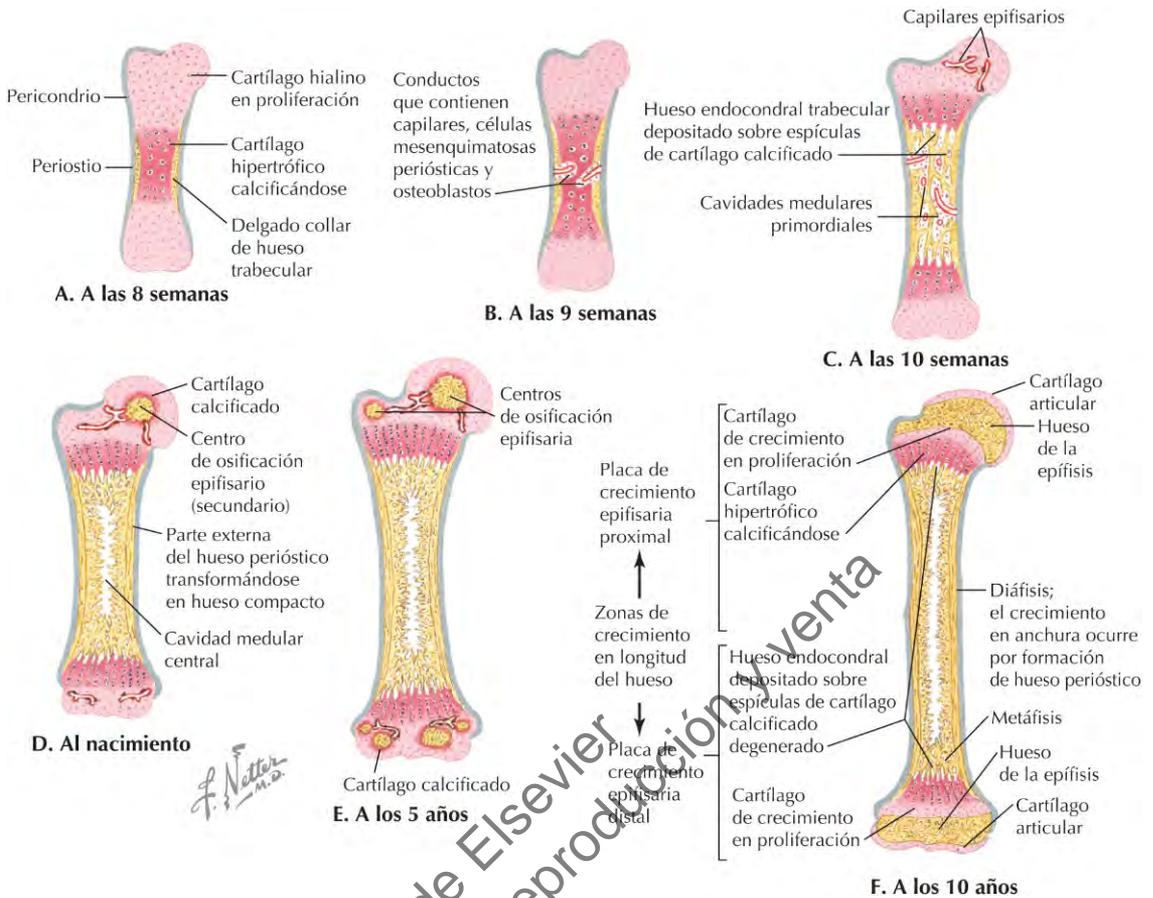
### Desarrollo de los huesos

Los huesos se desarrollan en una de las dos formas de osificación siguientes:

- **Osificación intramembranosa:** la mayoría de los huesos planos se desarrollan por esta vía, mediante el depósito de calcio directamente sobre un precursor mesenquimatoso (mesodermo primitivo) o molde del hueso.
- **Osificación endocondral:** la mayoría de los huesos largos y los de forma irregular se desarrollan por el depósito de calcio sobre un molde cartilaginoso del hueso que proporciona un andamiaje para el futuro hueso.

La siguiente secuencia de eventos define la formación del hueso endocondral (v. fig. 1.7):

- Formación de un delgado collar de hueso alrededor de un molde de cartilago hialino.



**FIGURA 1.7** Crecimiento y osificación de los huesos largos (cortes frontales medios).

- Cavitación del centro de osificación primaria e invasión de vasos, nervios, linfáticos, elementos de la médula ósea roja y osteoblastos.
- Formación de hueso endocondral esponjoso (trabecular) sobre espículas calcificadas.
- Elongación de la diáfisis, formación de la cavidad medular central y aparición de centros de osificación secundaria en las epífisis.
- Crecimiento de los huesos largos en la infancia.
- Fusión epifisaria desde la pubertad hasta la madurez (principio-mitad de la segunda década de la vida).

**Tipos de articulaciones**

Las articulaciones son los puntos de unión o articulación de dos o más huesos o cartilagos, y se clasifican en uno de los tres tipos siguientes (fig. 1.8):

- **Fibrosas** (sinartrosis): huesos unidos por tejido conectivo fibroso.
- **Cartilagosas** (anfiartrosis): huesos unidos por cartilago, o por cartilago y tejido fibroso.
- **Sinoviales** (diartrosis): en este tipo más frecuente de articulación, los huesos están unidos por una cavidad articular llena de una pequeña cantidad de líquido sinovial y rodeados por una cápsula

articular; las superficies articulares óseas están cubiertas por cartilago hialino.

Las **articulaciones fibrosas** incluyen **suturas** (huesos planos del cráneo), **sindesmosis** (dos huesos conectados por una membrana fibrosa) y **gonfosis** (dientes incluidos en los alveolos dentarios tapizados de tejido fibroso).

Las **articulaciones cartilagosas** incluyen articulaciones **primarias** (sincondrosis) entre superficies tapizadas por cartilago hialino (placa epifisaria que conecta la diáfisis con la epífisis) y articulaciones **secundarias** (sífnisis) entre superficies articulares tapizadas de cartilago hialino y con un disco fibrocartilaginoso intermedio. Las articulaciones primarias permiten el crecimiento y cierta flexión, mientras que las articulaciones secundarias dan fortaleza y cierta flexibilidad.

Las **articulaciones sinoviales** generalmente permiten un considerable movimiento y se clasifican, de acuerdo con su forma y el tipo de movimiento que permiten (movimiento uni-, bi- o multiaxial) (fig. 1.9), de la siguiente manera:

- **Gínglino** (tróclea): son articulaciones uniaxiales para flexión y extensión.
- **Trocoide**: son articulaciones uniaxiales para rotación.

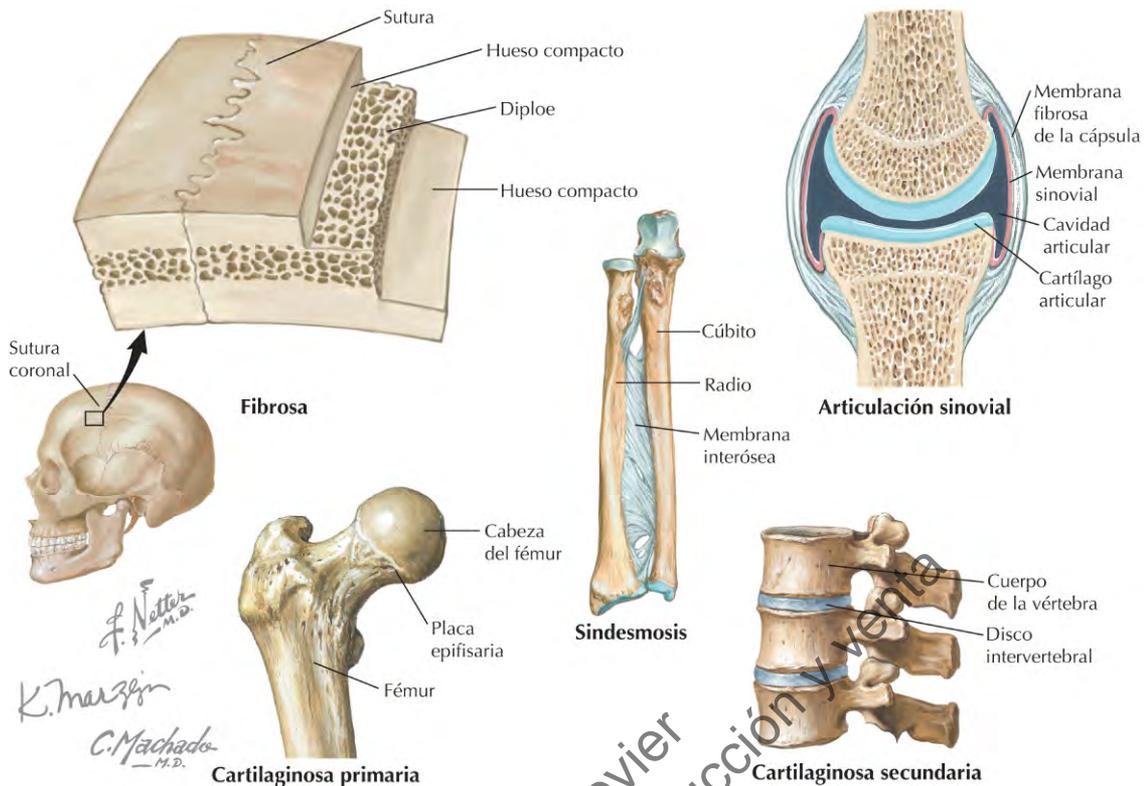


FIGURA 1.8 Tipos de articulaciones.

- **Silla de montar:** son articulaciones biaxiales para flexión, extensión, abducción, aducción y circunducción.
- **Condílea** (elipsoide; a veces clasificada por separado): son articulaciones biaxiales para flexión, extensión, abducción, aducción y circunducción.
- **Plana** (artrodia): son articulaciones que solo permiten simples movimientos de deslizamiento.
- **Esferoidea** (enartrosis): son articulaciones multiaxiales para flexión, extensión, abducción, aducción, rotación mediolateral y circunducción.

#### 4. SISTEMA MUSCULAR

Las células (fibras) musculares producen contracciones (acortamiento en longitud) que tienen como resultado el movimiento, el mantenimiento de la postura, los cambios en la forma y la propulsión de líquidos a través de los tejidos o los órganos huecos. Hay tres tipos diferentes de músculo:

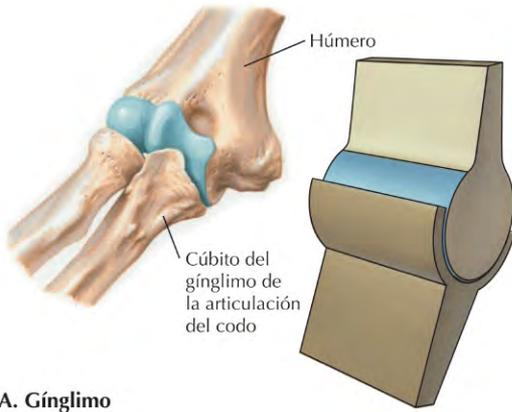
- **Esquelético:** fibras musculares estriadas que se unen al hueso y se encargan de los movimientos del esqueleto (a veces de manera simplista se denomina *músculo voluntario*).
- **Cardíaco:** fibras musculares estriadas que constituyen las paredes del corazón y las porciones proximales de las grandes venas cuando desembocan en el corazón.

- **Liso:** fibras musculares no estriadas que tapizan órganos de diferentes sistemas (digestivo, urogenital, respiratorio), se unen a los folículos pilosos y recubren las paredes de la mayoría de los vasos sanguíneos (a veces de manera simplista se denomina *músculo involuntario*).

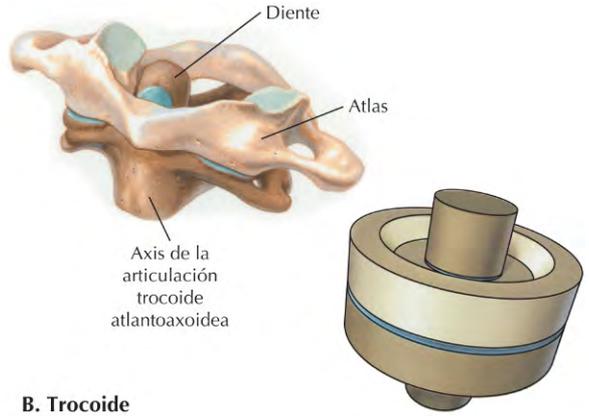
El músculo esquelético se divide en **fascículos** (haces), que se componen de fibras musculares (células musculares) (fig. 1.10). Las fibras musculares contienen **miofibrillas** orientadas longitudinalmente que discurren a todo lo largo de la célula. Cada miofibrilla está compuesta por muchos **miofilamentos**, que están constituidos por filamentos de **miosina** (filamentos gruesos) y de **actina** (filamentos delgados) que se deslizan una sobre otra durante la contracción muscular.

El músculo esquelético mueve los huesos a nivel de las articulaciones y tiene un **origen** (parte fija del músculo o inserción proximal) y una **inserción** (parte móvil del músculo o inserción distal). En algunos casos, el origen del músculo se mueve más que su inserción. Macroscópicamente, según su forma, los anatomistas clasifican los músculos en:

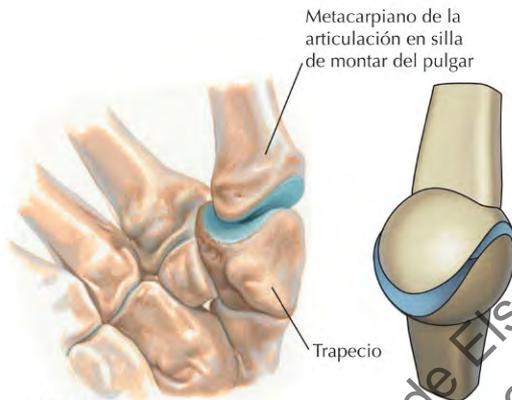
- **Anchos:** músculos que tienen fibras paralelas, por lo general, en forma de amplia lámina plana con un amplio tendón de inserción denominado *aponeurosis*.
- **Cuadrados:** músculos que tienen un aspecto cuadrangular.



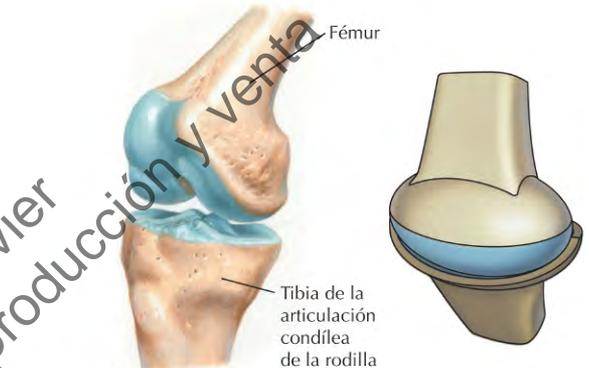
A. Gínglimo



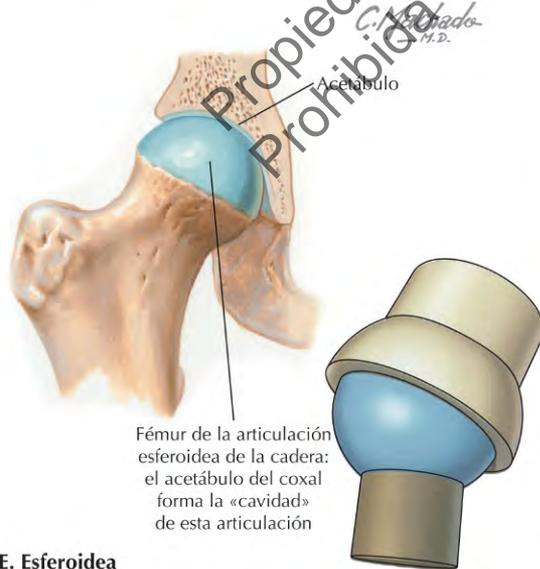
B. Trocoide



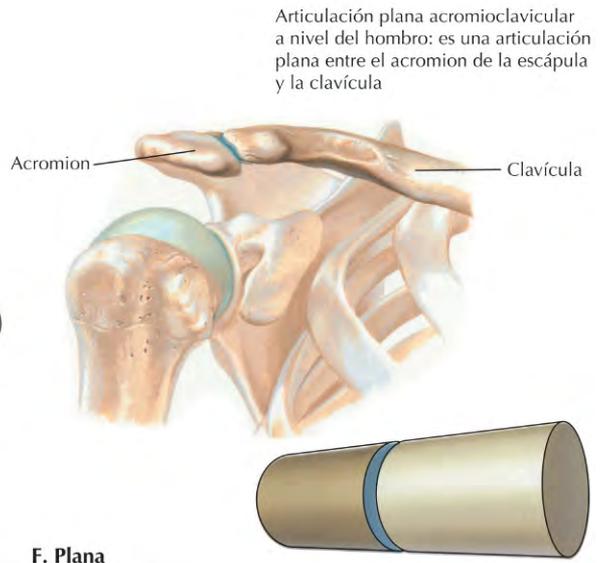
C. Silla de montar



D. Condílea



E. Esferoidea



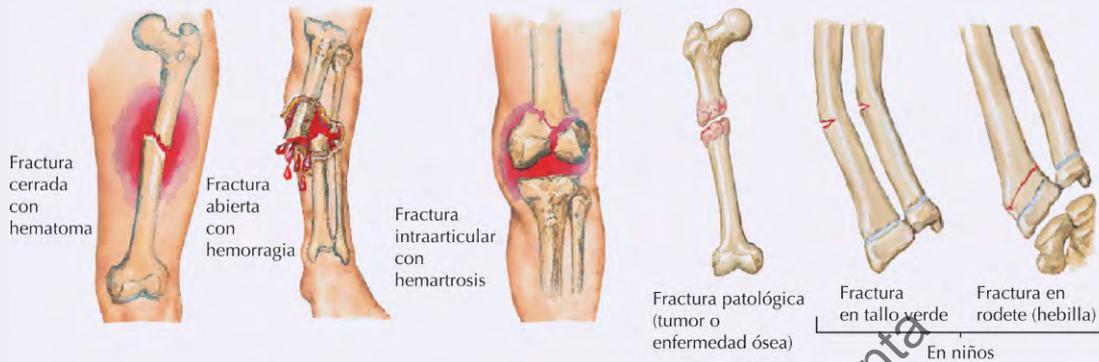
F. Plana

**FIGURA 1.9** Tipos de articulaciones sinoviales. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 9; S-121.)

Correlación clínica 1.4

**Fracturas**

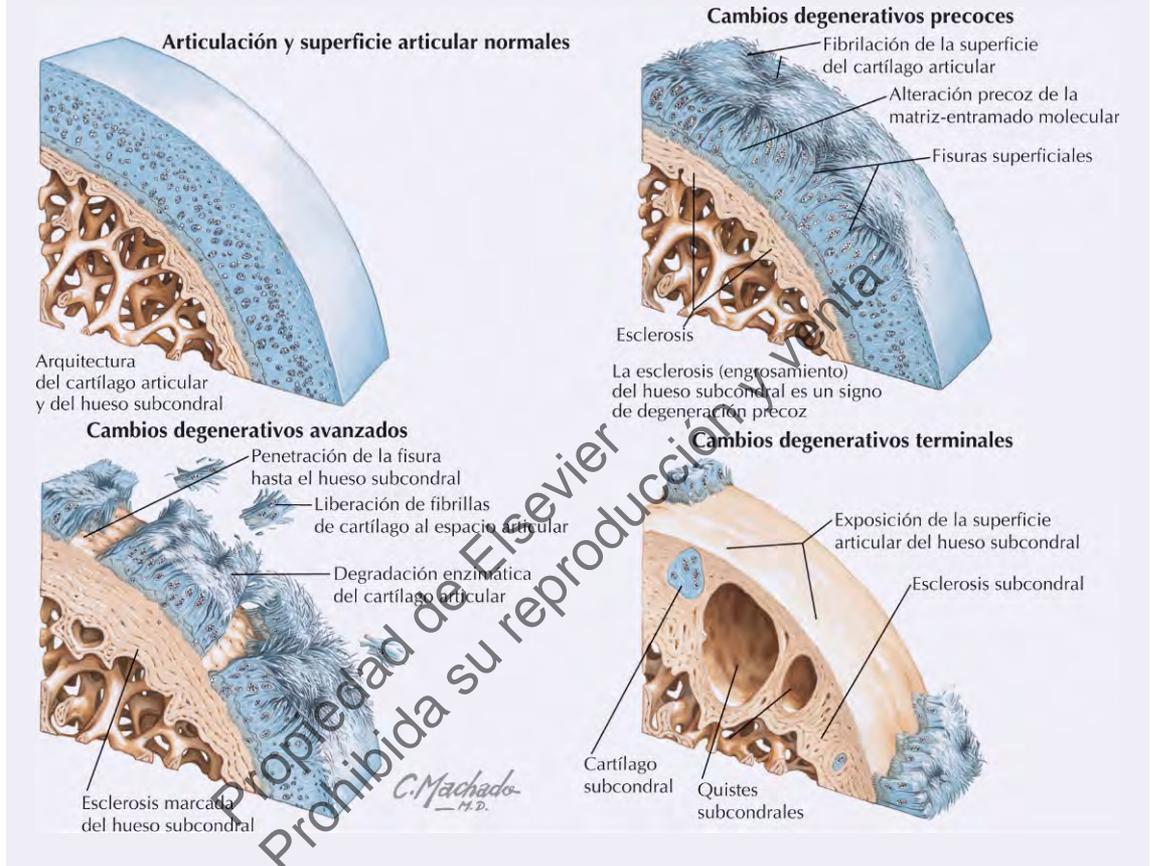
Las fracturas se clasifican como **cerradas** (la piel está intacta) o **abiertas** (existe pérdida de continuidad cutánea; a menudo denominadas *fracturas compuestas*). Las fracturas también pueden clasificarse en función de su aspecto anatómico (p. ej., transversal, espiral).



Correlación clínica 1.5

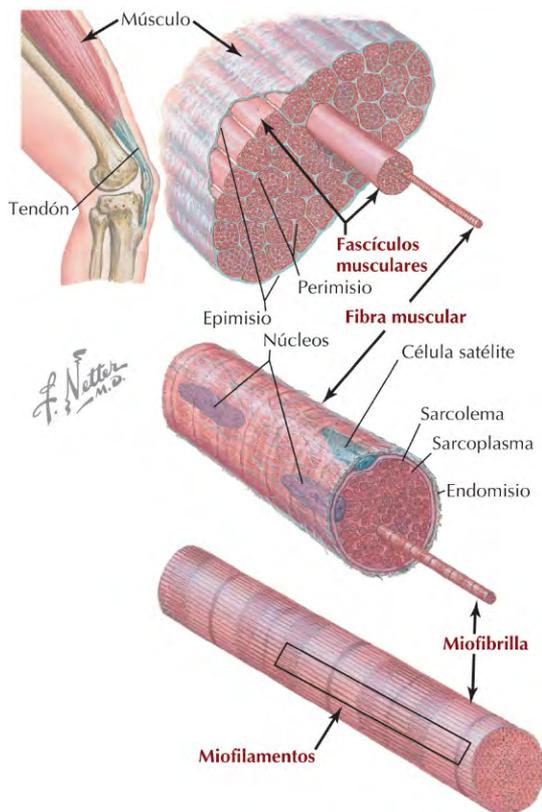
Artrosis

La artrosis es una enfermedad articular degenerativa. Se caracteriza por una pérdida progresiva del cartilago articular y una reparación defectuosa. La **artrosis** puede afectar a cualquier articulación sinovial, pero lo hace con mayor frecuencia en el pie, la rodilla, la cadera, la columna y la mano. A medida que se pierde el cartilago articular, el espacio articular (el espacio entre los dos huesos que se articulan) se estrecha y las superficies óseas expuestas rozan entre sí, causando un dolor considerable.



© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

- **Circulares:** músculos que forman esfínteres que cierran tubos o aberturas.
- **Digástricos:** dos músculos en serie y conectados por un tendón común.
- **Fusiformes:** músculos que tienen una porción central ancha y los extremos adelgazados.
- **Penniformes:** músculos que tienen un aspecto de pluma (formas uni-, bi- o multipenniforme). La contracción muscular acorta el músculo. Generalmente, el músculo esquelético se contrae mediante una de las tres vías siguientes:
  - **Refleja:** contracción involuntaria o automática; se observa en el diafragma durante la respiración o en la contracción refleja provocada por la percusión del tendón de un músculo con un martillo de reflejos.
  - **Tónica:** mantiene el «tono muscular», una ligera contracción que no puede producir movimiento, pero que permite al músculo mantener la firmeza necesaria para la estabilidad de una articulación y el importante mantenimiento de la postura.
  - **Fásica:** incluye dos tipos de contracción; la **contracción isométrica**, en la cual no se produce movimiento, pero el músculo mantiene la tensión para mantener una posición (más fuerte que la contracción tónica), y la **contracción isotónica**, en la cual el músculo se acorta para producir movimiento. La contracción muscular que produce movimientos puede actuar de varias maneras, dependiendo de las condiciones:



**FIGURA 1.10** Estructura del músculo esquelético.

- **Agonista:** el músculo principal responsable de un movimiento específico (el «motor principal»).
- **Antagonista:** el músculo que se opone a la acción del agonista; cuando un músculo agonista se contrae, el músculo antagonista se relaja.
- **Fijador:** uno o más músculos que estabilizan la parte proximal de un miembro cuando una parte más distal se está moviendo.
- **Sinergista:** un músculo o músculos que complementa (trabaja sinérgicamente con) la contracción del agonista, ya sea ayudando al movimiento generado por el agonista o reduciendo los movimientos innecesarios que se producirán cuando el agonista se contraiga.

## 5. SISTEMA CARDIOVASCULAR

El sistema cardiovascular consta de: 1) el **corazón**, que bombea sangre hacia la *circulación pulmonar* para el intercambio gaseoso y hacia la *circulación sistémica* para irrigar los tejidos corporales, y 2) los **vasos** que transportan la sangre, que incluyen arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas. La sangre que pasa a través del sistema cardiovascular consta de los siguientes elementos (fig. 1.11):

- Plaquetas.
- Leucocitos (glóbulos blancos).

- Eritrocitos (hematíes, glóbulos rojos).
- Plasma.

La **sangre** es un tejido conectivo líquido que circula a través de las arterias para alcanzar los tejidos corporales y luego regresar al corazón a través de las venas. Cuando se «centrifuga» la sangre en un tubo, los eritrocitos precipitan hacia el fondo, donde representan aproximadamente el 45% del volumen sanguíneo. Esto se denomina **hematocrito** y normalmente varía del 40 al 50% en los hombres y del 35 al 45% en las mujeres. La siguiente capa es una «**capa leucocitaria**», que representa un poco menos del 1% del volumen sanguíneo e incluye leucocitos (glóbulos blancos) y plaquetas. El 55% restante del volumen es el **plasma** e incluye agua, proteínas plasmáticas, factores de coagulación y varios solutos (el **suero** es plasma del cual se han eliminado los factores de coagulación). Las funciones de la sangre son:

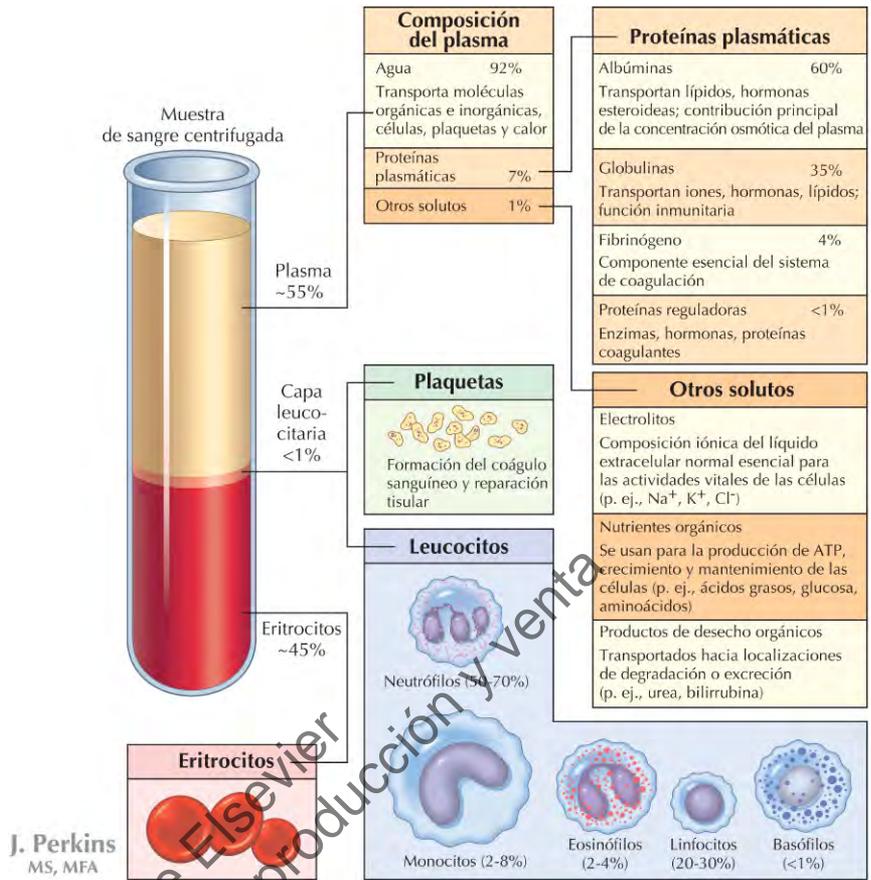
- Transporte de gases disueltos, nutrientes, productos metabólicos de desecho y hormonas hacia y desde los tejidos.
- Prevención de la pérdida de líquidos mediante mecanismos de coagulación.
- Defensa inmunitaria.
- Regulación del pH y equilibrio electrolítico.
- Termorregulación mediante la contracción y la dilatación de los vasos sanguíneos.

### Vasos sanguíneos

La sangre circula a través de los vasos sanguíneos (fig. 1.12). Las **arterias** conducen la sangre desde el corazón, y las **venas** transportan la sangre de vuelta al corazón. Las arterias, generalmente, tienen más músculo liso en sus paredes que las venas, y a ellas se debe la mayor parte de la resistencia vascular, especialmente a las pequeñas arterias y arteriolas musculares. Los **capilares** son tubos microscópicos simples con paredes muy delgadas que conectan las arterias con las venas; constituyen más del 90% de todos los vasos sanguíneos del cuerpo humano. En cualquier momento, la mayor parte de la sangre se encuentra en las venas (aproximadamente, el 64%) y se devuelve al lado derecho del corazón; por tanto, las venas son vasos de capacidad, contienen la mayor parte de la sangre, y son mucho más variables y numerosas que sus correspondientes arterias.

Las arterias principales se ilustran en la **figura 1.13**. En ciertos puntos a lo largo del trayecto de la circulación arterial sistémica se encuentran arterias grandes y de tamaño mediano cerca de la superficie del cuerpo, y pueden utilizarse para tomar el **pulso** comprimiendo la arteria contra una estructura subyacente dura (normalmente, un hueso). El pulso más distal al corazón se toma normalmente sobre la arteria dorsal del pie, en el dorso del pie o en la arteria tibial posterior, en la cara medial del tobillo.

**FIGURA 1.11**  
Composición de la sangre.



En la [figura 1.14](#) también se ilustran las venas principales. Las venas son vasos de capacidad debido a que son distensibles y numerosas, y pueden servir como reservorios para la sangre. Debido a que las venas transportan la sangre a baja presión, y a menudo en contra de la gravedad, las venas más grandes de los miembros y de la región inferior del cuello tienen numerosas válvulas que ayudan al retorno venoso hacia el corazón (otras venas pueden contener también válvulas). La presencia de las válvulas y las contracciones de los músculos esqueléticos adyacentes ayudan a «bombear» la sangre venosa contra gravedad y hacia el corazón. En la mayor parte del cuerpo, las venas se encuentran como un conjunto de venas superficiales en el tejido subcutáneo que conecta con un conjunto de venas más profundas que corren paralelas a las arterias. Los tipos de venas son:

- **Vénulas:** son venas muy pequeñas que recogen la sangre de los lechos capilares.
- **Venas:** son venas pequeñas, medianas y grandes que contienen un poco de músculo liso en sus paredes, pero no tanto como sus correspondientes arterias.
- **Sistemas venosos porta:** son venas que transportan sangre entre dos lechos capilares (p. ej.,

el sistema porta hepático que drena el sistema digestivo).

### Corazón

El corazón es un órgano muscular (músculo cardíaco) hueco que se divide en cuatro cavidades ([fig. 1.15](#); v. [fig. 1.12](#)):

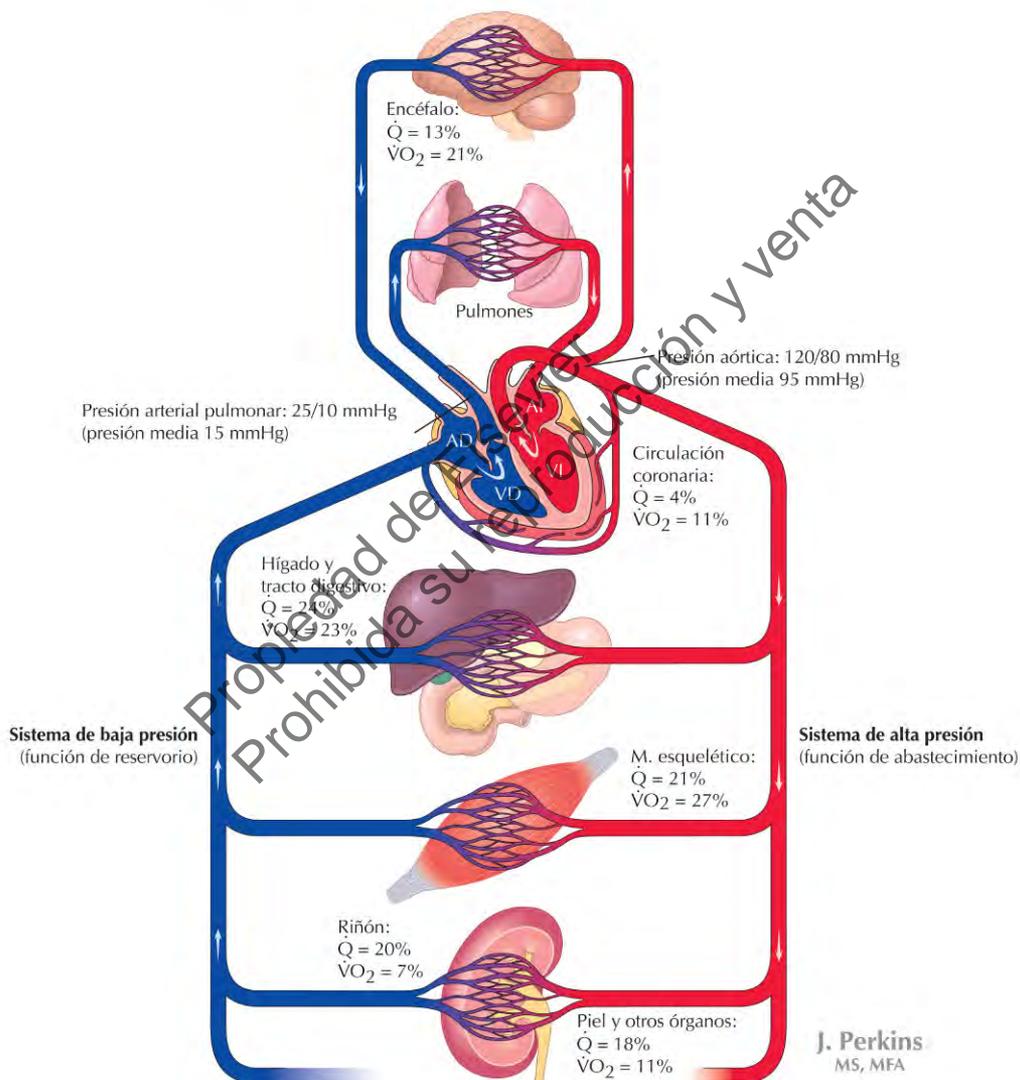
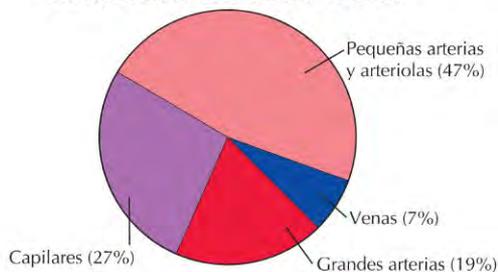
- **Atrio (aurícula) derecho:** recibe la sangre de la circulación sistémica a través de las venas cavas superior e inferior.
- **Ventrículo derecho:** recibe la sangre del atrio (aurícula) derecho y la bombea hacia la circulación pulmonar a través del tronco pulmonar y las arterias pulmonares.
- **Atrio (aurícula) izquierdo:** recibe la sangre desde los pulmones a través de las venas pulmonares.
- **Ventrículo izquierdo:** recibe la sangre del atrio (aurícula) izquierdo y la bombea hacia la circulación sistémica a través de la aorta.

Los atrios (aurículas) y los ventrículos están separados por las válvulas atrioventriculares (**tricúspide** en el lado derecho y **mitral** en el lado izquierdo), que impiden que la sangre refluya hacia los atrios (aurículas) cuando se contraen los ventrículos. Del mismo modo, los dos principales vasos eferentes, el tronco pulmonar desde el ventrículo derecho y la aorta

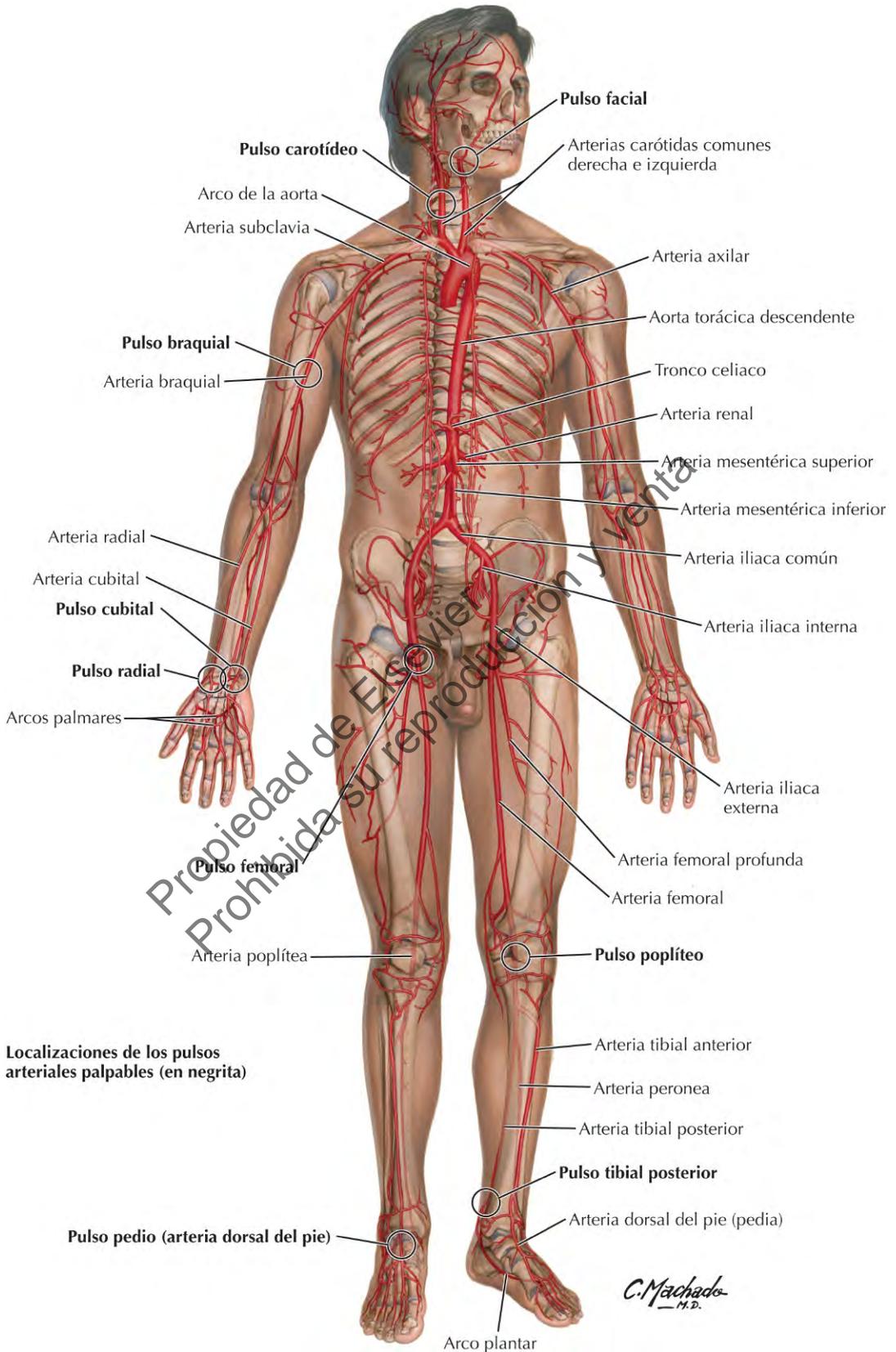
Distribución del volumen en reposo



Distribución de la resistencia vascular



**FIGURA 1.12** Organización general del sistema cardiovascular. Se muestra el volumen de sangre por minuto ( $\dot{Q}$ ), expresado como porcentaje del gasto cardiaco, y el porcentaje relativo de captación de oxígeno por minuto ( $\dot{V}O_2$ ) en los diversos sistemas orgánicos.



**Localizaciones de los pulsos arteriales palpables (en negrita)**

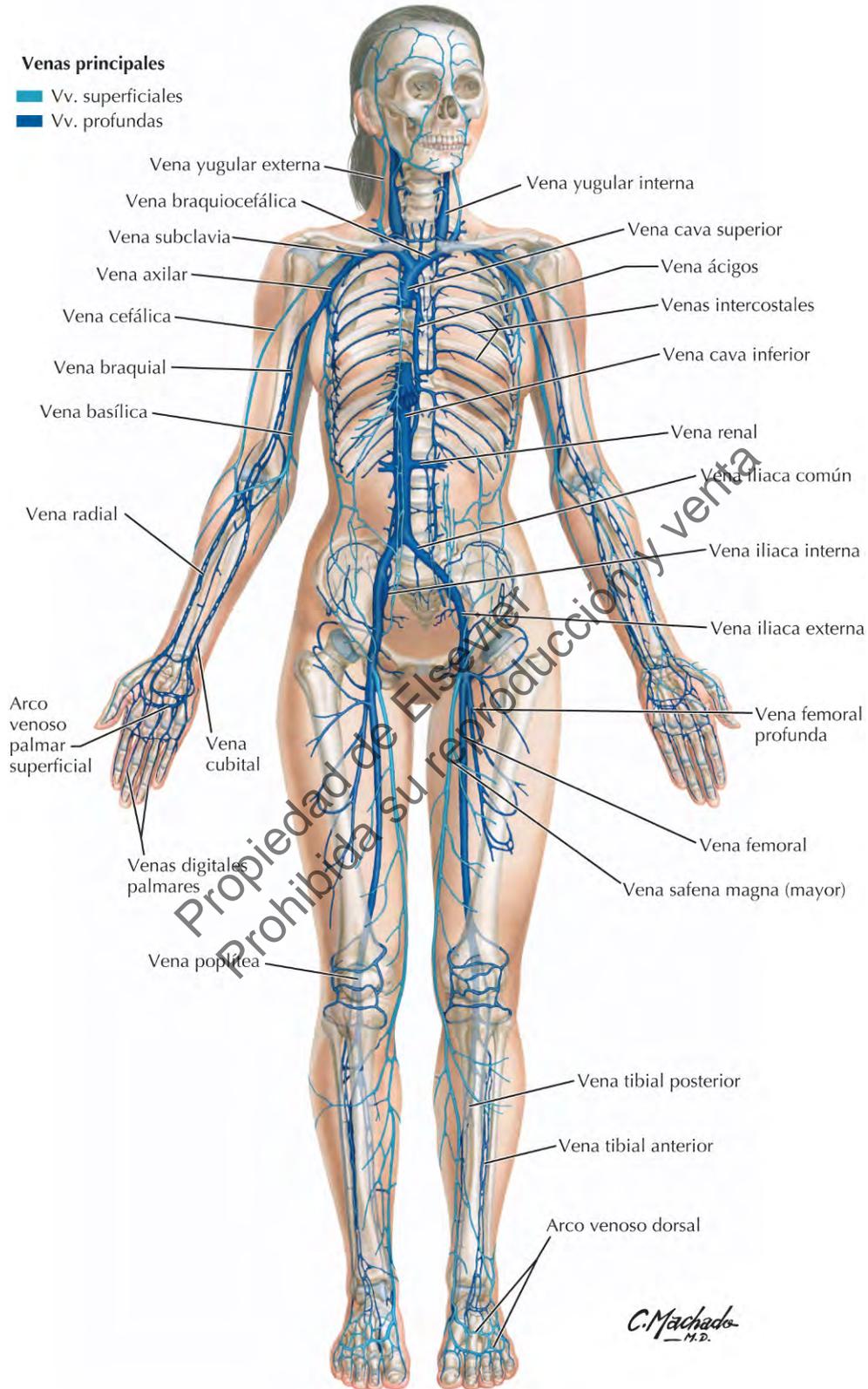
**Pulso pedio (arteria dorsal del pie)**

*C. Machado*  
M.D.

**FIGURA 1.13** Arterias principales y localizaciones del pulso. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 14; S-303.)

**Venas principales**

- Vv. superficiales
- Vv. profundas



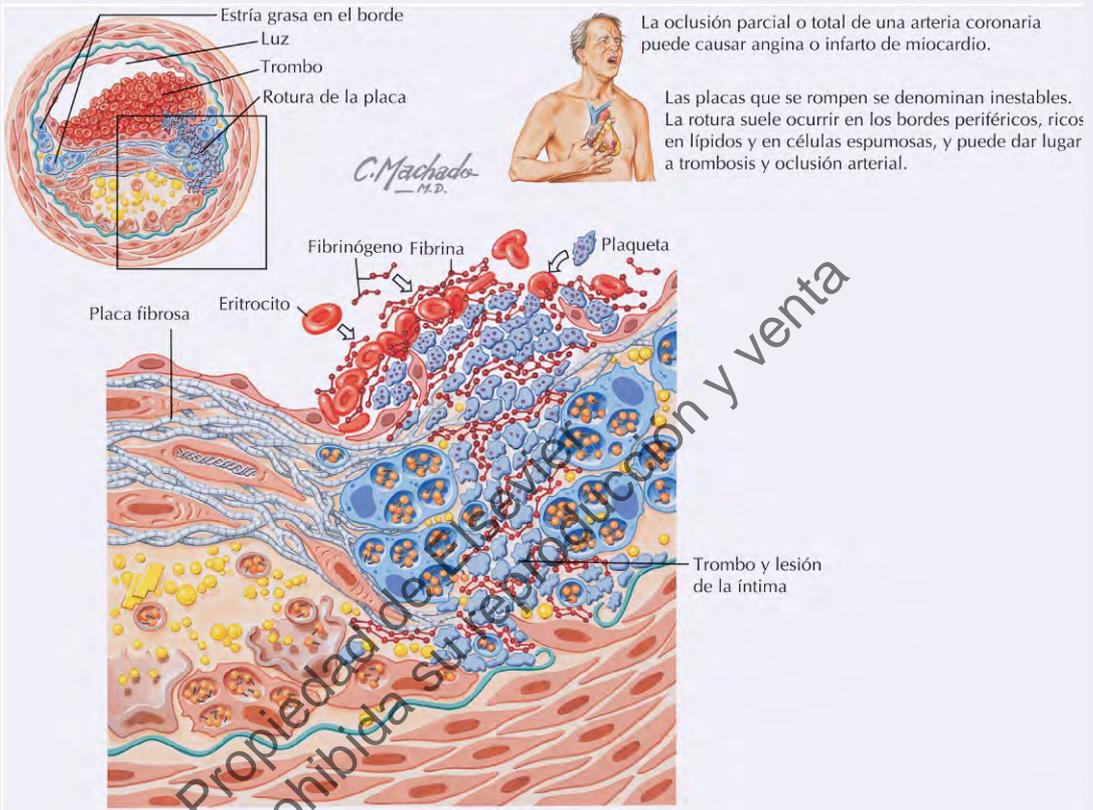
**FIGURA 1.14** Venas principales. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 5; S-304.)

C. Machado  
— M.D.

Correlación clínica 1.6

**Aterogénesis**

El engrosamiento y el estrechamiento de la pared arterial, y el depósito final de lípidos en la pared, pueden dar lugar a un tipo de **aterosclerosis**. La arteria estrechada puede no ser capaz de satisfacer las necesidades metabólicas de los tejidos adyacentes, que pueden volverse isquémicos. Esta patología puede deberse a múltiples factores, incluida la inflamación focal de la pared arterial. Cuando se forma una placa que puede llegar a romperse y dar lugar a trombosis y oclusión arterial, el proceso aterogénico se denomina **formación de placa inestable**.



© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

ascendente desde el ventrículo izquierdo, poseen la válvula **pulmonar** y la válvula **aórtica** (ambas válvulas semilunares), respectivamente.

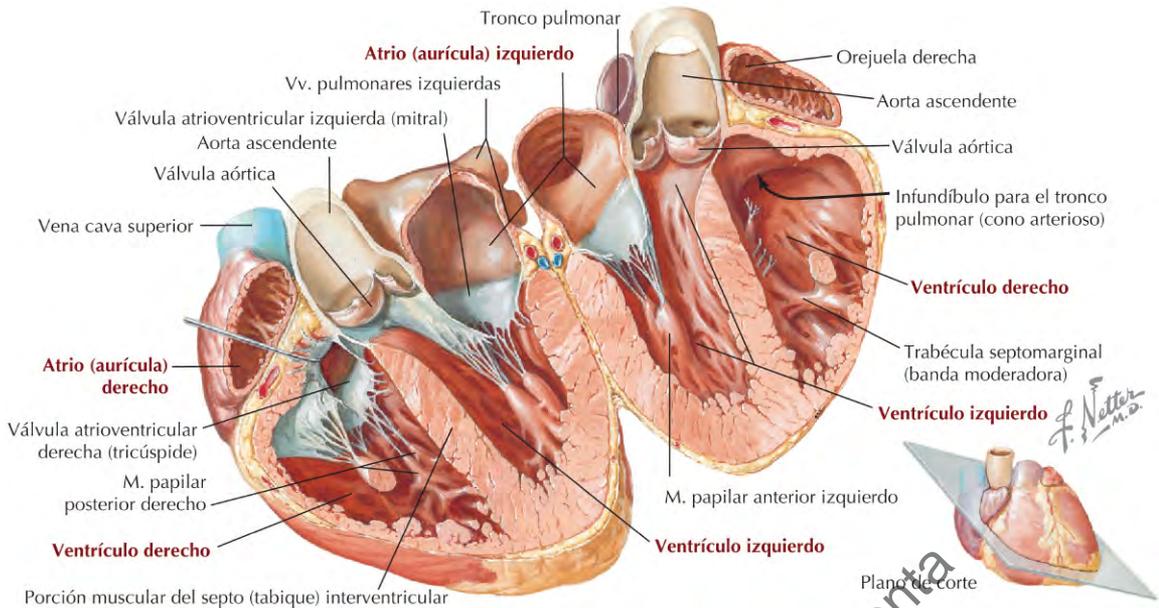
**6. SISTEMA LINFÁTICO**

**Organización general**

El sistema linfático está íntimamente asociado con el sistema cardiovascular, tanto en el desarrollo de sus vasos linfáticos como en su función inmunitaria. Las funciones del sistema linfático son:

- Proteger el cuerpo contra las infecciones mediante la activación de mecanismos de defensa del sistema inmunitario.
- Recoger los líquidos tisulares, los solutos, las hormonas y las proteínas plasmáticas y devolverlos al sistema circulatorio (torrente sanguíneo).

- Absorber la grasa (quilomicrones) desde el intestino delgado.
- Los componentes del sistema linfático son:
- **Linfa:** un líquido acuoso que se asemeja al plasma, pero contiene menos proteínas y puede contener grasa, junto con células (principalmente, linfocitos y unos pocos eritrocitos).
  - **Linfocitos:** componentes celulares de la linfa, que incluyen las células T, las células B y las células NK (células asesinas naturales).
  - **Vasos linfáticos:** una extensa red de vasos y capilares en los tejidos periféricos que transportan linfa y linfocitos.
  - **Órganos linfoides:** son acúmulos de tejido linfóide, que incluyen los nódulos (ganglios) linfáticos, los agregados de tejido linfóide a lo largo de las vías respiratorias y el tubo digestivo, las



**FIGURA 1.15** Cavidades del corazón. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 245; S-316.)

tonsilas (amígdalas), el timo, el bazo y la médula ósea.

### Drenaje linfático

El cuerpo consta, aproximadamente, de un 60% de líquido, con un 40% localizado en el compartimento del líquido intracelular (dentro de las células) y el restante 20% en el compartimento del líquido extracelular. Los vasos linfáticos son esenciales para retornar líquido extracelular, solutos y proteínas (perdidos a través de los capilares hacia el compartimento extracelular) de nuevo a la corriente sanguínea. Lo que ayuda a mantener un volumen normal de la sangre. En promedio, los vasos linfáticos retornan, aproximadamente, 3,5 a 4,0 l de líquido al día de vuelta al torrente sanguíneo. Los linfáticos también distribuyen varias hormonas, nutrientes (grasas desde el intestino y proteínas desde el intersticio) y productos de desecho desde el líquido extracelular a la circulación sanguínea.

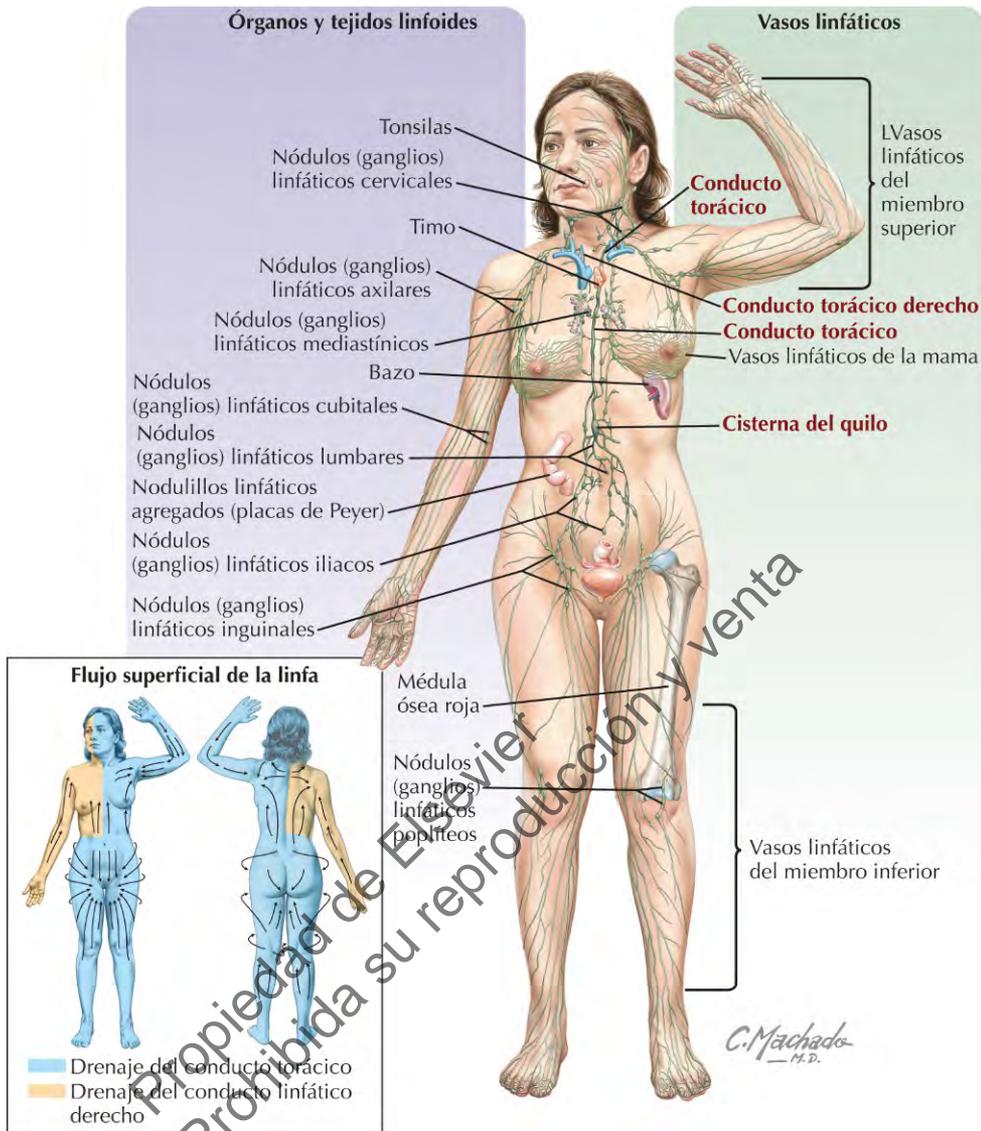
Los vasos linfáticos transportan linfa desde todas las partes del cuerpo a través de los principales conductos linfáticos. La mayor parte de la linfa (alrededor del 75-80%) se recoge finalmente en el **conducto torácico** para devolverla de nuevo al sistema venoso (alcanza las venas en la unión de las venas yugular interna izquierda y subclavia izquierda) (fig. 1.16). Un **conducto linfático derecho** mucho más pequeño drena los vasos linfáticos del cuadrante superior derecho del cuerpo a una localización similar en el lado derecho. A lo largo del trayecto de estos vasos linfáticos se encuentran situados estratégicamente los **nódulos (ganglios) linfáticos** encapsulados para «filtrar» la linfa, a medida que se la conduce hacia el sistema venoso.

Los nódulos (ganglios) linfáticos forman localizaciones clave para la fagocitosis de los microorganismos y otras partículas, e inician la respuesta inmunitaria corporal.

### Respuesta inmunitaria

Cuando un microorganismo extraño, una célula infectada por un virus o una célula cancerosa se detecta dentro del cuerpo, el sistema linfático desarrolla lo que se denomina una *respuesta inmunitaria*. Los patógenos detectados se distinguen de las propias células normales del cuerpo, y entonces se inicia una respuesta para neutralizar el patógeno. El cuerpo humano ha desarrollado tres respuestas principales para protegerse contra los invasores extraños:

- **Barreras inespecíficas:** la primera línea de defensa está compuesta por barreras físicas a la invasión. Estas incluyen la piel y las mucosas que recubren el exterior del cuerpo (piel) y sus sistemas respiratorio, digestivo, urinario y genital (la mucosa y sus secreciones, que pueden incluir enzimas, secreciones ácidas, mecanismos de arrastre como la secreción lagrimal o la micción, mucosidad pegajosa para secuestrar a los patógenos y toser y estornudar para eliminar los agentes patógenos e irritantes).
- **Inmunidad innata:** esta segunda línea de defensa (si la barrera inespecífica es sobrepasada) se compone de una variedad de células y secreciones antimicrobianas, y se manifiesta con inflamación y fiebre.
- **Inmunidad adaptativa:** la tercera línea de defensa se caracteriza por el reconocimiento específico



**FIGURA 1.16** Visión general del sistema linfático. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 16; S-343.)

del patógeno, la memoria inmunitaria, la ampliación de la respuesta inmunitaria y una respuesta rápida contra los patógenos que reinvasen el cuerpo.

### 7. SISTEMA RESPIRATORIO

El sistema respiratorio proporciona oxígeno al cuerpo para sus necesidades metabólicas y elimina dióxido de carbono. Estructuralmente, el sistema respiratorio incluye (fig. 1.17):

- **Nariz y senos paranasales.**
- **Faringe** y sus subdivisiones (nasofaringe, orofaringe y laringofaringe).
- **Laringe**, se continúa inferiormente con la tráquea.

- **Tráquea.**
- **Pulmones** (un pulmón derecho y un pulmón izquierdo) y sus bronquios, bronquiolos, conductos/sacos alveolares y alveolos pulmonares. Funcionalmente, el sistema respiratorio realiza cinco funciones básicas:
  - Filtra y humedece el aire, y lo mueve hacia el interior y el exterior de los pulmones.
  - Proporciona una gran superficie para el intercambio gaseoso con la sangre.
  - Ayuda a regular el pH de los líquidos corporales.
  - Participa en la vocalización.
  - Ayuda al sistema olfatorio en la detección de olores.

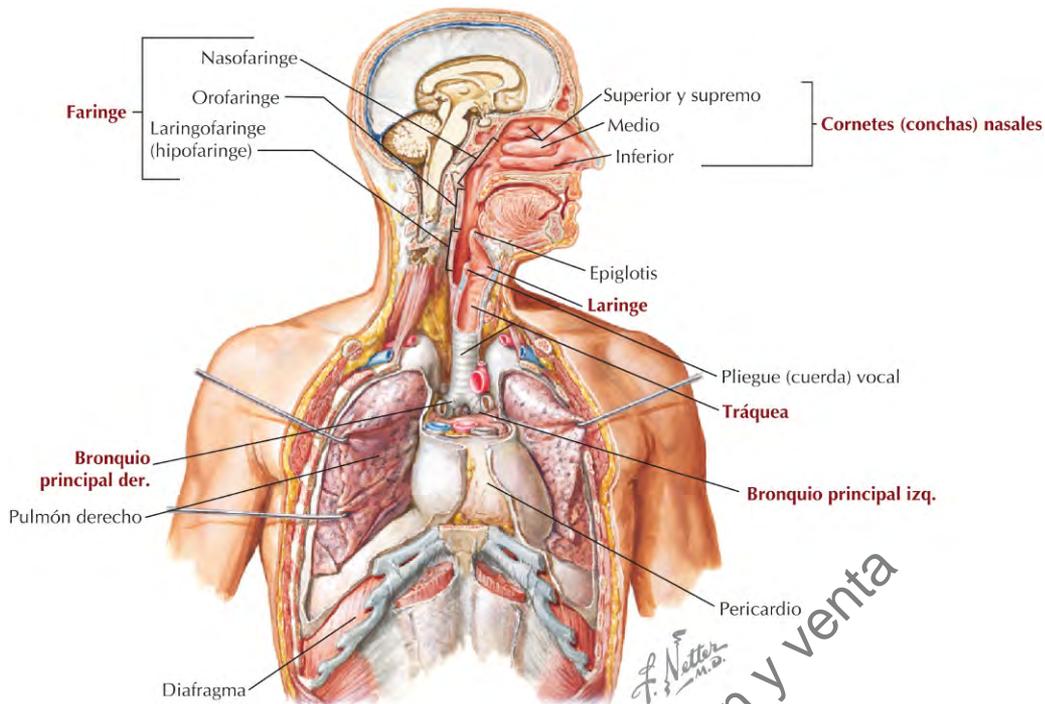


FIGURA 1.17 Sistema respiratorio.

## 8. SISTEMA NERVIOSO

### Organización general

El sistema nervioso integra y regula muchas de las actividades corporales, a veces en lugares aislados (objetivos específicos) y a veces más globalmente. El sistema nervioso suele actuar con bastante rapidez y también puede modular los efectos de los sistemas endocrino e inmunitario. El sistema nervioso se separa en dos divisiones estructurales (fig. 1.18):

- **Sistema nervioso central (SNC):** incluye el encéfalo y la médula espinal.
- **Sistema nervioso periférico (SNP):** incluye los nervios somáticos, autónomos y entéricos, fuera del SNC.

### Neuronas

Las células nerviosas se denominan **neuronas**, y su estructura refleja las características funcionales de una neurona individual (fig. 1.19). La información sale de la neurona, en general, a través de prolongaciones de forma arbórea denominadas **axones**, que terminan en unas uniones especializadas denominadas **sinapsis**. La sinapsis puede producirse en las prolongaciones neuronales denominadas **dendritas** o en el cuerpo celular neuronal, denominado **soma** o *pericarion*.

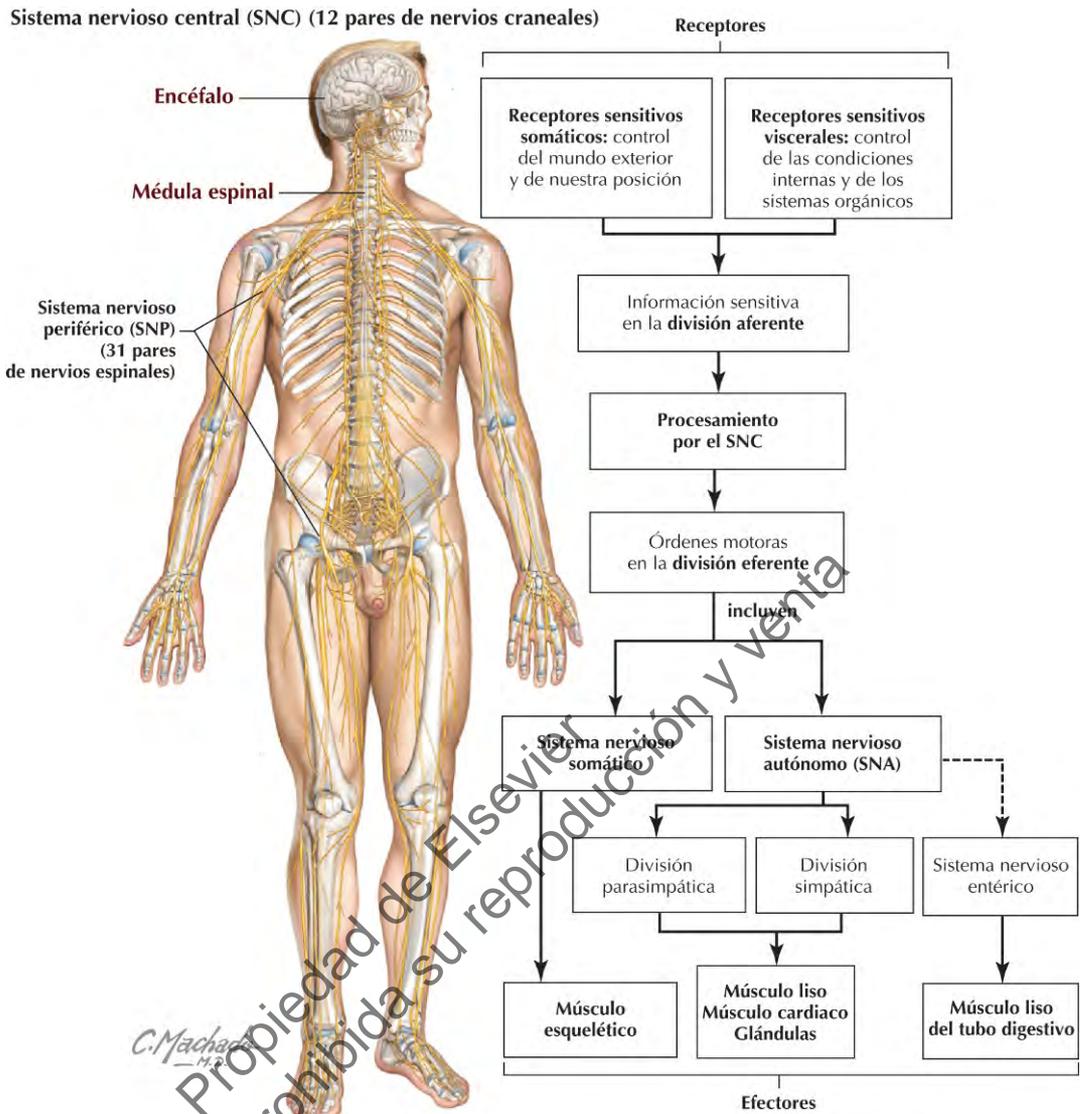
Las neuronas transmiten la información eferente (motora) a través de potenciales de acción que discurren a lo largo de un único axón que se origina del soma, que luego sinapsa en un objetivo específico, por lo general otra neurona o célula diana, como las

células musculares. Los tipos comunes de neuronas incluyen:

- **Monopolar** (a menudo denominado *pseudomonopolar*): una neurona con un axón que se divide en dos prolongaciones largas (neuronas sensitivas que se encuentran en el ganglio sensitivo del nervio espinal [raquídeo]).
- **Bipolar:** una neurona que posee un axón y una dendrita (rara, pero se encuentra en la retina y el epitelio olfatorio).
- **Multipolar:** una neurona que posee un axón y dos o más dendritas (el tipo más común).

Aunque el sistema nervioso humano contiene miles de millones de neuronas, todas las neuronas pueden clasificarse, en gran parte, en uno de tres tipos funcionales:

- **Neuronas motoras:** conducen impulsos **eferentes** desde el SNC o los ganglios (agrupaciones de neuronas fuera del SNC) hacia células diana (efector); los axones eferentes somáticos se dirigen al músculo esquelético y los axones eferentes viscerales al músculo liso, el músculo cardíaco y las glándulas.
- **Neuronas sensitivas:** transmiten impulsos **aférentes** desde receptores periféricos hacia el SNC; los axones aférentes somáticos transmiten sensaciones dolorosas, térmicas, táctiles, baropresoras y propioceptivas (no conscientes); los axones aférentes viscerales transmiten el dolor y otras sensaciones (p. ej., náuseas) desde órganos, glándulas y vasos sanguíneos hacia el SNC.



**FIGURA 1.18** Organización general del sistema nervioso. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 4; S-15.)

© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

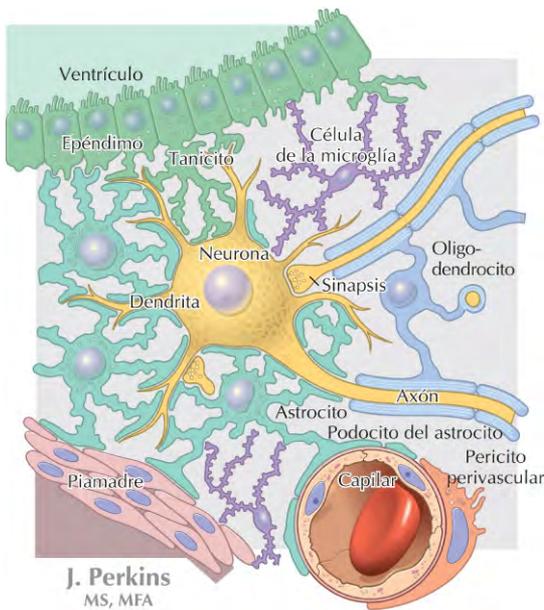
- **Interneuronas:** transmiten impulsos entre las neuronas sensitivas y motoras en el SNC, y de este modo forman redes integradas entre las células; las interneuronas probablemente representan más del 99% de todas las neuronas del cuerpo.

Las neuronas pueden variar considerablemente en tamaño, desde varios micrómetros hasta más de 100 µm de diámetro. Las neuronas pueden tener numerosas dendritas ramificadas, tachonadas de espinas dendríticas que aumentan muchas veces el área receptora de la neurona. El axón de la neurona puede ser muy corto o de 1 m de largo. El diámetro axonal también puede variar. Los axones que son más grandes de 1-2 µm de diámetro están aislados por vainas de **mielina**. En el SNC, los axones están mielinizados por una célula glial especial denominada **oligodendro-**

**drocito**, mientras que en el SNP están rodeados por una célula glial llamada **célula de Schwann**, que a menudo también mieliniza los axones del SNC. Algunas células de Schwann no producen mielina y simplemente recubren un grupo de fibras nerviosas separándolas dentro de su citoplasma (p. ej., la mayoría de los nervios cutáneos [sensitivos] de la piel).

**Glía**

La glía son las células que soportan las neuronas, tanto en el SNC (neuroglía) como en el SNP. En el sistema nervioso, las células gliales son mucho más numerosas que las neuronas y contribuyen a la mayor parte del crecimiento posnatal, junto con la mielinización axonal, observado en el SNC. Funcionalmente, la glía:



**FIGURA 1.19** Tipos de células localizadas en el sistema nervioso central (SNC).

- Proporciona el aislamiento estructural de las neuronas y sus sinapsis.
- Secuestra iones en el compartimento extracelular.
- Proporciona soporte trófico para las neuronas y sus prolongaciones.
- Mantiene el crecimiento y secreta factores de crecimiento.
- Mantiene algunas de las funciones de señalización de las neuronas.
- Mieliniza los axones.
- Fagocita residuos y participa en la respuesta inflamatoria.
- Desempeña un papel dinámico en la «poda sináptica» o preservación de las conexiones neuronales.
- Libera los metabolitos del encéfalo y los vierte hacia el líquido cefalorraquídeo.
- Participa en la formación de la barrera hematoencefálica.

Los diferentes tipos de células gliales incluyen (v. fig. 1.19):

- **Astrocitos:** son las células más numerosas de la glía; proporcionan soporte físico y metabólico para las neuronas del SNC, pueden volverse reactivas durante la lesión del SNC, liberar factores de crecimiento y otras moléculas bioactivas, y contribuyen a la formación de la *barrera hematoencefálica*.
- **Oligodendrocitos:** son células gliales más pequeñas; responsables de la formación y el mantenimiento de la mielina en el SNC.
- **Microglía:** glía más pequeña y más rara del SNC, aunque más numerosa que las neuronas en el SNC; estas células fagocitarias participan en reacciones

inflamatorias, remodelan y eliminan sinapsis y responden a una lesión.

- **Células endimarias:** estas células tapizan los ventrículos encefálicos y el conducto central de la médula espinal, que contienen líquido cefalorraquídeo.
- **Células de Schwann:** son las células gliales del SNP; rodean todos los axones (muchos mielinizados por ellas) y proporcionan soporte trófico, facilitan el recrecimiento de los axones del SNP y eliminan restos celulares (fig. 1.20).

### Nervios periféricos

Los nervios periféricos observados macroscópicamente en el cuerpo humano se componen de haces de miles de fibras nerviosas encerradas dentro de una envoltura de tejido conectivo e irrigadas por pequeños vasos sanguíneos. Las «fibras» nerviosas están integradas por axones (eferentes y aferentes) separados individualmente unos de otros por las prolongaciones citoplasmáticas de células de Schwann, o mielinizadas por una envoltura multicapa de la membrana continua de la célula de Schwann (la *vaina de mielina*).

El nervio periférico se asemeja a un cable eléctrico de axones que se encuentra sostenido por tres manguitos o cubiertas de tejido conectivo (v. fig. 1.20):

- **Endoneuro:** un delgado manguito de tejido conectivo que rodea los axones y las células de Schwann.
- **Perineuro:** una capa densa de tejido conectivo que rodea un haz (fascículo) de fibras nerviosas.
- **Epineuro:** una vaina externa gruesa de tejido conectivo que rodea haces de fascículos; este es el «nervio» observable macroscópicamente en el organismo.

Los nervios periféricos son los 12 pares de **nervios craneales** (NC) originados del cerebro o del tronco del encéfalo y los 31 pares de **nervios espinales** originados de la médula espinal.

### Meninges

El encéfalo y la médula espinal están rodeados por tres capas membranosas de tejido conectivo denominadas *meninges*. Estas tres capas son (fig. 1.21):

- **Duramadre:** la capa meníngea más gruesa y externa, ricamente inervada por fibras nerviosas sensitivas.
- **Aracnoides:** la fina membrana avascular en forma de red situada directamente por debajo de la superficie de la duramadre.
- **Piamadre:** la delicada membrana de tejido conectivo que envuelve íntimamente el encéfalo y la médula espinal.

El espacio entre la aracnoides y la subyacente piamadre se denomina **espacio subaracnoideo** y contiene el **líquido cefalorraquídeo**, que baña y protege el SNC.

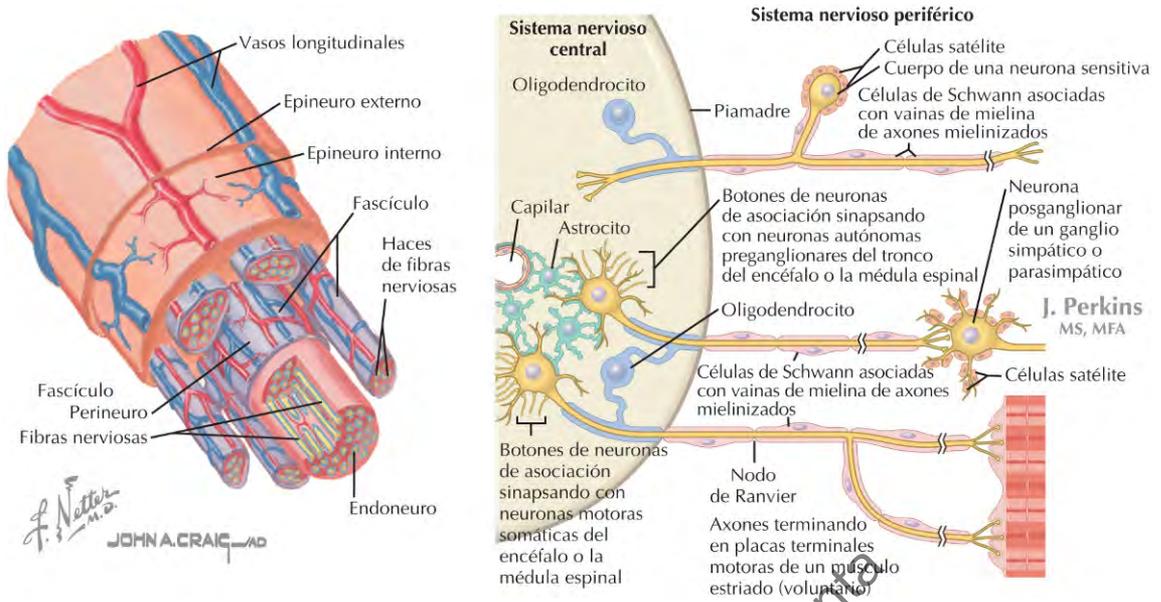


FIGURA 1.20 Características de un nervio periférico típico.

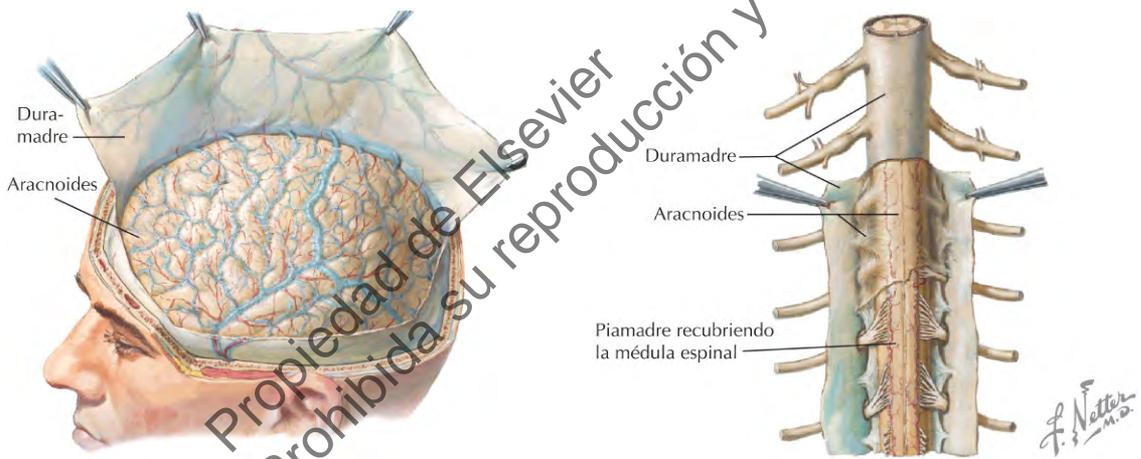


FIGURA 1.21 Meninges del sistema nervioso central (SNC). (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plates 129 and 189; S-28 and S-19.)

**Nervios craneales**

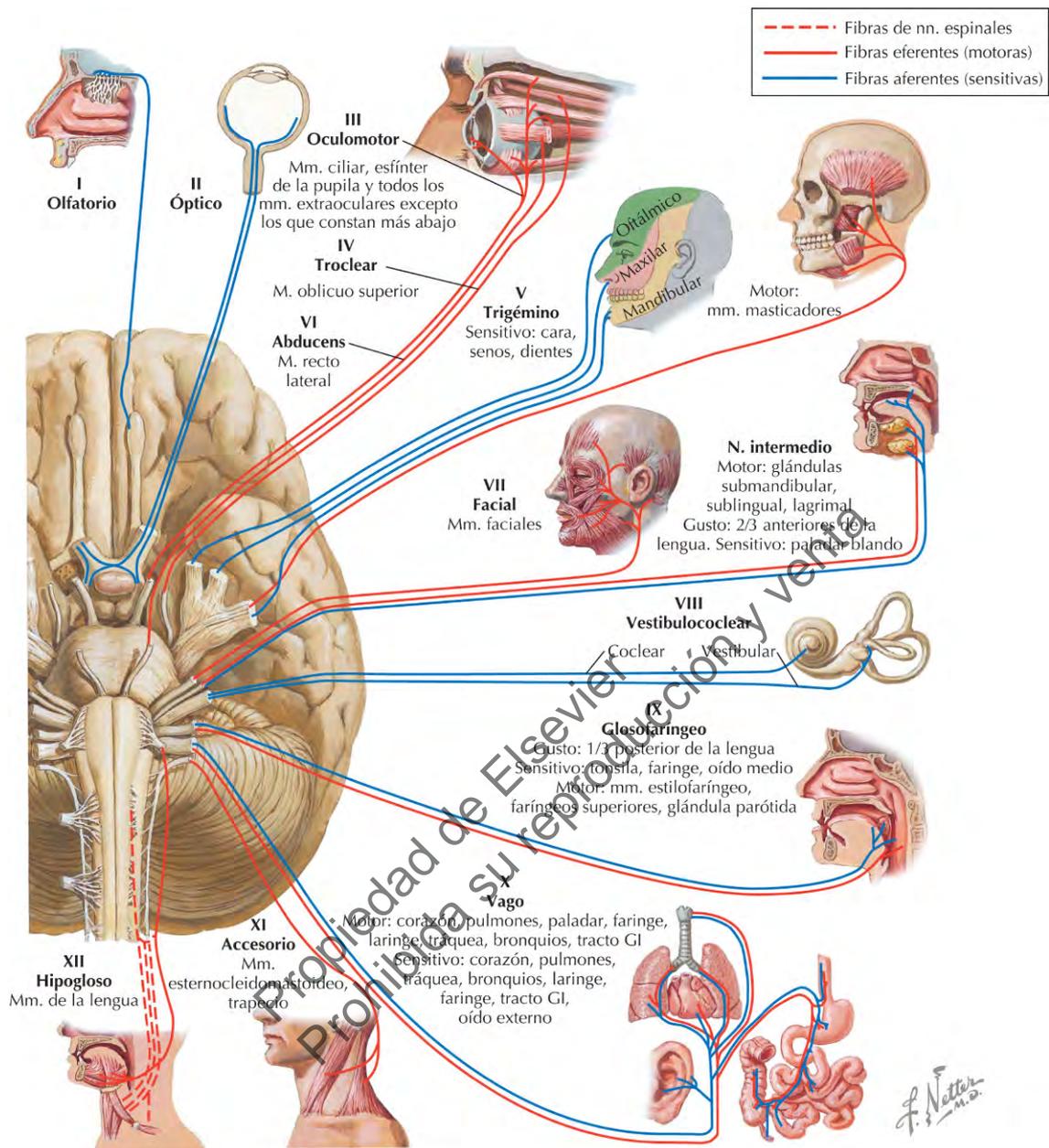
Los 12 pares de NC se originan en el encéfalo y se les identifica por su nombre y por números romanos del I al XII (fig. 1.22). Los NC son excepcionales y pueden contener múltiples componentes funcionales:

- Componente **general**: las mismas funciones generales que los nervios espinales.
- Componente **especial**: las funciones que se encuentran solo en los NC.
- Componentes **aferente** y **eferente**: funciones sensitiva y motora, respectivamente.
- Componentes **somático** y **visceral**: relacionados con la piel y el músculo esquelético (somático) o el músculo liso, el músculo cardíaco y las glándulas (visceral).

Por tanto, cada NC puede poseer múltiples componentes funcionales, tales como:

- **Aferentes somáticos generales (ASG)**: contienen fibras nerviosas que recogen la sensibilidad de la piel, como las de un nervio espinal.
- **Eferentes viscerales generales (EVG)**: contienen fibras motoras para estructuras viscerales (músculo liso y/o glándulas), como una fibra parasimpática desde la porción sacra de la médula espinal (los segmentos medulares S2 a S4 dan origen a nervios parasimpáticos).
- **Aferentes somáticos especiales (ASE)**: contienen fibras sensoriales especiales, como las de la visión y la audición.

En general, los **NC I y II** se originan en el pro-encéfalo y realmente son extensiones del cerebro para los sentidos especiales del olfato y la vista. Los otros NC se originan del tronco del encéfalo. Los **NC III, IV y VI** mueven los músculos esqueléticos



**FIGURA 1.22** Visión general de los nervios craneales (NC). (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 145; S-53.)

extraoculares (extrínsecos del globo ocular). El **NC V** tiene tres divisiones:  $V_1$  y  $V_2$  son sensitivas, y  $V_3$  es a la vez motora de músculos esqueléticos y sensitiva. Los **NC VII, IX y X** son tanto motores como sensitivos. El **NC VIII** constituye el sentido especial de la audición y el equilibrio. Los **NC XI y XII** son motores de músculos esqueléticos. Los **NC III, VII, IX y X** también contienen fibras de origen parasimpático (visceral), aunque muchas de las fibras autónomas «saltan» hacia los ramos del **NC V** para alcanzar sus dianas. La [tabla 1.2](#) resume los tipos de fibras de cada NC.

### Nervios espinales

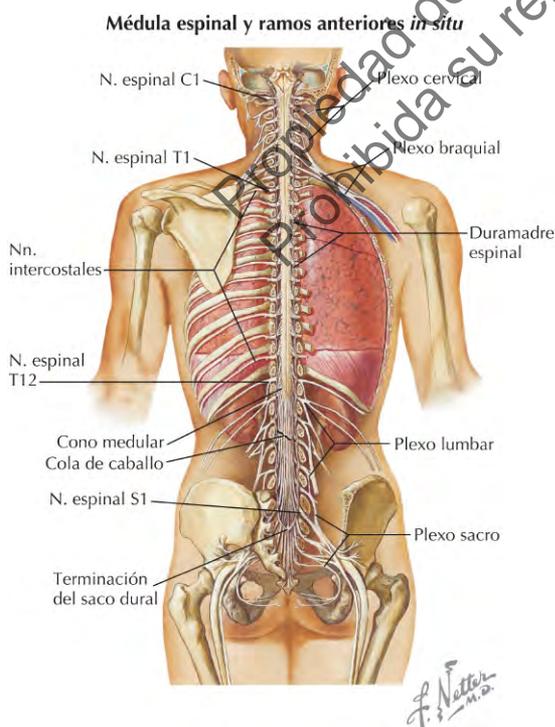
La médula espinal da origen a 31 pares de nervios espinales ([figs. 1.23 y 1.24](#); v. [fig. 2.13](#) y [cap. 2](#), sección 5: «Médula espinal»), que luego forman dos ramos principales:

- **Ramo posterior (dorsal):** un pequeño ramo que discurre posteriormente hacia el dorso; transporta información sensitiva y motora desde y hacia la piel y los músculos esqueléticos intrínsecos del dorso (erector de la columna, transversoespinosos) y las articulaciones sinoviales de la columna vertebral.
- **Ramo anterior (ventral):** un ramo mucho más grande que discurre lateral y anteriormente; inerva

**TABLA 1.2** Fibras de los nervios craneales (NC)

NC	COMPONENTE FUNCIONAL*
I Olfatorio	AVE (sentido especial del olfato)
II Óptico	ASE (sentido especial de la vista)
III Oculomotor	ESG (motor para los músculos extraoculares) EVG (parasimpático para el músculo liso en el ojo)
IV Troclear	ESG (motor para un músculo extraocular)
V Trigémino	ASG (sensitivo para la cara, la órbita, la nariz y la parte anterior de la lengua) EVE (motor para músculos esqueléticos)
VI Abducens	ESG (motor para un músculo extraocular)
VII Facial	ASG (sensitivo para la piel de la oreja) AVE (sentido especial del gusto para la parte anterior de la lengua) EVG (motor para las glándulas salivares, nasales y lagrimales) EVE (motor para los músculos faciales)
VIII Vestibulococlear	ASE (sentido especial de la audición y el equilibrio)
IX Glossofaríngeo	ASG (sensitivo para la parte posterior de la lengua) AVE (sentido especial del gusto para la parte posterior de la lengua) AVG (sensibilidad del oído medio, la faringe, el glomus [cuerpo] carotídeo y los senos paranasales) EVG (motor para la glándula parótida) EVE (motor para un músculo de la faringe)
X Vago	ASG (sensitivo para el oído externo) AVE (sentido especial del gusto, epiglotis) AVG (sensibilidad de la faringe, la laringe y los órganos toracoabdominales) EVG (motor para los órganos toracoabdominales) EVE (motor para los músculos de la faringe/laringe)
XI Accesorio	ESG (motor de dos músculos)
XII Hipogloso	ESG (motor de los músculos de la lengua)

\*ASE, aferentes somáticas especiales; ASG, aferentes somáticas generales; AVE, aferentes viscerales especiales; AVG, aferentes viscerales generales; ESG, eferentes somáticas generales; EVE, eferentes viscerales especiales; EVG, eferentes viscerales generales.



**FIGURA 1.23** Visión general de la médula espinal y los nervios espinales. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 186; S-16.)

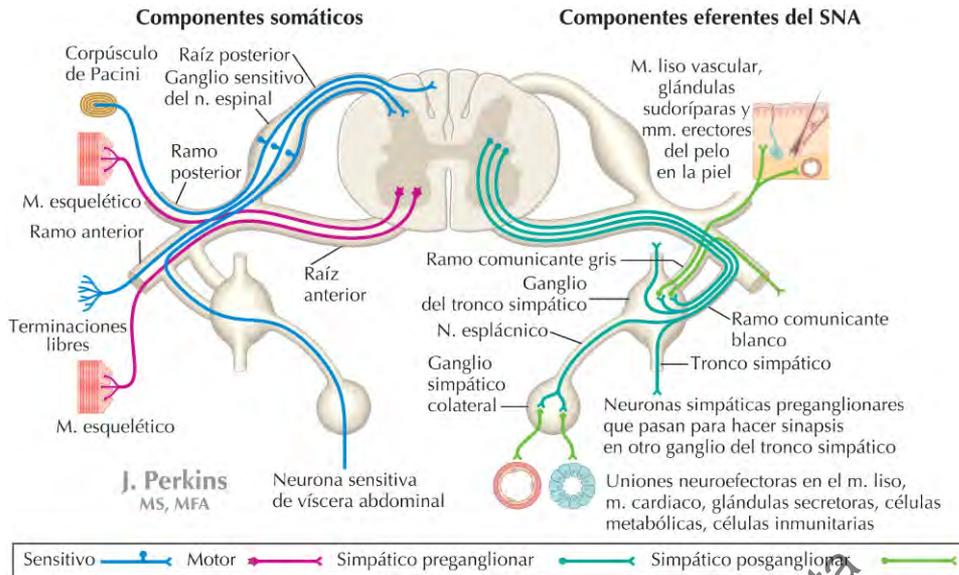
el resto de la piel y los músculos esqueléticos del cuello, los miembros y el tronco.

Una vez que las fibras nerviosas (sensitivas o motoras) se encuentran más allá de, o periféricas a, la médula espinal propiamente dicha, las fibras (axones) se sitúan en los nervios del SNP. Los componentes del SNP (v. fig. 1.24) son:

- **Sistema nervioso somático:** fibras sensitivas y motoras para la piel, el músculo esquelético y las articulaciones (v. fig. 1.24, lado izquierdo).
- **Sistema nervioso autónomo (SNA):** fibras sensitivas y motoras para todo el músculo liso (vísceras, vasos), el músculo cardíaco (corazón) y las glándulas (v. fig. 1.24, lado derecho).
- **Sistema nervioso entérico:** plexos y ganglios del tracto gastrointestinal (GI) que regulan la secreción intestinal, la absorción y la motilidad (considerada originalmente parte del SNA); está vinculado al SNA para una regulación óptima.

Las características del *sistema nervioso somático* son:

- Es un sistema motor de una sola neurona.
- La neurona motora (eferente) se encuentra en el SNC y proyecta un axón hacia un objetivo periférico (p. ej., músculo esquelético).
- La neurona sensitiva (aferente) (pseudomonopolar) reside en un ganglio periférico denominado *ganglio sensitivo del nervio espinal (raquídeo)* y



**FIGURA 1.24** Elementos del sistema nervioso periférico (SNP). Para mayor claridad, este esquema muestra la disposición de los componentes eferentes y aferentes somáticos de un nervio espinal típico en el lado izquierdo y de los componentes eferentes del sistema nervioso autónomo (SNA) de un nervio espinal típico en el lado derecho.

transmite información sensitiva desde la piel, los músculos y las articulaciones hacia el SNC (en este caso, la médula espinal).

El área unilateral de piel inervada por fibras sensitivas somáticas de una única raíz de un nervio espinal se denomina **dermatoma**. Las raíces nerviosas de los dermatomas vecinos se superponen. Por tanto, la lesión de una única raíz dorsal producirá *hipoestesia* (sensibilidad disminuida), no anestesia (pérdida completa de la sensibilidad), en la región inervada predominantemente por ese nivel de dermatoma. Si se lesionan tres raíces dorsales contiguas, se producirá una anestesia dermatómica completa. Clínicamente, el mapa de dermatomas del cuerpo puede ser útil para la localización de lesiones de la médula espinal o de los nervios periféricos (v. cap. 2).

Las características del *SNA del SNP* incluyen:

- Es un sistema motor de dos neuronas; la primera neurona reside en el SNC, y la segunda neurona, en un ganglio autónomo periférico.
- El axón de la primera neurona se denomina *preganglionar*, y el de la segunda neurona, *posganglionar*.
- El SNA tiene dos divisiones, simpática y parasimpática.
- La *neurona sensitiva* (pseudomonopolar) reside en un ganglio sensitivo del nervio espinal (similar al sistema somático) y conduce la información sensitiva de las vísceras hacia el SNC (no mostrada en la fig. 1.24).

### Sistema nervioso autónomo

El SNA se divide en divisiones simpática y parasimpática. En contraste con la división somática del SNP, el SNA es un sistema de dos neuronas con una neurona

**preganglionar** en el SNC que envía su axón a través de un nervio periférico para hacer sinapsis con una **neurona posganglionar** en un ganglio autónomo periférico (fig. 1.25). Luego, la neurona posganglionar envía su axón hacia el objetivo (*músculo liso, músculo cardíaco y glándulas*). El SNA es un sistema visceral, ya que muchos de los órganos del cuerpo se componen de paredes de músculo liso o contienen tejido glandular secretor.

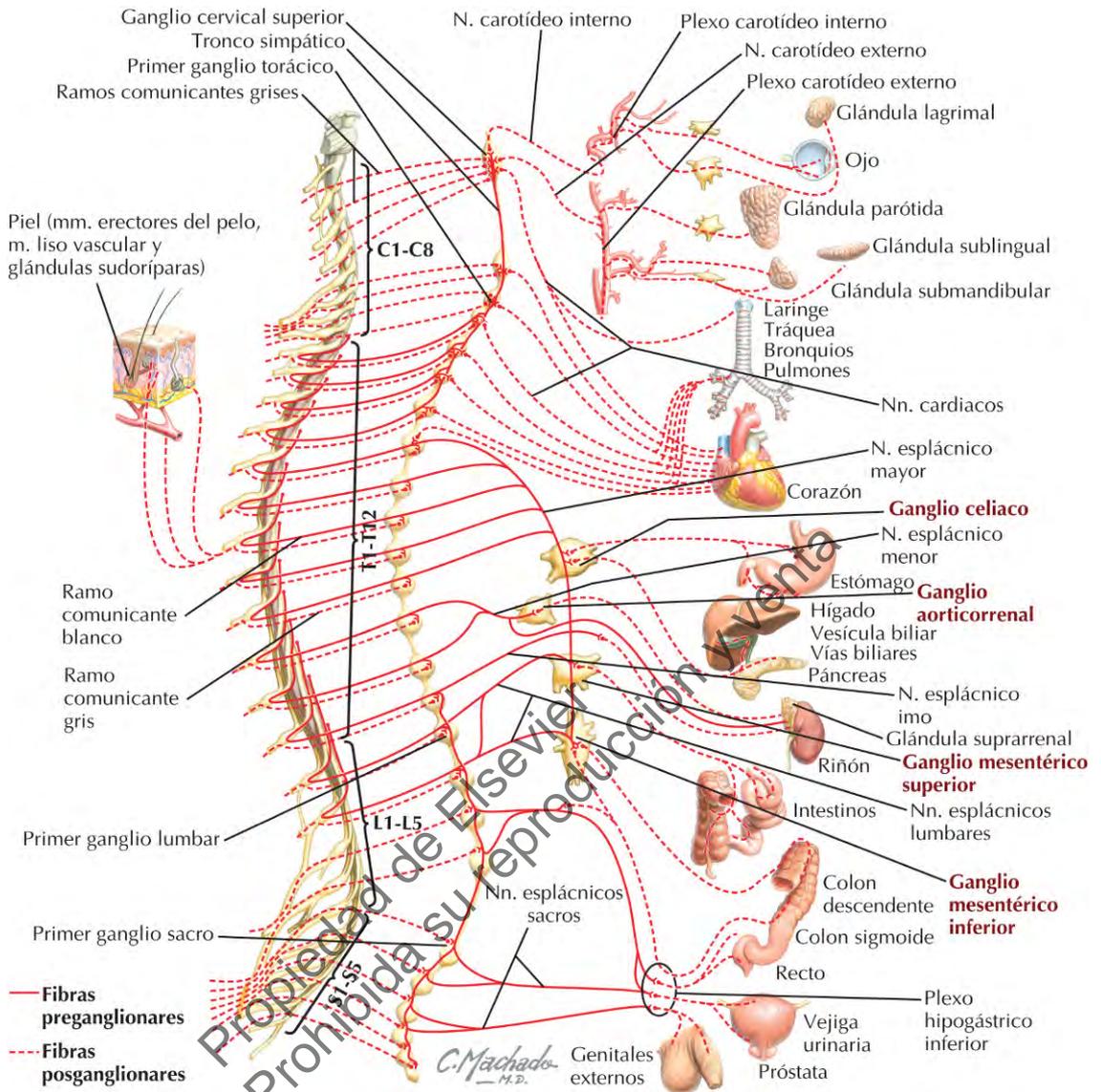
### División simpática

La **división simpática** del SNA también se conoce como *división toracolumbar* debido a que:

- Sus neuronas preganglionares se encuentran solo dentro de la sustancia gris intermediolateral de los segmentos T1-L2 de la médula espinal.

Los axones preganglionares salen de los segmentos T1-L2 de la médula espinal a través de una raíz anterior, y a continuación entran en un nervio espinal por medio de un **ramo comunicante blanco** para entrar en el **tronco simpático**. El tronco simpático es una cadena bilateral de ganglios, justo lateral a los cuerpos de las vértebras, que discurre desde la base del cráneo hasta el cóccix. Una vez en el tronco simpático, el axón preganglionar puede tomar una de tres rutas sinápticas (v. fig. 1.25):

1. Hacer sinapsis en una neurona simpática posganglionar en los segmentos T1-L2, o ascender o descender para hacer sinapsis en una **neurona del tronco simpático** en cualquiera de los segmentos de los 31 nervios espinales.
2. Pasar a través del tronco simpático, entrar en un **nervio esplácnico (visceral)** y hacer sinapsis en un **ganglio colateral (prevertebral)** en la cavidad



**FIGURA 1.25** División simpática del sistema nervioso autónomo (SNA). (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 6; S-21.)

© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

abdominopélvica (ganglios celiaco, aorticorrenal, mesentérico superior o mesentérico inferior).

3. Pasar a través del tronco simpático, entrar en un nervio espláncnico, pasar a través de un ganglio colateral (aorticorrenal) y hacer sinapsis en las células de la **médula de la glándula suprarrenal** (la porción central de la glándula).

Los axones de las neuronas simpáticas posganglionares (que superan en gran número a las neuronas preganglionares) pueden actuar por medio de una de las cuatro vías posibles:

1. Volver a introducirse en el nervio espinal a través de un **ramo comunicante gris** y unirse a cualquiera de los 31 nervios espinales (ramos anterior y posterior) que se distribuyen ampliamente en todo

el cuerpo. Estas fibras inervan las glándulas sudoríparas (sudomotoras), los músculos erectores del pelo (pilomotoras, que producen «piel de gallina») y los vasos sanguíneos (vasomotoras).

2. Volver a introducirse en el nervio espinal, pero discurrir a lo largo de vasos sanguíneos en la cabeza, o unirse a los plexos nerviosos cardiopulmonar o hipogástrico para distribuirse hacia la cabeza, el tórax y las vísceras pélvicas.
3. Originarse en neuronas posganglionares localizadas en **ganglios laterales** abdominopélvicos y discurrir con los vasos sanguíneos hacia las vísceras abdominopélvicas.
4. Células de la **médula suprarrenal** se diferencian en células neuroendocrinas (**paraneuronas**) que

**TABLA 1.3 Efectos de la estimulación simpática sobre diversas estructuras**

ESTRUCTURA	EFFECTOS	ESTRUCTURA	EFFECTOS
Ojo	Dilata la pupila	Hígado	Provoca la degradación del glucógeno y la síntesis y la liberación de glucosa
Glándulas lagrimales	Reduce ligeramente la secreción (vasoconstricción)	Glándulas salivares	Reduce y densifica las secreciones mediante vasoconstricción
Piel	Provoca la «piel de gallina» (contracción del músculo erector del pelo)	Sistema genital	Provoca la eyaculación y el orgasmo, y la remisión de la erección
Glándulas sudoríparas	Aumenta la secreción		Contrae el músculo esfínter interno de la uretra masculina
Vasos periféricos	Provoca vasoconstricción	Sistema urinario	Disminuye la producción de orina mediante vasoconstricción
Corazón	Aumenta la frecuencia cardiaca y la fuerza de contracción		Contrae el músculo esfínter interno de la uretra masculina
Arterias coronarias	Vasoconstricción (la vasodilatación metabólica anula este efecto)	Médula suprarrenal	Aumenta la secreción de adrenalina o noradrenalina
Pulmones	Contribuye a la broncodilatación y reduce las secreciones		
Tubo digestivo	Reduce el peristaltismo, contrae el músculo esfínter interno del ano, provoca vasoconstricción para desviar la sangre hacia otras zonas		

no tienen axones, pero liberan hormonas directamente en el torrente sanguíneo. Están inervadas directamente por fibras simpáticas preganglionares.

Los axones preganglionares liberan acetilcolina (ACh, *acetylcholine*) en sus sinapsis, y la noradrenalina (NA) es el transmisor liberado por los axones posganglionares (excepto la ACh liberada en las glándulas sudoríparas). Las células de la médula suprarrenal (neuronas simpáticas posganglionares modificadas) liberan adrenalina y algo de NA en la sangre, no como neurotransmisores sino como *hormonas*. El sistema simpático actúa globalmente en todo el cuerpo para movilizarlo en situaciones de «miedo, lucha o huida» (tabla 1.3).

### División parasimpática

La división parasimpática del SNA también es un sistema de dos neuronas con su neurona preganglionar en el SNC y su neurona posganglionar en un ganglio periférico (fig. 1.26). La **división parasimpática** también se conoce como *división craneosacra* debido a que:

- Sus neuronas preganglionares se encuentran en los NC III, VII, IX y X, y en los segmentos S2-S4 de la médula espinal sacra.
- Sus neuronas preganglionares residen en cuatro núcleos craneales asociados con los cuatro NC antes mencionados, o en la sustancia gris lateral de los segmentos S2-S4 de la médula espinal sacra.

Los axones parasimpáticos preganglionares salen del SNC mediante una de las tres vías:

1. Salen del tronco del encéfalo por medio de un NC (excepto el NC X) y pasan hacia un **ganglio periférico** situado en la cabeza (ganglios ciliar, pterigopalatino, submandibular u ótico) para hacer

sinapsis en neuronas parasimpáticas posganglionares que residen en estos ganglios.

2. Las **fibras preganglionares del NC X** salen del tronco del encéfalo y proporcionan fibras parasimpáticas preganglionares a los **ganglios terminales** (neuronas posganglionares microscópicamente pequeñas) en el cuello, el tórax y dos tercios proximales de las vísceras abdominales.

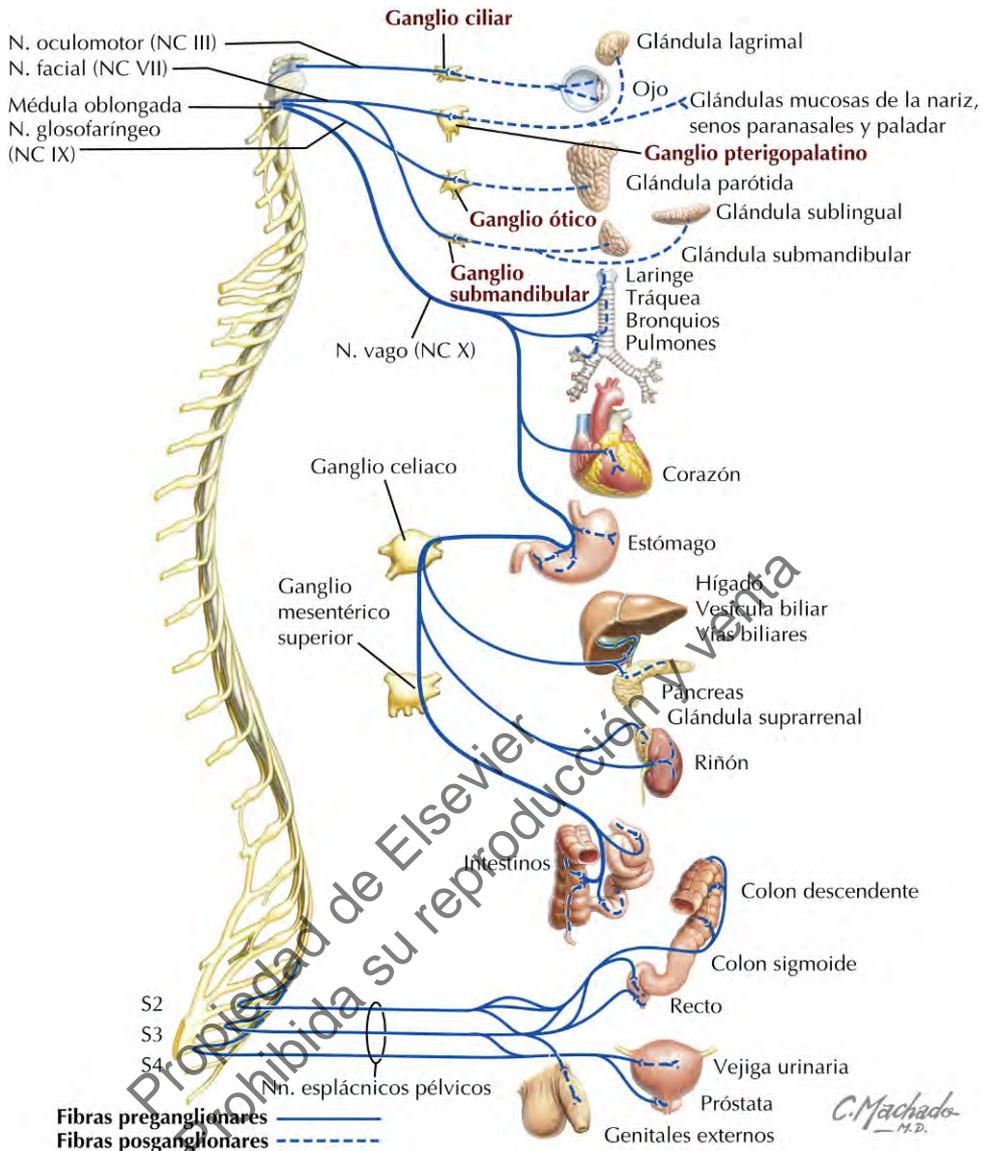
3. Salen de la médula espinal sacra a través de una raíz anterior y luego entran en los **nervios esplácnicos pélvicos**, para hacer sinapsis en neuronas posganglionares situadas en **ganglios terminales** localizados en o cerca de las vísceras para inervarlas.

Los axones de las neuronas parasimpáticas posganglionares siguen uno de dos recorridos:

1. Pasan desde el **ganglio parasimpático en la cabeza** (ciliar, pterigopalatino, ótico y submandibular) a los nervios o los vasos sanguíneos existentes, para inervar el músculo liso y las glándulas de la cabeza.
2. Pasan desde los ganglios terminales en o cerca de las vísceras inervadas y luego hacen sinapsis en el músculo liso, el músculo cardíaco o las glándulas en el cuello, el tórax y la cavidad abdominopélvica.

Como se ha señalado anteriormente, el nervio vago (NC X) es especial. Sus axones preganglionares salen del tronco del encéfalo y hacen sinapsis en los ganglios terminales en o cerca de los objetivos en el cuello, el tórax (corazón, pulmones, glándulas, músculo liso) y la cavidad abdominal (dos tercios proximales del tracto GI y sus órganos accesorios). Los cortos axones de las neuronas de los ganglios terminales, a continuación, hacen sinapsis en sus objetivos.

Los axones parasimpáticos *no pasan* hacia los miembros como lo hacen los axones simpáticos. Por



**FIGURA 1.26** División parasimpática del sistema nervioso autónomo (SNA). (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 7; S-22.)

© Elsevier. Fotocopiar sin autorización es un delito.

tanto, el músculo liso vascular, los músculos erectores del pelo de la piel (unidos a los folículos pilosos) y las glándulas sudoríparas están todos inervados solo por el sistema simpático. La ACh es el *neurotransmisor* de todas las sinapsis parasimpáticas, tanto preganglionares como posganglionares.

El sistema parasimpático participa en funciones de alimentación y en la excitación sexual, y actúa de manera más lenta y focal que el sistema simpático. Por ejemplo, el NC X puede disminuir la frecuencia cardíaca sin afectar al estómago. En general, los sistemas simpático y parasimpático mantienen la homeostasis, aunque, como medida protectora, el cuerpo mantiene un bajo nivel de «tono simpático» y puede activar esta división en un caso momentáneo. La función del SNA está regulada en última instancia por el hipotálamo. La mayoría de

los axones parasimpáticos presinápticos son largos y se extienden hasta sus objetivos periféricos, mientras que las fibras postsinápticas son cortas porque los ganglios parasimpáticos a menudo residen cerca o en los órganos que inervan. La *tabla 1.4* resume las funciones específicas de la división parasimpática del SNA.

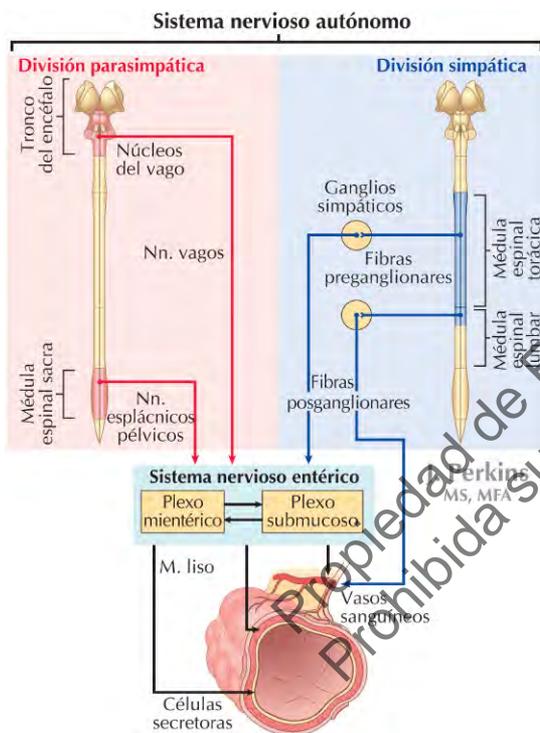
Aunque el SNA utiliza neurotransmisores clásicos como NA y ACh en sus sinapsis, sus neuronas también liberan conjuntamente una amplia variedad de péptidos neuroactivos y otros neuromoduladores que «ajustan» sus funciones al nivel de sus objetivos respectivos.

### Sistema nervioso entérico

El sistema nervioso entérico está considerado formalmente como la tercera división del SNA. La palabra *entérico* hace referencia al intestino. Este componente

**TABLA 1.4 Efectos de la estimulación parasimpática sobre diversas estructuras**

ESTRUCTURA	EFFECTOS	ESTRUCTURA	EFFECTOS
Ojo	Contrae la pupila	Tubo digestivo	Aumenta el peristaltismo, aumenta las secreciones, inhibe el esfínter interno del ano durante la defecación
Cuerpo ciliar	Contrae el músculo de la acomodación (visión cercana)	Hígado	Ayuda a la síntesis y el almacenamiento de glucógeno
Glándulas lagrimales	Aumenta la secreción	Glándulas salivares	Aumenta la secreción
Corazón	Disminuye la frecuencia cardíaca y la fuerza de contracción	Sistema genital	Promueve la hiperemia de los tejidos eréctiles
Arterias coronarias	Vasodilatación (de poca importancia)	Sistema urinario	Contrae la vejiga urinaria (músculo detrusor) para la micción, inhibe la contracción del esfínter interno de la uretra masculina, aumenta la producción de orina
Pulmones	Provoca broncoconstricción y aumento de las secreciones		



**FIGURA 1.27** Relación del sistema nervioso entérico con las divisiones simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo (SNA).

del SNP consta de ganglios y plexos nerviosos situados en las paredes y los mesenterios del tracto GI. Estos ganglios y sus redes neuronales (fig. 1.27) son:

- **Plexos mientéricos (de Auerbach):** ganglios y nervios situados entre las capas musculares lisas circular y longitudinal de la muscular externa de la pared del intestino.
- **Plexos submucosos (de Meissner):** ganglios y nervios situados en la submucosa de la pared del intestino.

El sistema nervioso entérico tiene importantes vínculos con ambas divisiones del SNA, que son fundamentales para la regulación óptima de la secreción, la absorción y la motilidad intestinales. En las neuronas

intrínsecas del sistema nervioso entérico se han identificado más de 20 sustancias transmisoras, que indican que a nivel de la pared intestinal existe un excelente grado de regulación. El funcionamiento óptimo del tracto GI requiere interacciones coordinadas del SNA, el sistema nervioso entérico y el sistema endocrino.

## 9. SISTEMA ENDOCRINO

El sistema endocrino, junto con los sistemas nervioso e inmunitario, facilita la comunicación, la integración y la regulación de muchas de las funciones corporales (fig. 1.28). Específicamente, el sistema endocrino interactúa con localizaciones diana (células y tejidos), algunas bastante alejadas de una glándula, mediante la liberación de hormonas en el torrente sanguíneo. En general, las glándulas endocrinas y las hormonas también comparten las siguientes características:

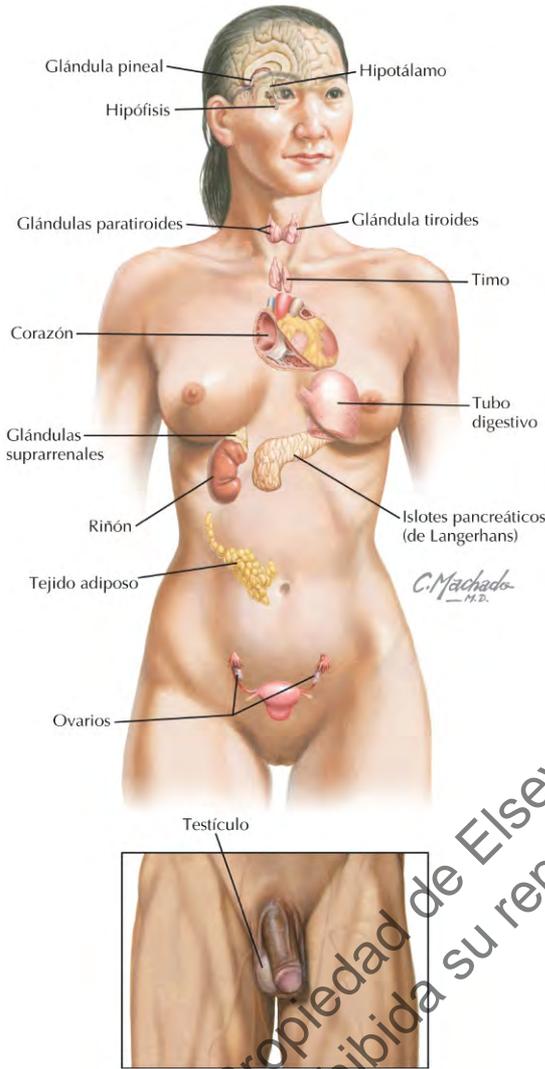
- La secreción es controlada por mecanismos de retroalimentación.
- Las hormonas se unen a receptores diana en las membranas celulares o dentro de las células (citoplasmáticos o nucleares).
- La acción hormonal puede tardar en aparecer, pero puede tener efectos duraderos.
- Las hormonas son moléculas químicamente diversas (aminas, péptidos/proteínas, esteroides).

Las hormonas pueden comunicarse a través de una variedad de interacciones célula a célula, que incluyen:

- **Autocrina:** interactúa sobre otra célula, así como sobre sí misma.
- **Paracrina:** interactúa directamente sobre una célula adyacente o cercana.
- **Endocrina:** interactúa a una gran distancia viajando a través del torrente sanguíneo.
- **Neurocrina:** interactúa de forma similar a un neurotransmisor, excepto porque se libera en el torrente sanguíneo.

La tabla 1.5 resume las principales hormonas y los tejidos encargados de su liberación.

Además, otros órganos tienen funciones paracrinas o endocrinas. Por ejemplo, la **placenta** libera



**FIGURA 1.28** Principales órganos endocrinos. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 21; S-522.)

gonadotropina coriónica humana (hCG, *human chorionic gonadotropin*), estrógenos, progesterona y lactógeno placentario humano (hPL, *human placental lactogen*), mientras que otras células liberan distintos factores de crecimiento. Los mesenterios del tracto GI también liberan varias sustancias y contienen una cantidad variable de grasa, que a su vez libera la hormona leptina. Además, el sistema endocrino está muy extendido y es de vital importancia en la regulación de funciones corporales. Cada año, los investigadores encuentran sustancias paracrinas y endocrinas adicionales, y muchas de sus funciones reguladoras continúan siendo estudiadas.

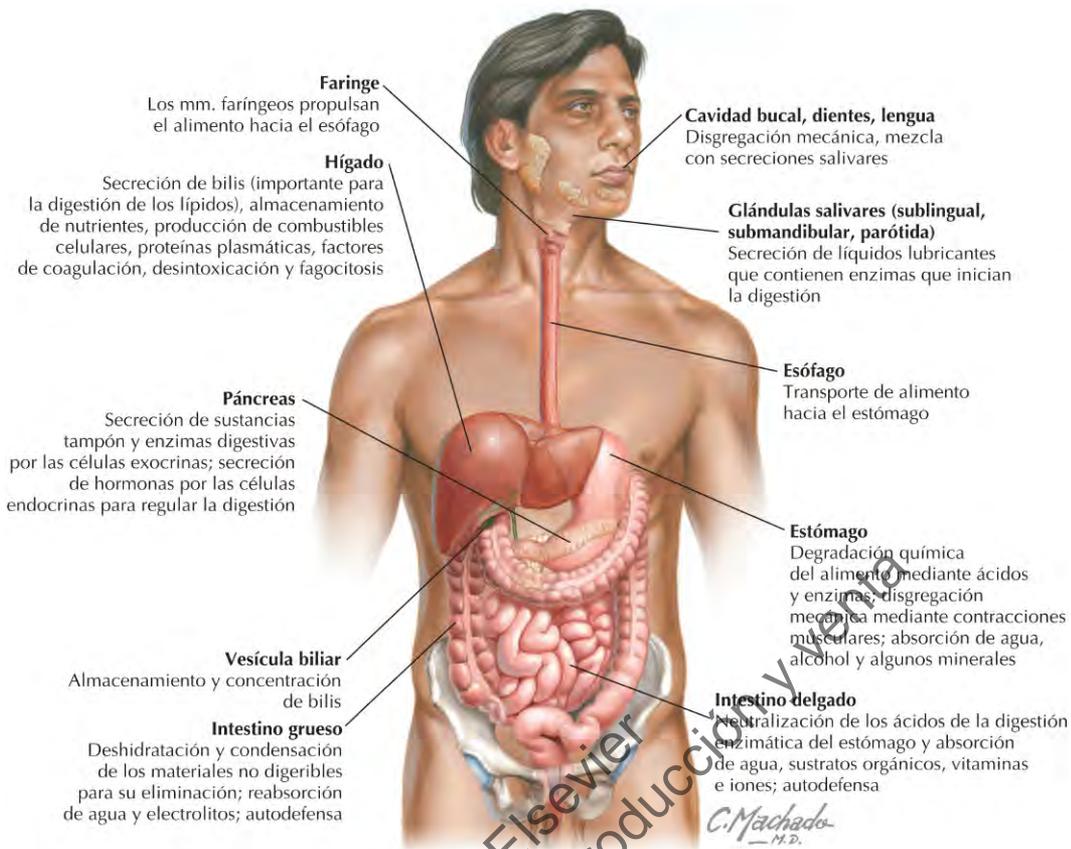
**10. SISTEMA DIGESTIVO**

El sistema digestivo incluye el tubo tapizado de epitelio que se inicia en la cavidad bucal y se extiende hasta el conducto anal, así como las glándulas asociadas, que incluyen:

**TABLA 1.5 Hormonas principales\***

TEJIDO/ÓRGANO	HORMONA
Hipotálamo	Hormona antidiurética (ADH, <i>antidiuretic hormone</i> ), oxitocina, hormona liberadora de tirotrópina (TRH, <i>thyrotropin-releasing hormone</i> ), hormona liberadora de corticotropina (CRH, <i>corticotropin-releasing hormone</i> ), hormona liberadora de la hormona del crecimiento (GHRH, <i>growth hormone-releasing hormone</i> ), hormona liberadora de gonadotropina (GnRH, <i>gonadotropin-releasing hormone</i> ), somatostatina (SS), dopamina (DA)
Glándula pineal	Melatonina
Adenohipófisis (lóbulo anterior de la hipófisis)	Hormona adrenocorticotropa (ACTH, <i>adrenocorticotropic hormone</i> ), hormona estimulante de la tiroides (TSH, <i>thyroid-stimulating hormone</i> ), hormona del crecimiento (GH, <i>growth hormone</i> ), prolactina, hormona estimulante del foliculo (FSH, <i>follicle-stimulating hormone</i> ), hormona luteinizante (LH, <i>luteinizing hormone</i> ), hormona estimulante de melanocitos (MSH, <i>melanocyte-stimulating hormone</i> )
Neurohipófisis (lóbulo posterior de la hipófisis)	Oxitocina, vasopresina (ADH)
Glándula tiroides	Tiroxina (T <sub>4</sub> ), triyodotironina (T <sub>3</sub> ), calcitonina
Glándulas paratiroides	Hormona paratiroidea (PTH, <i>parathormone</i> )
Timo	Timopoyetina, timulina, timosina, factor humoral tímico, interleucinas, interferones
Corazón	Péptido natriurético atrial (ANP, <i>atrial natriuretic peptide</i> )
Tubo digestivo	Gastrina, secretina, colecistoquinina (CCK, <i>cholecystokinin</i> ), motilina, péptido inhibidor gástrico (GIP, <i>gastric inhibitory peptide</i> ), glucagón, SS, péptido intestinal vasoactivo (VIP, <i>vasoactive intestinal peptide</i> ), grelina, leptina y muchas más
Hígado	Factores de crecimiento similares a la insulina (IGF, <i>insulin-like growth factors</i> )
Glándulas suprarrenales	Cortisol, aldosterona, andrógenos, adrenalina (A), noradrenalina (NA)
Islotes pancreáticos	Insulina, glucagón, SS, VIP, polipéptido pancreático
Riñones	Eritropoyetina (EPO), calcitriol, renina, urodilatina
Grasa	Leptina
Ovarios	Estrógenos, progéstágenos, inhibina, relaxina
Testículos	Testosterona, inhibina
Leucocitos y algunas células del tejido conectivo	Varias citoquinas; interleucinas, factores estimulantes de colonias, interferones, factor de necrosis tumoral (TNF, <i>tumor necrosis factor</i> )

\*Esta lista no es exhaustiva; solo se enumeran las hormonas más comunes.



**FIGURA 1.29** Visión general del sistema digestivo. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 18; S-394.)

- **Glándulas salivares:** tres glándulas mayores y cientos de glándulas salivares menores, microscópicas, dispersas por toda la mucosa bucal.
- **Hígado:** la mayor glándula sólida del cuerpo.
- **Vesícula biliar:** sus funciones son almacenar y concentrar la bilis necesaria para la digestión de las grasas.

- **Páncreas:** órgano crucial exocrino (enzimas digestivas) y endocrino.

El tubo revestido de epitelio que es el tubo digestivo mide unos 8 m de longitud (desde la boca hasta el conducto anal) e incluye las siguientes cavidades y estructuras viscerales (fig. 1.29):

- **Cavidad bucal:** la lengua, los dientes y las glándulas salivares.
- **Faringe:** la garganta, subdividida en nasofaringe, orofaringe y laringofaringe.
- **Esófago:** se extiende desde la faringe hasta el estómago.
- **Estómago:** porción expandible en forma de saco del tubo digestivo.
- **Intestino delgado:** subdividido en duodeno, yeyuno e íleon.
- **Intestino grueso:** subdividido en ciego, colon ascendente, colon transverso, colon descendente, colon sigmoide, recto y conducto anal.

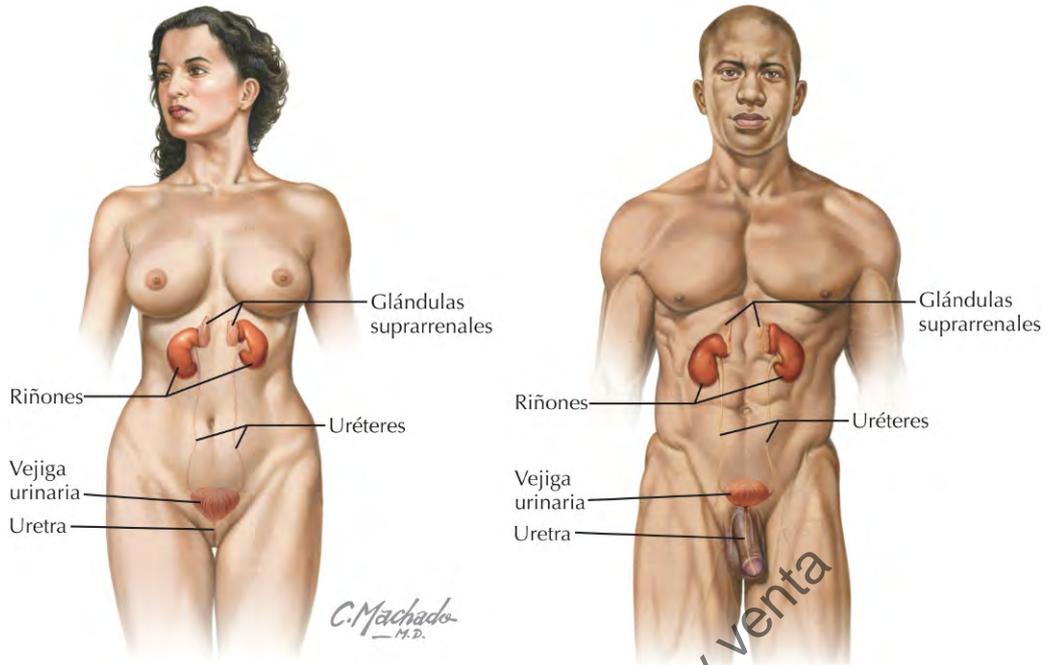
## 11. SISTEMA URINARIO

El sistema urinario incluye los siguientes componentes (fig. 1.30):

- **Riñones:** órganos retroperitoneales pares, que filtran el plasma y producen la orina; situados en la parte superior de la pared posterior del abdomen, justo anteriores a los músculos de la pared posterior.
- **Uréteres:** discurren retroperitonealmente desde los riñones a la pelvis y conducen la orina desde los riñones a la vejiga urinaria.
- **Vejiga urinaria:** se sitúa subperitonealmente en la parte anterior de la pelvis, almacena la orina y, cuando es preciso, la descarga a través de la uretra.
- **Uretra:** discurre desde la vejiga urinaria hasta el exterior.

La función de los **riñones** consiste en:

- Filtrar el plasma e iniciar el proceso de formación de orina.
- Reabsorber electrolitos importantes, moléculas orgánicas, vitaminas y agua del filtrado.
- Excretar desechos metabólicos, metabolitos y sustancias químicas extrañas (p. ej., fármacos).
- Regular el volumen, la composición y el pH de los líquidos corporales.



**FIGURA 1.30** Sistema urinario. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 19; S-458.)

- Secretar hormonas que regulan la presión sanguínea, la eritropoyesis y el metabolismo del calcio.
- Conducir la orina hacia los uréteres, que luego llevan la orina a la vejiga urinaria.

Los *riñones* filtran aproximadamente 180 l de líquido cada día. Macroscópicamente, cada riñón mide unos 12 cm de largo, 6 cm de ancho y 3 cm de grosor y pesa unos 150 g, aunque la variabilidad es frecuente. Cada minuto, aproximadamente, el 20% de la sangre bombeada por el corazón pasa hacia el riñón para la filtración del plasma, aunque la mayor parte del líquido y de los componentes importantes del plasma se devuelven a la sangre cuando el filtrado discurre por los túbulos de las *nefronas renales* (las nefronas son las unidades de filtración del riñón; son, aproximadamente, 1 millón en cada riñón y microscópicamente pequeñas).

Cada uréter tiene de 24 a 34 cm de largo, se encuentra en posición retroperitoneal y contiene una gruesa pared de músculo liso. La *vejiga urinaria* sirve como reservorio de la orina y es una «bolsa» de músculo liso que expulsa la orina cuando es necesario. La *uretra femenina* es corta (3-4 cm), mientras que la *uretra masculina* es larga (~20 cm) y discurre a través de la próstata, el esfínter externo de la uretra y el cuerpo esponjoso del pene.

## 12. SISTEMA GENITAL

### Sistema genital femenino

El sistema genital femenino se compone de las siguientes estructuras (fig. 1.31):

- **Ovarios:** las gónadas pares del sistema reproductor femenino; producen las células germinales

femeninas denominadas *óvulos* (ovocitos) y secretan las hormonas estrógenos y progesterona.

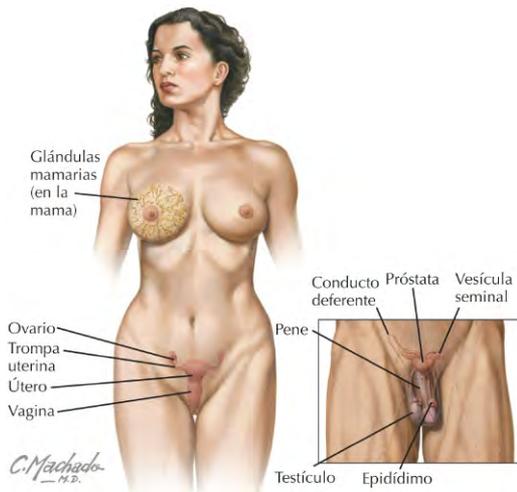
- **Trompas uterinas** (de Falopio): un par de tubos que se extienden desde las paredes superolaterales del útero y se abren como embudos franjeados en la cavidad pélvica adyacente al ovario, para «capturar» el ovocito cuando este sale del ovario.

- **Útero:** órgano muscular (músculo liso) hueco en forma de pera, que protege y nutre al feto en desarrollo.
- **Vagina:** tubo fibromuscular distensible (también denominado *canal del parto*), de aproximadamente 8-9 cm de largo, que se extiende desde el cuello del útero (cérvix) hasta el vestíbulo vaginal.

### Sistema genital masculino

El sistema genital masculino se compone de las siguientes estructuras (v. fig. 1.31):

- **Testículos:** las gónadas pares del sistema reproductor masculino, en forma de huevo y con un tamaño similar al de una castaña; producen las células germinales masculinas, los *espermatozoides*, y se encuentran en el escroto (fuera de la cavidad abdominopélvica).
- **Epidídimo:** túbulo contorneado que recibe los espermatozoides y los almacena mientras maduran.
- **Conducto deferente:** tubo muscular (músculo liso) de unos 40-45 cm de largo que transporta los espermatozoides desde el epidídimo hasta el conducto eyaculador (vesícula seminal).



**FIGURA 1.31** Sistema genital. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate 20: S-472.)

- **Vesículas seminales:** las glándulas tubulares pares que se sitúan posteriores a la próstata, de unos 15 cm de largo; producen el líquido seminal y se unen al conducto deferente en el conducto eyaculador.
- **Próstata:** glándula del tamaño de una nuez que rodea la uretra cuando esta abandona la vejiga urinaria; produce el líquido prostático, que se agrega al semen (espermatozoides en suspensión en secreciones glandulares).
- **Uretra:** conducto que pasa a través de la próstata, entra en el pene y conduce el semen para expulsarlo del cuerpo en la eyaculación.

### 13. CAVIDADES CORPORALES

Los sistemas de órganos y otras estructuras viscerales están a menudo separados en el interior de las cavidades corporales. Estas cavidades pueden proteger las vísceras y también pueden permitir cierta expansión y contracción en el tamaño. Los dos principales grupos de cavidades del cuerpo son (fig. 1.32):

- **Cavidades posteriores:** incluyen el encéfalo, rodeado por las meninges y el cráneo óseo, y la médula espinal, rodeada por las mismas meninges que el encéfalo y la columna vertebral ósea.
- **Cavidades anteriores:** incluyen las cavidades torácica y abdominopélvica, separadas por el diafragma (un músculo esquelético importante en la respiración).

El SNC (encéfalo y médula espinal) está rodeado por tres membranas (v. fig. 1.21):

- Piamadre.
- Aracnoides.
- Duramadre.

La cavidad torácica contiene dos **cavidades pleurales** (derecha e izquierda) y un espacio impar en la línea media denominado **mediastino** (espacio intermedio), que contiene el corazón y las estructuras que se sitúan posteriores a él, incluyendo la aorta torácica descendente y el esófago. El propio corazón reside en el interior del **pericardio**, que tiene una lámina u hoja parietal y una visceral.

La cavidad abdominopélvica también está recubierta por una membrana serosa, el **peritoneo**, que tiene una capa parietal (que recubre el interior de las paredes abdominopélvicas) y una capa visceral (que envuelve las vísceras).

## 14. VISIÓN GENERAL DE LAS PRIMERAS FASES DEL DESARROLLO

### Semana 1: fecundación e implantación

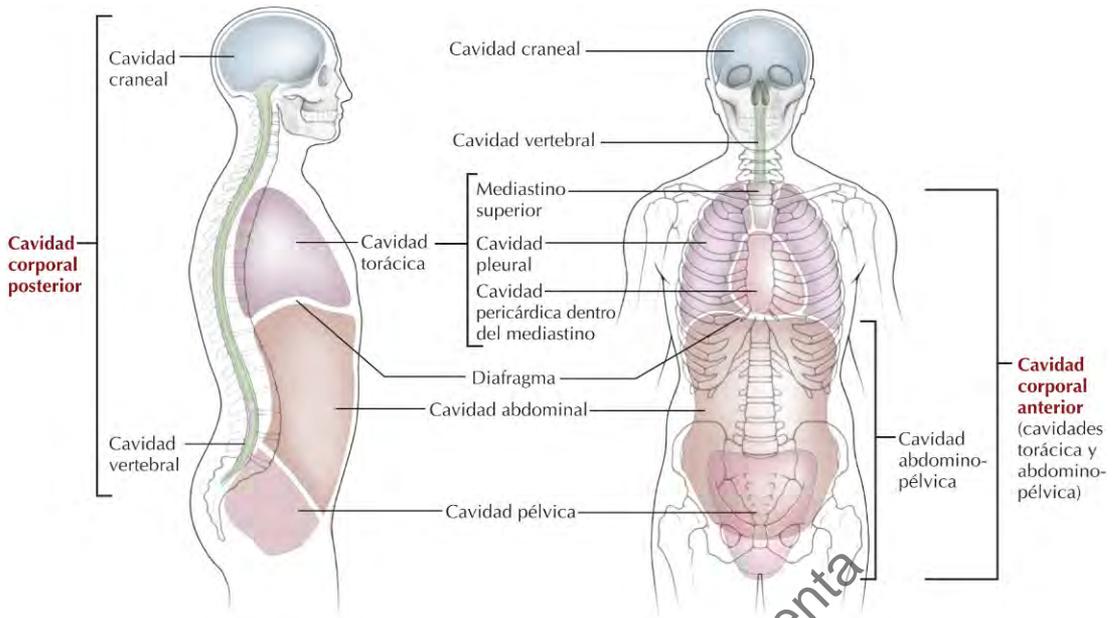
La fecundación ocurre en la ampolla de la trompa uterina (de Falopio), por lo general, dentro de las 24 h siguientes a la ovulación (fig. 1.33). El óvulo fecundado (la unión de los núcleos del espermatozoide y el ovocito, con un número diploide de cromosomas) se denomina **cigoto**. La posterior división celular (clivaje) se produce en los estadios de 2, 4, 8 y 16 células, y provoca la formación de una bola de células que viaja por la trompa uterina hacia la cavidad uterina. Cuando la masa celular alcanza 3-4 días de desarrollo, se asemeja a una mora y se denomina **mórula** (estadio de 16 células). Cuando la mórula que está creciendo entra en la cavidad uterina, alrededor del día 5, contiene centenares de células y desarrolla un quiste lleno de líquido en su interior y se le conoce entonces como **blastocisto**. Hacia los 5-6 días se produce la implantación, cuando el blastocisto literalmente erosiona o excava la pared del útero (endometrio) (v. fig. 1.33).

### Semana 2: formación del disco bilaminar embrionario

Cuando el blastocisto se implanta, forma una masa celular interna (futuro embrión, **embrioblasto**) y una amplia cavidad llena de líquido rodeada por una capa celular externa denominada **trofoblasto** (fig. 1.34; v. fig. 1.33). El trofoblasto experimenta diferenciación e interacciones celulares complejas con los tejidos maternos para iniciar la formación de la circulación uteroplacentaria primitiva. Al mismo tiempo, la masa celular interna se desarrolla en los dos tipos de células siguientes (formación del disco bilaminar):

- **Epiblasto:** formación de una hoja de células cilíndricas en la superficie dorsal del embrioblasto.
- **Hipoblasto:** una hoja de células cúbicas en la superficie ventral del embrioblasto.

El epiblasto forma una cavidad en la parte dorsal que da lugar a la **cavidad amniótica**. La cavidad del



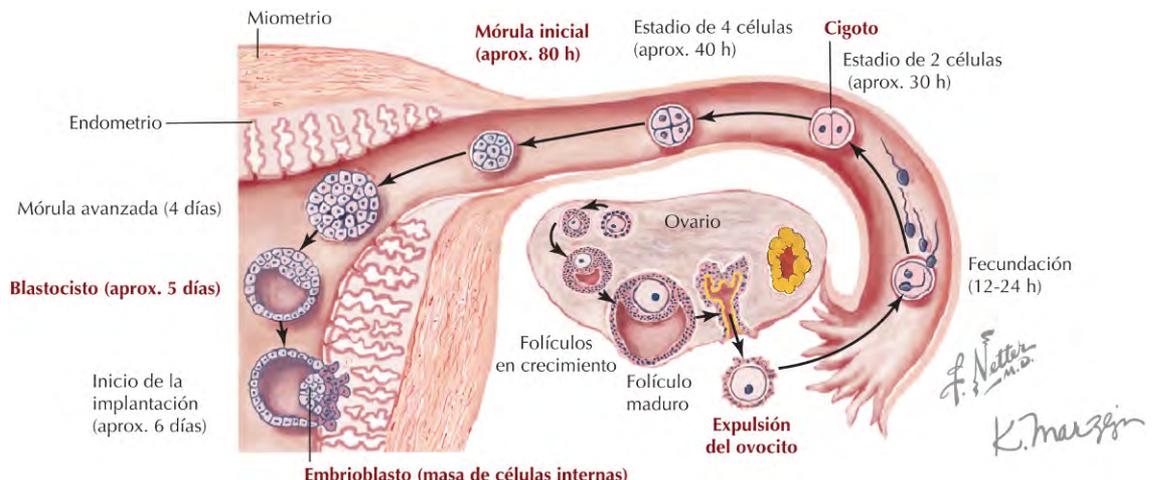
**FIGURA 1.32** Principales cavidades corporales. (Tomado de *Netter's atlas of human anatomy*, ed 8, Plate BP 2; S-BP 2.)

blastocisto en la parte ventral se convierte en el **saco vitelino primitivo**, que está tapizado por un epitelio escamoso simple derivado del hipoblasto. Hacia el día 12, la ulterior migración celular del hipoblasto forma el verdadero saco vitelino, mientras la vieja cavidad del blastocisto se recubre de mesodermo extraembrionario.

**Semana 3: gastrulación**

La **gastrulación** (desarrollo de un disco embrionario trilaminar) comienza con la aparición de la **línea pri-**

**mitiva** en la superficie dorsal del epiblasto (fig. 1.35). Esta línea forma un surco delimitado en su extremo cefálico (cabeza) por el **nódulo primitivo**. El nódulo forma un cordón de mesodermo en la línea media que se convierte en la **notocorda**. Células que migran del epiblasto se mueven hacia la línea primitiva, se invaginan y reemplazan a las células del hipoblasto subyacente para convertirse en la capa germinal del **endodermo**. Entre el endodermo y el epiblasto suprayacente se desarrollan otras células del epiblasto invaginante y se convierten en el **mesodermo**.



**FIGURA 1.33** Esquema de los principales acontecimientos: semana 1 del desarrollo humano.

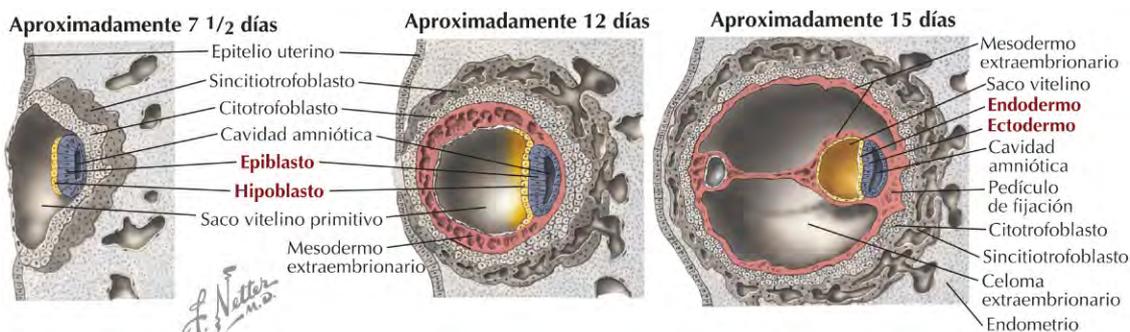


FIGURA 1.34 Formación del disco bilaminar: semana 2 del desarrollo humano.

### Correlación clínica 1.7

#### Espacios potenciales

Cada uno de estos espacios —pleural, pericárdico y peritoneal— son considerados espacios «potenciales», porque entre las capas parietal y visceral, por lo general, solo existe una pequeña cantidad de líquido seroso lubricante, que mantiene húmedas y deslizando las superficies de los órganos, y por tanto, reduce la fricción durante movimientos como la respiración, el latido cardíaco y el peristaltismo. Sin embargo, durante la inflamación o tras un traumatismo (cuando puede acumularse pus o sangre) pueden acumularse líquidos en estos espacios lo que limita el movimiento visceral. En estas situaciones, estos espacios «potenciales» se vuelven espacios reales y puede ser necesario eliminar el líquido implicado con el fin de no comprometer la función del órgano o no exacerbar una infección existente.

Finalmente, las células del epiblasto de la superficie forman el **ectodermo**, la tercera capa germinal. Todos los tejidos corporales derivan de una de estas tres capas germinales embrionarias.

#### Derivados de las capas germinales embrionarias

Las figuras 1.36 a 1.38 y las tablas adjuntas proporcionan una visión general de los derivados en el adulto de las *tres capas germinales embrionarias* que se forman durante la gastrulación. Cuando estudies cada región del cuerpo, vuelve a estas páginas de resumen para revisar los orígenes embrionarios de los diversos tejidos. Muchos problemas clínicos se originan durante el desarrollo *in utero* de estos derivados de las capas germinales.

En general, los derivados **ectodérmicos** incluyen (v. fig. 1.36):

- Epidermis y varios apéndices asociados con la piel (pelo, uñas, glándulas).

- Componentes de los sistemas nerviosos central y periférico.

- Algunos huesos, músculos y tejidos conectivos de la cabeza y el cuello (cresta neural).

En general, los derivados **mesodérmicos** incluyen (v. fig. 1.37):

- Notocorda.
- Músculos esquelético, liso y cardíaco.
- Parénquima o estructuras reticulares y tejidos conectivos de muchos órganos y sistemas.
- Sistemas genital y urinario.
- La mayoría de las estructuras esqueléticas.

- Dermis de la piel.

En general, los derivados **endodérmicos** incluyen (v. fig. 1.38):

- Revestimiento del tubo digestivo y de sus órganos accesorios.
- Revestimiento de la vía aérea.
- Varias estructuras derivadas de las bolsas faríngeas.
- Células sanguíneas embrionarias.
- Derivados asociados con el desarrollo de la cloaca.

### 15. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN DE LA ANATOMÍA INTERNA

#### Introducción general

En 1895, Wilhelm Roentgen (Würzburg, Alemania) usó rayos X generados por un tubo de rayos catódicos para tomar la primera imagen radiográfica, por la que finalmente fue galardonado con el primer Premio Nobel de Física en 1901. A medida que los rayos X (una forma de radiación electromagnética) pasan a través del cuerpo, pierden energía en los tejidos, y solo los fotones con la energía suficiente para penetrar los tejidos exponen entonces una placa de película fotográfica. Las imágenes radiográficas se recogen ahora, mayormente, como información digital (tabla 1.6).

#### Radiografías simples (convencionales)

Una radiografía simple, también conocida como radiografía convencional, ofrece una imagen en la cual

Formación del mesodermo intraembrionario a partir de la línea primitiva y el nódulo primitivo

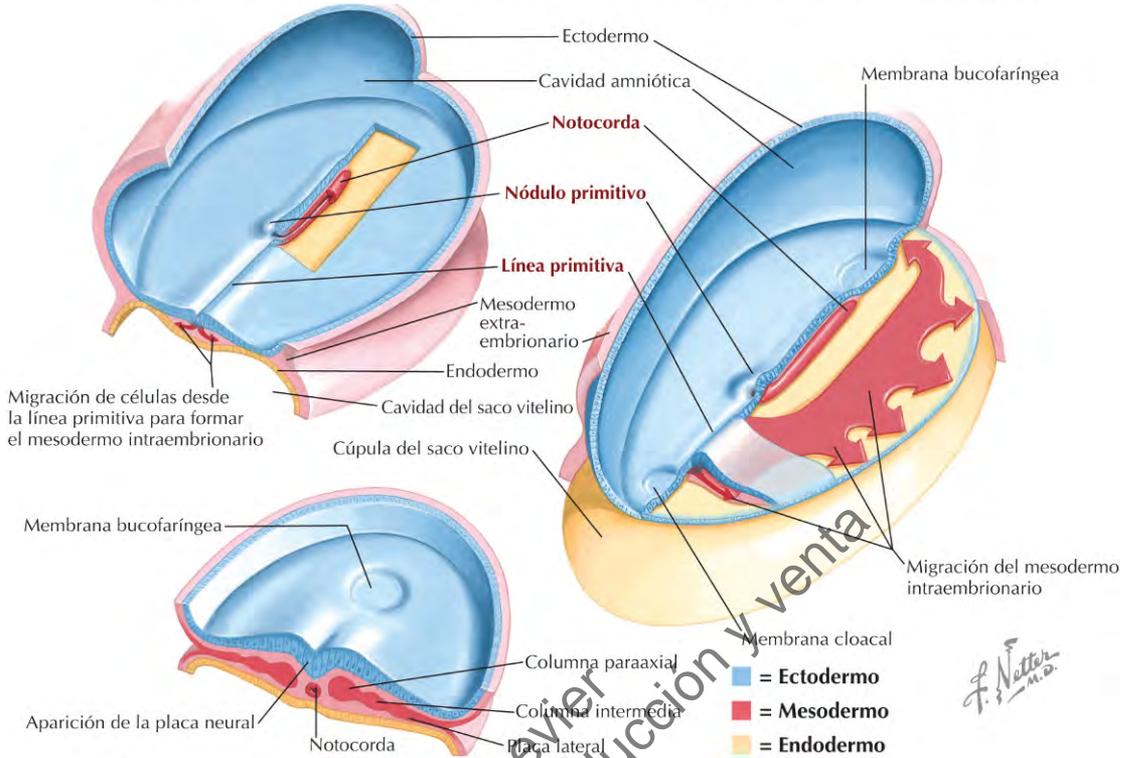
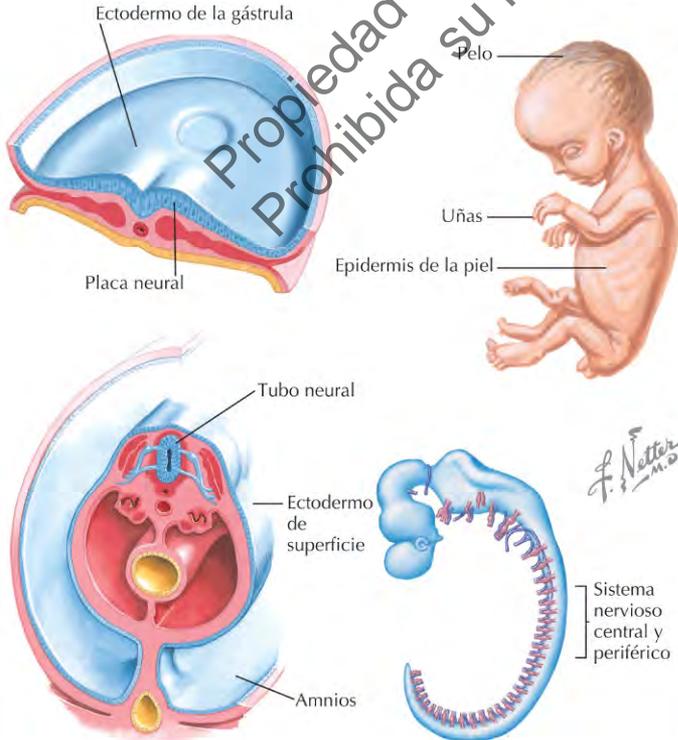
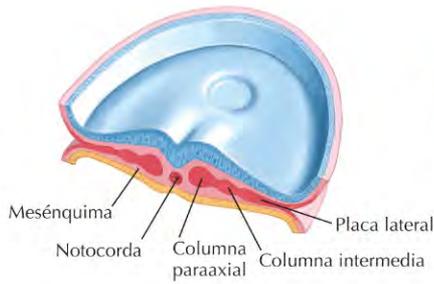


FIGURA 1.35 Gastrulación: semana 3 del desarrollo humano.

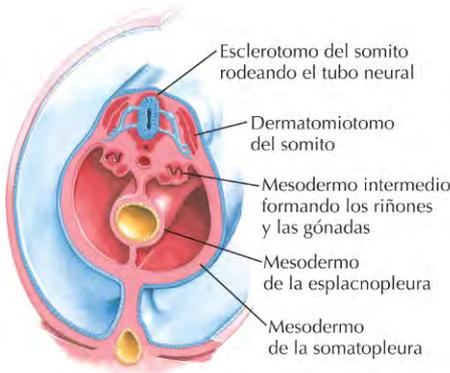


Primordios	Derivados o destinos
Ectodermo de superficie	Epidermis de la piel Glándulas sudoríparas, sebáceas y mamarias Uñas y pelo Esmalte dentario Glándulas lagrimales Conjuntiva Conducto auditivo externo
(Estomodeo y placodas nasales) (Placodas óticas) (Placodas de la lente)	Epitelios bucal y nasal Adenohipófisis Oído interno Lente (cristalino)
Tubo neural	Sistema nervioso central Neuronas somatomotoras Neuronas branquiomotoras Neuronas autónomas presinápticas Retina/nervios ópticos Neurohipófisis
Cresta neural	Neuronas sensitivas periféricas Neuronas autónomas postsinápticas Todos los ganglios Células de la médula suprarrenal Melanocitos Huesos, músculos y tejido conectivo en la cabeza y el cuello
Amnios	Bolsa protectora alrededor del feto (con el corion)

FIGURA 1.36 Derivados ectodérmicos.



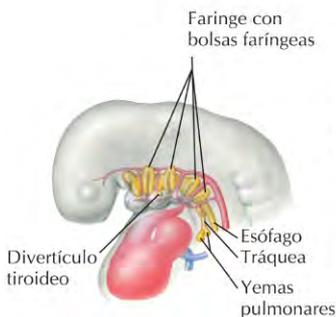
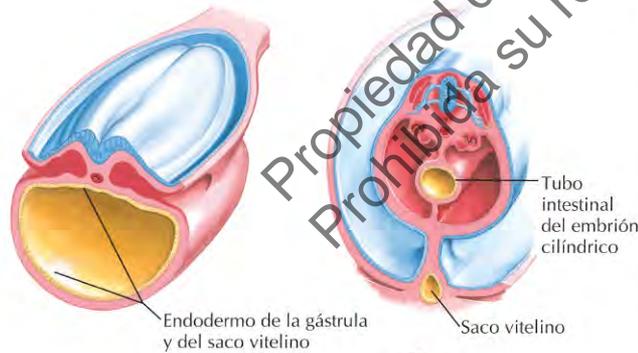
Esqueleto axial y apendicular, 5 semanas



Mm. esqueléticos en desarrollo, 8 semanas

Primordios	Derivados o destinos
Notocorda	Núcleo pulposo de un disco intervertebral Induce la neurulación
Columnas paraaxiales (somitos)	Músculo esquelético Hueso Tejido conectivo (p. ej., dermis del dorso, meninges)
Mesodermo intermedio	Gónadas Riñones y uréteres Útero y trompas uterinas Porción superior de la vagina Conducto deferente, epidídimo y tubulillos relacionados Vesículas seminales y conductos eyaculadores
Placa lateral del mesodermo	Dermis (ventral) Tejido subcutáneo y tejidos relacionados (ventral) Huesos y tejidos conectivos de los miembros Pleura y peritoneo Estroma del tejido conectivo del tubo digestivo
Mesodermo cardiogénico	Corazón Pericardio

FIGURA 1.37 Derivados mesodérmicos.



Primordios	Derivados epiteliales o destinos
Tubo intestinal endodérmico	Tubo digestivo (enterocitos) Glándulas mucosas del tubo digestivo Parénquima de los órganos GI (hígado, páncreas) Recubrimiento interno de la vía aérea (laringe, tráquea, árbol bronquial) Glándula tiroides Tonsilas
Cloaca (porción del intestino posterior)	Recto y conducto anal Vejiga urinaria, uretra y glándulas relacionadas Vestíbulo vaginal Porción inferior de la vagina
Bolsas faríngeas (porción del intestino anterior)	Trompa auditiva y epitelio del oído medio Criptas de la tonsila palatina Timo Glándulas paratiroides Células C de la glándula tiroides
Saco vitelino	Producción de células sanguíneas embrionarias (mesodermo) Comprimido en el cordón umbilical, después desaparece
Alantoides (del saco vitelino, luego cloaca)	Producción de células sanguíneas embrionarias (mesodermo) Vestigial, uraco fibroso La parte del cordón umbilical desaparece

FIGURA 1.38 Derivados endodérmicos.

**TABLA 1.6 Atenuación de los rayos X al pasar a través del cuerpo\***

MEDIO	ESCALA DE GRISES
Hueso	Blanco
Tejido blando	Gris claro
Agua (referencia)	Gris
Grasa	Gris oscuro
Pulmón	Gris muy oscuro
Aire	Negro

\*De mayor a menor atenuación.

el paciente está colocado anterior (anteroposterior) o posterior (posteroanterior) a la fuente de rayos X (fig. 1.39, A). El tubo de rayos X también puede situarse en una posición lateral u oblicua respecto al paciente. Para estudiar estructuras tubulares, como el intestino o los vasos, pueden administrarse medios de contraste (líquidos radiopacos, como sulfato de bario o compuestos de yodo). Un estudio con *doble contraste* utiliza bario y aire para visualizar la luz de estructuras, tales como la porción distal del colon (fig. 1.39, B). En la actualidad, los rayos X se recuperan digitalmente en tiempo real mediante la producción de una corriente de rayos X. Las técnicas hoy disponibles, que incluso pueden visualizar estructuras del cuerpo en movimiento, utilizan la angiografía (medio de contraste en el corazón y los grandes vasos) y la fluoroscopia.

**Tomografía computarizada**

La tomografía computarizada (TC) fue inventada en 1972 por sir Godfrey Hounsfield (en los EMI Labs, Hayes, Inglaterra), quien recibió el Premio Nobel de Medicina o Fisiología en 1979 (compartido con Allen McLeod Cormack, de la Tufts University, Medford, Massachusetts, USA). Un aparato de TC utiliza rayos X generados por un tubo que pasa alrededor del cuerpo y recoge una serie de imágenes en el plano axial (cortes transversales). Después, un sofisticado programa informático transforma las múltiples imágenes en un solo corte (fig. 1.40, A).

En la década de 1980 se desarrollaron los tomógrafos multicorte (multidetectores), que capturan muchos cortes a medida que el tubo gira en un patrón helicoidal alrededor del paciente, que se está moviendo a través del escáner sobre una mesa. Las imágenes tridimensionales pueden ser recreadas por el equipo a partir de estos cortes. Mediante la TC se visualiza bien el hueso, y para mejorar la imagen de las vísceras huecas (p. ej., el tubo digestivo) pueden emplearse medios de contraste. Además, la angiografía por TC puede visualizar los grandes vasos sanguíneos en dos y tres dimensiones tras la administración intravascular de sustancias de contraste (fig. 1.40, B).

Las ventajas de la TC son el menor coste respecto a la resonancia magnética (RM), la disponibilidad, las capacidades tridimensionales, la capacidad para



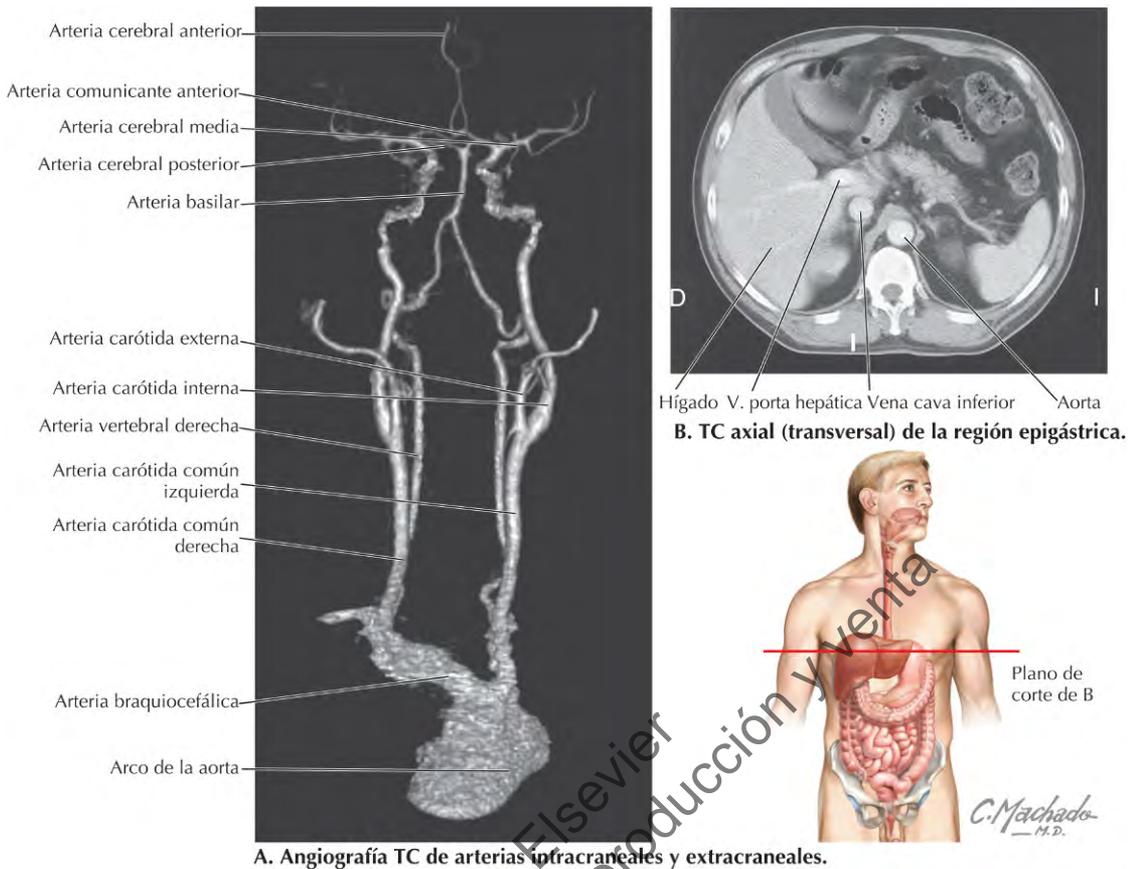
A. Proyección PA del tórax.



B. Radiografía con doble contraste del colon.

**FIGURA 1.39** Radiografías simples (convencionales). PA, posteroanterior. (Tomado de Major NM: *A practical approach to radiology*, Philadelphia, 2006, Saunders.)

visualizar las características óseas y la velocidad más rápida que la RM. Las desventajas de la TC son la alta dosis de rayos X en comparación con la radiografía simple, los artefactos (movimiento, dispersión) y la definición relativamente pobre de los tejidos en comparación con la RM.



A. Angiografía TC de arterias intracraneales y extracraneales.

**FIGURA 1.40** Tomografía computarizada (TC). (Tomaño de Kelley LL, Petersen C: *Sectional anatomy for imaging professionals*, St Louis, 2007, Mosby.)

### Tomografía por emisión de positrones

La captación de glucosa en los tejidos (tras la administración de 18-fluorodesoxi-D-glucosa) puede ser visualizada mediante tomografía por emisión de positrones, una técnica especialmente útil para detectar tejidos o estructuras con una tasa metabólica más alta, tales como tumores malignos y lesiones inflamatorias.

### Resonancia magnética

Paul Lauterbur (Illinois) y sir Peter Mansfield (Nottingham, Inglaterra) fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina o Fisiología en 2003 por sus contribuciones al desarrollo de la RM. Desde la primera imagen de RM de un humano realizada en 1977, este proceso se ha convertido en una herramienta de diagnóstico versátil y segura. Unos potentes imanes alinean protones de hidrógeno libres (el hidrógeno en las moléculas de agua presentes en casi todos los tejidos biológicos) y, a continuación, un pulso de onda de radio pasa a través del paciente y desvía los protones, que retornan a su estado alineado, pero

emiten pequeños pulsos de radio, cuya intensidad, frecuencia y tiempo producen señales distintas. Después, la computadora analizará estas señales y creará imágenes axiales (transversales), coronales y sagitales (fig. 1.41).

Las ventajas de la RM son la ausencia de radiación ionizante y la capacidad de visualizar todos los planos y de obtener imágenes de tejidos blandos a muy alta resolución en comparación con la TC. Las desventajas incluyen el alto coste, la incapacidad para obtener imágenes en los pacientes con implantes metálicos o cuerpos extraños, la incapacidad para visualizar bien el hueso, un mayor tiempo de procedimiento que la TC, la posibilidad de que los pacientes sientan claustrofobia en el escáner y la tendencia a los artefactos (movimiento).

### Ecografía

La ecografía utiliza ondas de sonido longitudinales de muy alta frecuencia que son generadas por un transductor. Las ondas producidas por el transductor son reflejadas o refractadas al chocar con

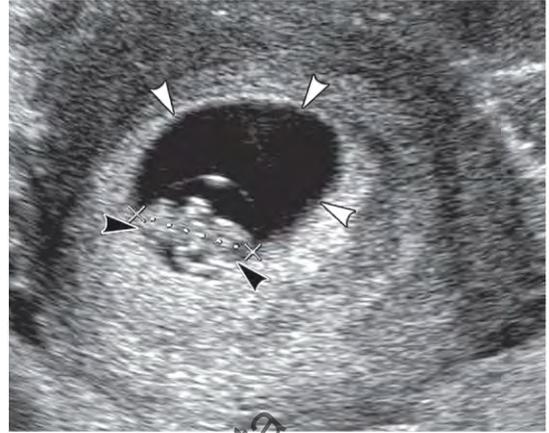
las superficies de contacto de los tejidos blandos. La proporción de sonido reflejado se mide como impedancia acústica y representa diferentes densidades

del tejido blando. Luego, una computadora interpreta estas señales y produce una imagen en tiempo real (fig. 1.42).



RM axial (transversal) del encéfalo, potenciada en T2

**FIGURA 1.41** Resonancia magnética (RM). (Tomado de Wicke L: *Atlas of radiologic anatomy*, ed 7, Philadelphia, 2004, Saunders.)



Se observa un feto viable de 9 semanas de edad (puntas de flecha negras), rodeado de los tejidos embrionarios (puntas de flecha blancas)

**FIGURA 1.42** Ecografía. (Reproducido con autorización de Jackson S, Thomas R: *Cross-sectional imaging made easy*, Philadelphia, 2004, Churchill Livingstone.)

Propiedad de Elsevier  
Prohibida su reproducción y venta

## Preguntas de autoevaluación

- Un radiólogo examina una serie de resonancias magnéticas (RM) en el plano frontal, generadas por computadora. ¿Cuál de los siguientes términos es sinónimo de plano frontal?
  - Axial
  - Coronal
  - Corte transversal
  - Sagital
  - Transversal
- Clínicamente, los huesos pueden clasificarse por su forma. ¿Cuál de las siguientes formas se utiliza para definir la rótula?
  - Plano
  - Irregular
  - Largo
  - Sesamoideo
  - Corto
- Los huesos largos son responsables de la mayor parte de nuestra altura. ¿Cuál de las siguientes partes del hueso largo es más importante en el alargamiento del hueso?
  - Diáfisis
  - Epífisis
  - Placa (lámina) epifisaria
  - Metáfisis
  - Cuerpo
- Una anciana se cae y se fractura el cuello del fémur («se rompe la cadera»). ¿Cuál de los siguientes tipos de articulaciones sinoviales está involucrado en la fractura?
  - Esferoidea (enartrosis)
  - Condílea (elipsoide)
  - Gínglimo (tróclea)
  - Plana (artrodia)
  - Silla de montar (biaxial)
- Cuando el traumatólogo realiza una exploración del sistema musculoesquelético, puede comprobar la fuerza de un músculo que se contrae en una articulación. Cuando esto se produce, otro músculo se relaja, ¿por cuál de los siguientes términos se designa?
  - Agonista
  - Antagonista
  - Extensor
  - Fijador
  - Sinergista
- Durante el cateterismo cardiaco, el médico observa el flujo sanguíneo desde el ventrículo derecho, ¿a cuál de los siguientes vasos?
  - Aorta
  - Arterias coronarias
  - Vena cava inferior
  - Tronco pulmonar
  - Vena cava superior
- Los sistemas linfático e inmunitario son de vital importancia en la defensa del cuerpo. Finalmente, la mayor parte de la linfa drena en el sistema venoso, ¿mediante cuál de las siguientes estructuras?
  - Granulaciones aracnoideas
  - Plexo coroideo
  - Cisterna del quilo
  - Conducto linfático derecho
  - Conducto torácico
- Un paciente que experimenta un proceso inflamatorio del sistema nervioso central (SNC), ¿cuáles de las siguientes células gliales fagocitarias estará activando?
  - Astrocitos
  - Células endoteliales
  - Microglía
  - Oligodendrocitos
  - Células de Schwann



Más preguntas de autoevaluación de opción múltiple y de respuesta corta disponibles *online* (en inglés).

9. El encéfalo y la médula espinal están rodeados por láminas membranosas de tejido conectivo. El dolor asociado con la mayoría de los procesos inflamatorios del sistema nervioso central (SNC) está mediado por nervios sensitivos, ¿en cuál de estas capas tisulares?
- Aracnoides
  - Duramadre
  - Endoneuro
  - Epéndimo
  - Piamadre
10. Un neurólogo está preocupado por la incapacidad de un paciente para caminar sin cojear claramente (trastorno del movimiento). ¿Cuál de las siguientes partes del sistema nervioso periférico (SNP) explorará el neurólogo en primer lugar?
- Autónoma
  - Entérica
  - Mientérica
  - Somática
  - Submucosa
11. En respuesta a una amenaza percibida de peligro, ¿cuál de los siguientes componentes del sistema nervioso periférico (SNP) se activará globalmente?
- Entéricos
  - Parasimpáticos
  - Postganglionares
  - Preganglionares
  - Simpáticos
12. En el diseño de un nuevo agonista farmacéutico para su uso en el control de la presión arterial, ¿de cuál de las siguientes características distintivas del sistema nervioso autónomo (SNA) deben ser conscientes los científicos?
- Es un sistema eferente de una sola neurona
  - Es un sistema eferente de dos neuronas
  - Se asocia con 10 nervios craneales (NC)
  - Libera solo neuropéptidos como transmisores
  - Libera solo noradrenalina (NA) como transmisor
13. Un cálculo renal se aloja en la porción del sistema urinario entre el riñón y la vejiga urinaria. ¿En cuál de las siguientes estructuras se encontrará el cálculo?
- Conducto colédoco
  - Trompa uterina
  - Conducto torácico
  - Uréter
  - Uretra
14. Un paciente tiene dificultad para digerir las grasas (p. ej., patatas fritas) y experimenta dolor después de una comida pesada, que luego desaparece. De los siguientes órganos del tracto gastrointestinal (GI), ¿cuál es más probable que sea el culpable?
- Colon
  - Vesícula biliar
  - Páncreas
  - Glándulas salivares
  - Estómago
15. Un paciente que presenta una enfermedad autoinmune caracterizada por pérdida de peso, pulso acelerado, sudoración, dificultad para respirar, ojos saltones (exoftalmos) y pérdida de masa muscular es probable que tenga hipersecreción de una hormona producida y almacenada ¿por cuál órgano endocrino?
- Ovario
  - Páncreas
  - Glándula pineal
  - Neurohipofisis (lóbulo posterior de la hipófisis)
  - Glándula tiroideas
16. Un sangrado en la cavidad pericárdica también puede sugerir que la sangre va a encontrarse ¿en cuál de las siguientes cavidades?
- Abdominal
  - Pleural izquierda
  - Mediastino
  - Pleural derecha
  - Vertebral
17. Un defecto congénito de la médula espinal se produce durante la tercera semana del desarrollo embrionario. ¿Cuál de los siguientes eventos caracteriza a este periodo crítico del desarrollo embrionario?
- Formación del blastocisto
  - Formación del embrioblasto
  - Gastrulación
  - Formación de la mórula
  - Formación del cigoto
18. Una malformación del corazón primitivo muy probablemente apunta a un problema en el desarrollo ¿de qué tejido embrionario?
- Amnios
  - Corion
  - Ectodermo
  - Endodermo
  - Mesodermo

19. De los siguientes tipos de métodos de diagnóstico por la imagen, ¿cuál es el menos invasivo y menos costoso?
- A. Tomografía computarizada (TC)
  - B. Resonancia magnética (RM)
  - C. Radiografía simple
  - D. Tomografía por emisión de positrones
  - E. Ecografía
20. Cuando un haz de rayos X pasa a través del cuerpo, ¿cuál de los siguientes es el orden correcto de atenuación de los fotones, de mayor a menor atenuación?
- A. Hueso-grasa-pulmón-tejidos blandos-agua-aire
  - B. Hueso-grasa-tejidos blandos-pulmón-agua-aire
  - C. Hueso-pulmón-tejidos blandos-grasa-agua-aire
  - D. Hueso-tejidos blandos-pulmón-grasa-agua-aire
  - E. Hueso-tejidos blandos-agua-grasa-pulmón-aire
21. Un médico sabrá qué significa el término *dorsiflexión (flexión dorsal) del pie*, pero un paciente que está siendo examinado puede no estar familiarizado con el término. Por tanto, ¿el médico puede indicarle a un paciente qué debe hacer cuando quiere que este dorsiflexione el pie?
- A. Que apunte su pie hacia abajo
  - B. Que apunte su pie hacia arriba
  - C. Que se ponga de puntillas
  - D. Que gire su pie hacia dentro
  - E. Que gire su pie hacia fuera
22. Las quemaduras generalmente se clasifican según la profundidad del tejido en la que se extiende la quemadura. Cuando una quemadura se ha clasificado como una quemadura de segundo grado, ¿a qué profundidad ha penetrado la quemadura en el tejido?
- A. A través de la epidermis y la dermis de la piel
  - B. Solo a través del nivel de la epidermis
  - C. A través del nivel de la fascia
  - D. A través del nivel del tejido subcutáneo
  - E. A través de la piel hasta el músculo subyacente
23. Las notas en la historia del paciente indican que ha sufrido múltiples fracturas del esqueleto axial. ¿Cuál de los siguientes huesos forma parte del esqueleto axial?
- A. Clavícula
  - B. Peroné
  - C. Húmero
  - D. Escápula
  - E. Esternón
24. Cuando una enfermera toma el pulso de un paciente durante un examen de rutina, ¿en cuál de las siguientes arterias lo hará?
- A. Arteria braquial
  - B. Arteria carótida común
  - C. Arteria dorsal del pie
  - D. Arteria femoral
  - E. Arteria radial
25. Cuando se pierden líquidos en el espacio extracelular, ¿cuál de los siguientes sistemas u órganos es crítico para devolver los líquidos al sistema vascular?
- A. Granulaciones aracnoideas
  - B. Vesícula biliar
  - C. Sistema linfático
  - D. Sistema respiratorio
  - E. Glándula tiroideas
26. En un paciente con un problema de reabsorción, el médico diagnostica que el problema está asociado con el intestino grueso. ¿Cuál de las siguientes partes del sistema digestivo puede excluirse de un examen más detallado del paciente?
- A. Colon ascendente
  - B. Ciego
  - C. Ileon
  - D. Recto
  - E. Colon sigmoide
27. Una paciente tiene dificultades para quedarse embarazada. Su médico sospecha un problema asociado con la porción de su sistema genital que recibe el ovocito ovulado. ¿Cuál de las siguientes estructuras es el foco de atención del médico?
- A. Conducto deferente
  - B. Uretra
  - C. Trompa uterina
  - D. Útero
  - E. Vagina
28. Después de la fecundación, ¿cuánto tiempo se suele demorar la implantación del blastocisto en la pared uterina?
- A. 24 h
  - B. 48 h
  - C. 3 días
  - D. 6 días
  - E. 9 días

29. Un médico diagnostica una malformación congénita en un tejido que es un derivado del endodermo embrionario. ¿Cuál de los siguientes tejidos o estructuras es más probable que esté malformado?
- Músculo bíceps braquial
  - Dermis de la mano
  - Epidermis del brazo
  - Epitelio de la tráquea
  - Fémur
30. ¿Cuál de los siguientes enfoques es el mejor para obtener imágenes de estructuras óseas, que somete al paciente a la dosis más baja de rayos X, pero es altamente preciso?
- Tomografía computarizada (TC)
  - Resonancia magnética (RM)
  - Radiografía simple
  - Tomografía por emisión de positrones
  - Ecografía

**Respuestas a las preguntas de autoevaluación**

- B.** El plano coronal se denomina así por la sutura coronal en el cráneo; es un plano que es paralelo a la sutura y sinónimo de plano frontal. Plano axial, plano transversal y corte transversal también son términos sinónimos y dividen el cuerpo en porciones superior e inferior.
- D.** La rótula es un hueso redondeado y el más grande de los huesos sesamoideos. En la base de cada pulgar y la base de cada dedo gordo del pie también suelen existir dos huesos sesamoideos.
- C.** El crecimiento del hueso en longitud se produce en la placa (lámina) epifisaria, donde el cartilago hialino experimenta proliferación y osificación. El crecimiento en anchura se produce en la diáfisis.
- A.** La cadera es un ejemplo perfecto de una articulación esferoidea (enartrosis) y es una de las articulaciones sinoviales más estables del cuerpo. La articulación del hombro también es una articulación esferoidea, pero es más móvil y menos estable que la articulación de la cadera.
- B.** El antagonista es el músculo que se opone a la acción del agonista, el músculo que se está contrayendo y, en este caso, el músculo que está siendo explorado por el traumatólogo.
- D.** La sangre venosa del cuerpo pasa a través del lado derecho del corazón (atrio [aurícula] y ventrículo derechos) y luego pasa hacia el tronco pulmonar, que se divide en arterias pulmonares derecha e izquierda que llevan la sangre desde el corazón a los pulmones para el intercambio gaseoso.
- E.** El conducto torácico drena la linfa de, aproximadamente, tres cuartas partes del cuerpo y la devuelve al sistema venoso en la unión de las venas yugular interna izquierda y subclavia izquierda. La cisterna del quilo es el inicio del conducto torácico en la parte superior del abdomen.
- C.** La microglía son las células gliales endógenas del SNC que son fagocitarias y responden a cualquier rotura en la barrera hematoencefálica o a la infección.
- B.** La duramadre está ampliamente inervada por fibras nerviosas sensitivas, mientras que la aracnoides y la piamadre no poseen inervación.
- D.** El neurólogo explorará primero la división somática del SNP para determinar si el problema está asociado con un nervio periférico y/o un músculo esquelético. El músculo esquelético está inervado por el sistema nervioso somático.
- E.** La división simpática del sistema nervioso autónomo (SNA) es funcionalmente la «lucha o huida» que responde a cualquier amenaza, percibida o real, y moviliza el cuerpo globalmente.
- B.** Esta es la única respuesta que refleja con precisión al SNA. Se trata de un sistema eferente de dos neuronas, y diversos transmisores están colocalizados y liberados. Debido a esto, la acetilcolina (ACh), la NA y los neuropéptidos pueden ser dirigidos farmacológicamente a diferentes localizaciones sinápticas para alterar la respuesta del sistema. La única excepción son las células neuroendocrinas de la médula suprarrenal, que son neuronas simpáticas postganglionares modificadas inervadas por fibras simpáticas preganglionares.
- D.** El uréter es el conducto que conecta el riñón (pelvis renal) a la vejiga urinaria.
- B.** La vesícula biliar almacena y concentra la bilis, que es necesaria para la emulsión de las grasas en nuestra dieta. Cuando las grasas entran en el tracto GI, la vesícula biliar se estimula, se contrae y libera la bilis concentrada en la porción descendente del duodeno.
- E.** Estos signos y síntomas son característicos de la enfermedad de Graves (hipertiroidismo), un exceso de síntesis y liberación de hormona tiroidea, que regula al aumento del metabolismo.
- C.** El pericardio y el corazón residen en el mediastino (espacio intermedio), la región entre las dos cavidades pleurales, y todos ellos están en la cavidad torácica.
- C.** La gastrulación es el evento que define la tercera semana del desarrollo embrionario. Ocurre cuando se desarrolla el disco trilaminar (ectodermo, mesodermo, endodermo) y cuando el ectodermo comienza a migrar medialmente y a plegarse a lo largo del eje de la línea media para formar el futuro tubo neural y la médula espinal.

18. E. El corazón (músculo cardíaco) es mayoritariamente un derivado del mesodermo. Más adelante en su desarrollo, la cresta neural (pliegues neurales del ectodermo) también desempeña un papel importante.
19. E. La ecografía utiliza ondas sonoras longitudinales de muy alta frecuencia, es relativamente segura y es rentable en comparación con las otras modalidades de diagnóstico por la imagen. Por desgracia, no es adecuada para todos los diagnósticos; su resolución es limitada y no puede penetrar el hueso.
20. E. La estructura más densa en el cuerpo es el hueso, con la mayor atenuación de fotones, seguido de los tejidos blandos, el agua (el medio de referencia), la grasa, el pulmón (sobre todo aire) y luego el aire en sí. En una radiografía simple, un tejido muy denso como el hueso aparece blanco, mientras que el aire aparece negro.
21. B. La dorsiflexión (flexión dorsal) del pie a nivel de la articulación talocrural (tobillo) ocurre cuando uno apunta el pie hacia arriba. Este movimiento es igual a la extensión y es lo opuesto a la flexión (flexión plantar). La mayoría de los pacientes no estarán familiarizados con el término *dorsiflexión* (o *extensión*), por lo que el médico debe expresar la instrucción en palabras que se entiendan fácilmente.
22. A. Una quemadura de segundo grado penetra tanto en la epidermis como en la dermis, pero no va más allá. Una quemadura de tercer grado incluye el tejido subcutáneo profundo a la dermis.
23. E. El esternón es parte del eje central del cuerpo y el esqueleto axial. Todos los otros huesos enumerados forman parte del esqueleto apendicular (huesos asociados con los miembros).
24. E. Típicamente, el pulso de la arteria radial se toma por encima del carpo y se siente fácilmente. El pulso pedio (arteria dorsal del pie) también es importante porque es el pulso más alejado del corazón; se detecta en la superficie dorsal del pie.
25. C. Se pierde una cantidad considerable de líquido en el compartimento extracelular a nivel de los capilares. El líquido puede ser recapturado por los vasos linfáticos y devuelto al sistema venoso. Las proteínas importantes que el sistema venoso no reabsorbe fácilmente también pueden ser capturadas por el sistema linfático. Las granulaciones aracnoideas permiten que el líquido cefalorraquídeo del sistema nervioso regrese al sistema venoso.
26. C. El ileon forma parte del intestino delgado y, por tanto, puede ser excluido por el médico. Todas las demás opciones enumeradas forman parte del intestino grueso y deben considerarse en su examen.
27. C. El ovocito ovulado generalmente se captura y pasa a la trompa uterina (de Falopio), donde normalmente podrá ocurrir la fecundación si los espermatozoides están presentes. El cigoto resultante sufrirá divisiones celulares y viajará a la cavidad uterina, donde normalmente se implantará.
28. D. La implantación del blastocisto generalmente ocurre alrededor del quinto al sexto día después de la fecundación en la trompa uterina.
29. B. El único tejido enumerado que deriva del endodermo embrionario es el revestimiento epitelial de la tráquea. La epidermis deriva del ectodermo, y todas las demás opciones derivan del mesodermo.
30. C. La radiografía simple usa la dosis más baja de rayos X. La TC es, a menudo, una buena forma de obtener imágenes de las estructuras óseas, pero utiliza una dosis mayor de rayos X. Ninguna de las otras modalidades de imagen utiliza rayos X y ninguna es tan precisa como la TC o la radiografía simple para delinear las características finas de las estructuras óseas.