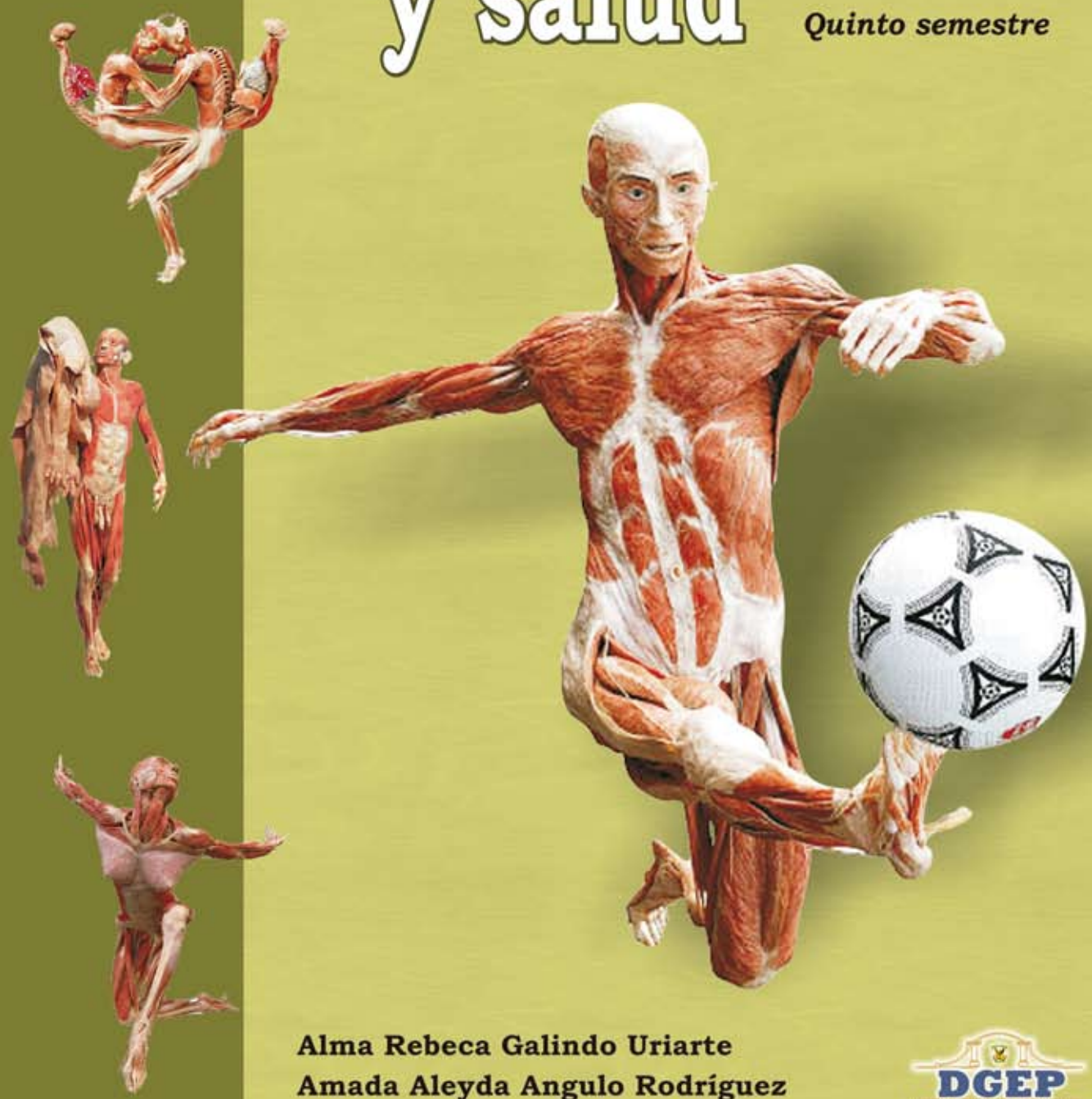


Quinto semestre

Biología humana y salud

Biología humana y salud

Quinto semestre

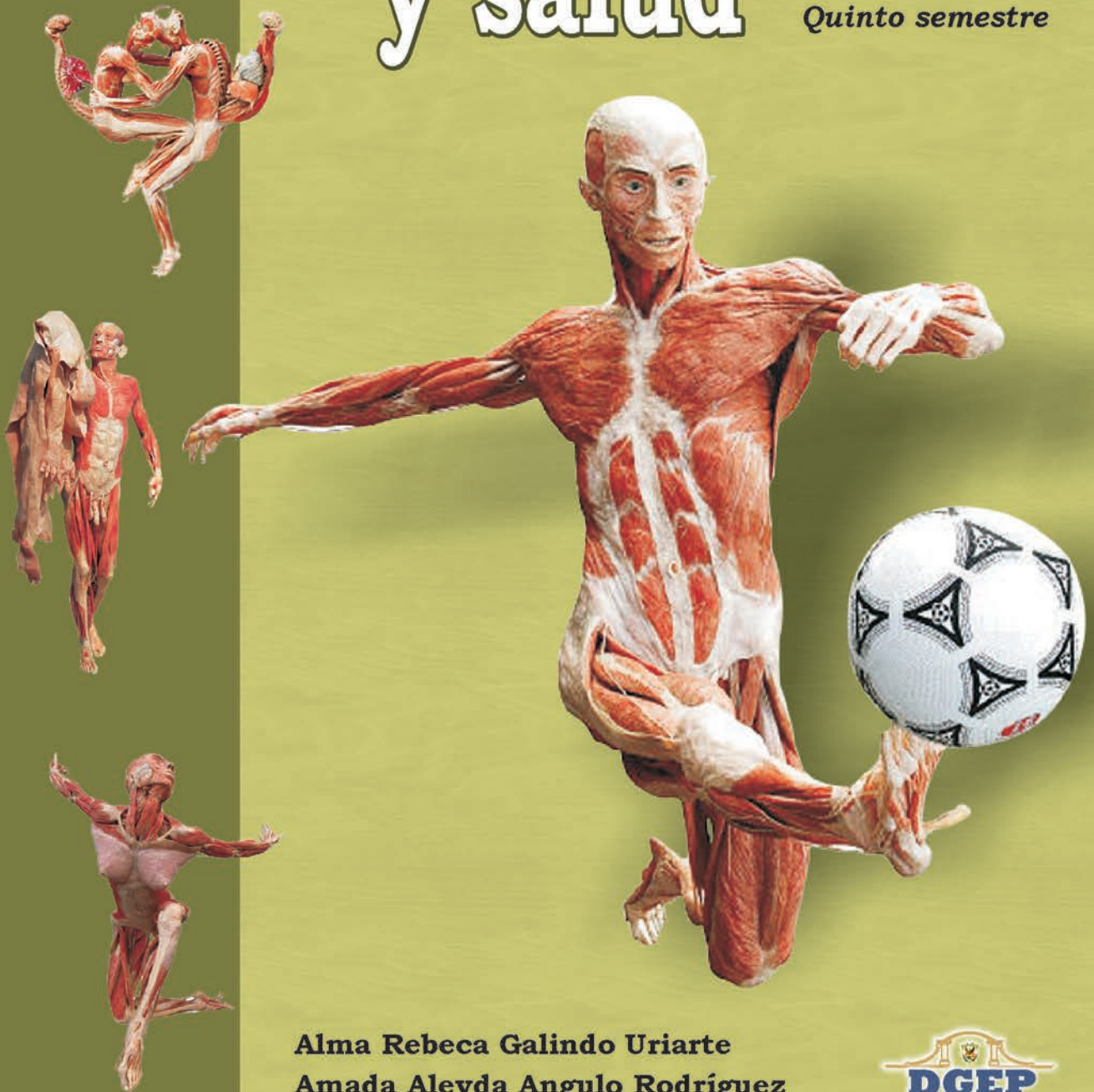


Alma Rebeca Galindo Uriarte
Amada Aleyda Angulo Rodríguez
Roberto C. Avendaño Palazuelos



Biología humana y salud

Quinto semestre



**Alma Rebeca Galindo Uriarte
Amada Aleyda Angulo Rodríguez
Roberto C. Avendaño Palazuelos**



Biología humana y salud

UAS-DGEP

Biología humana y salud

Tercer año

3ª edición 2011.

2ª reimpresión 2012.

© 2009. Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias
Academia estatal de Biología
Círculo interior oriente s.n.
Ciudad universitaria
Culiacán, Sin.
Cp.80010
Tel. 667-712-16-56, fax 712-16-53; ext. 111.
<http://dgep.uas.uasnet.mx>

Portada:

Yeimy López Camacho
Irán U. Sepúlveda León

Ilustración:

BodyWorlds: The original exhibition of real human bodies/ Plastinación.
Dr. Gunther Von Hagens. Fotografía: <http://www.bodyworlds.com/>

Corrección de estilo:

Juana María Álvarez Vega

Formación:

Yeimy López Camacho
Irán U. Sepúlveda León

Cuidado de la edición:

Juana María Álvarez Vega
Alma Rebeca Galindo Uriarte

Edición con fines académicos, no lucrativos

Presentación

La edición de *Biología humana y salud* forma parte del programa de apoyo bibliográfico que la Dirección General de Escuelas Preparatorias de la Universidad Autónoma de Sinaloa ha implementado con la finalidad de lograr avances significativos en los programas de estudios del bachillerato universitario. El libro corresponde al quinto semestre del componente básico de tercer grado del nuevo plan de estudios 2009.

La idea que nos motiva en la elaboración de este libro de texto es proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios para entender todo lo referente a la estructura y funcionamiento del cuerpo humano a fin de estar en condiciones de cuidar y mantener la salud por iniciativa propia. Es también nuestro propósito que el libro sea una herramienta básica para los alumnos en el estudio de esta asignatura, así como una guía de enseñanza para el profesor.

Los conocimientos aquí vertidos permitirán a los alumnos tomar conciencia sobre los daños que nosotros mismos podemos causarle al organismo. Esto significa una verdadera motivación para, en consecuencia, desarrollar hábitos para una vida saludable. Así, en cada una unidad se estudiarán algunas enfermedades que actualmente afectan gran parte de la población mundial y, en nuestro país, a miles de mexicanos.

Ahora bien, el libro se estructura en doce unidades, la primera de ellas corresponde a una introducción a la biología humana y salud; las once restantes, a los diversos sistemas y aparatos que constituyen el cuerpo humano. Parte de una evaluación diagnóstica donde se revisarán los conocimientos previos que debe poseer el alumno al inicio del curso.

Al término de cada unidad aparece una autoevaluación cuya finalidad es reflejar el avance que el alumno ha logrado. Además, durante el desarrollo de los contenidos existen pequeñas notas sobre algunas enfermedades o diversos aspectos referentes al tema. Las caracteriza un distintivo representado por la caricatura de un médico.

Al final se presenta una serie de sencillas actividades de laboratorio que complementan el conocimiento del tema. Además, se incluye un glosario que contiene el significado de los términos esenciales para la comprensión de esta asignatura.

Deseamos que el libro les sea de gran utilidad durante el desarrollo del semestre. Esperamos que nos hagan llegar sus observaciones; estamos en la mejor disposición de hacer los cambios y correcciones que se consideren pertinentes.

Los autores

Contenido

Presentación ● 7

Evaluación diagnóstica ● 17

UNIDAD 1. Introducción a la Biología humana y salud

Introducción ● 23

Definición de anatomía y fisiología ● 24

Niveles de organización estructural del cuerpo humano ● 24

Aparatos y sistemas del cuerpo humano ● 27

Ambiente interno y homeostasis ● 30

Regulación de la temperatura corporal ● 30

Términos anatómicos básicos ● 31

 Posición anatómica ● 31

 Nombres de las regiones del cuerpo ● 33

 Cavidades del cuerpo ● 33

Autoevaluación ● 34

UNIDAD 2. Sistema tegumentario

Introducción ● 41

Estructura de la piel ● 41

 Epidermis ● 42

 Dermis ● 43

Bases estructurales del color de la piel ● 44

Estructuras anexas de la piel ● 45

 Pelo ● 45

 Uñas ● 46

 Glándulas de la piel ● 47

Funciones de la piel ● 48

Cáncer de piel ● 49

Envejecimiento y sistema tegumentario ● 50

Autoevaluación ● 53

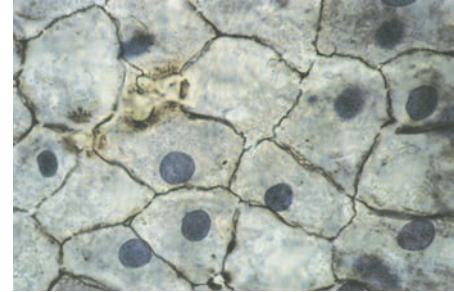
UNIDAD 3. Sistema esquelético

Introducción ● 59

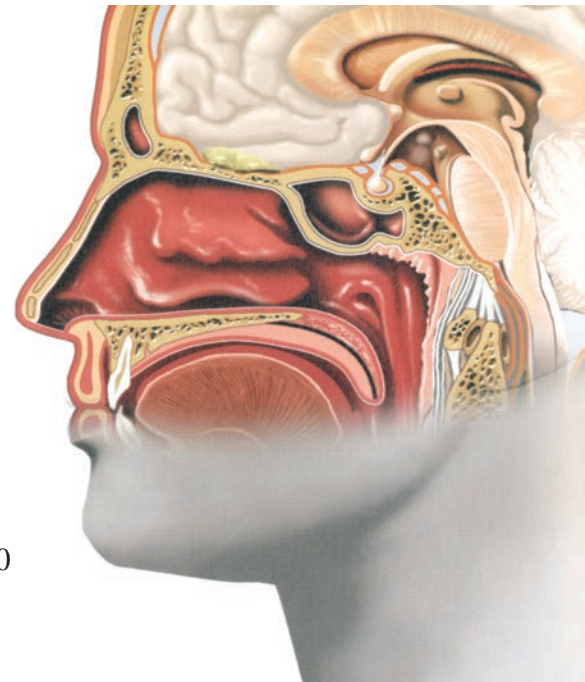
Funciones del sistema esquelético ● 59

Estructura macroscópica y microscópica de los huesos ● 60

 Estructura macroscópica ● 60



- Estructura microscópica • 61
- Cartílago • 62
- Tipos de huesos • 62
- Esqueleto humano • 63
 - Esqueleto axial • 67
 - Cabeza ósea • 67
 - Hueso hioides • 67
 - Huesecillos del oído • 67
 - Columna vertebral • 67
 - Tórax • 69
 - Esqueleto apendicular • 70
 - Cintura escapular • 70
 - Miembros superiores • 70
 - Cintura pelviana • 71
 - Miembros inferiores • 71
- Osteoporosis • 73
- Articulaciones • 75
 - Funciones de las articulaciones • 75
 - Tipos de articulaciones • 76
- Autoevaluación • 79

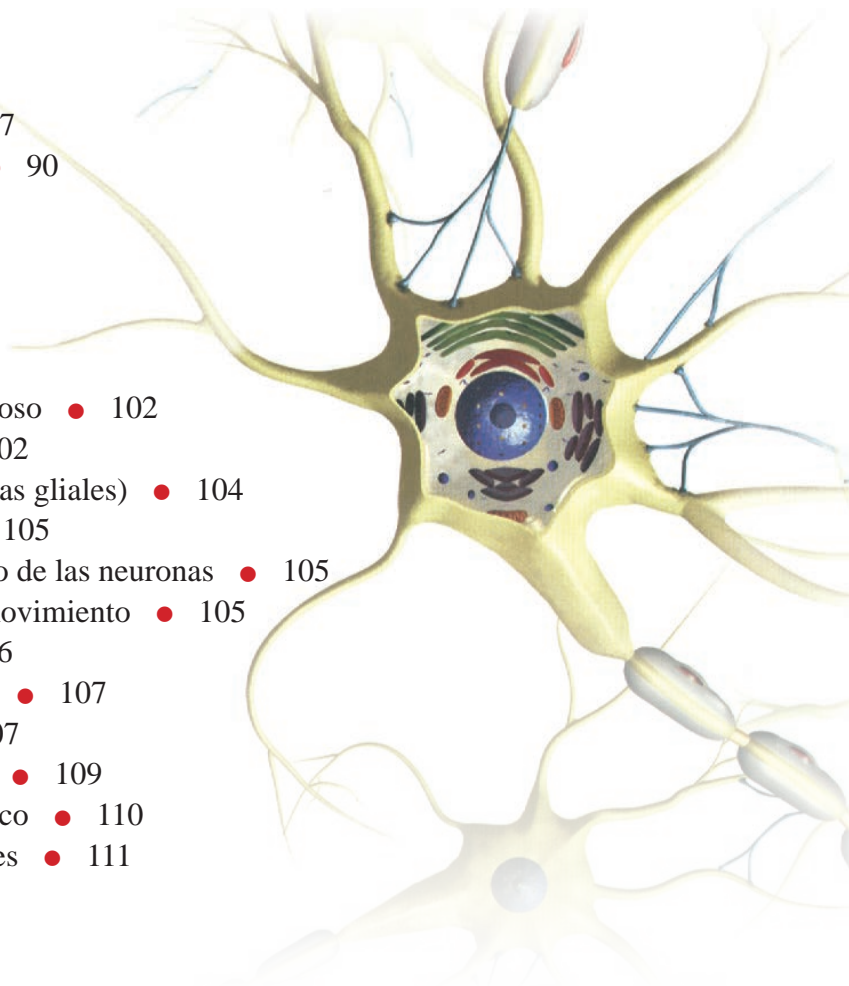


UNIDAD 4. Sistema muscular

- Introducción • 87
- Tipos de músculos • 87
- Contracción muscular • 90
- Ejercicio y salud • 92
- Autoevaluación • 94

UNIDAD 5. Sistema nervioso

- Introducción • 101
- Células del sistema nervioso • 102
 - Neuronas • 102
 - Neuroglía (células gliales) • 104
- El impulso nervioso • 105
 - Estado de reposo de las neuronas • 105
 - El impulso en movimiento • 105
 - Sinapsis • 106
- Sistema nervioso central • 107
 - Encéfalo • 107
 - Médula espinal • 109
- Sistema nervioso periférico • 110
 - Nervios craneales • 111

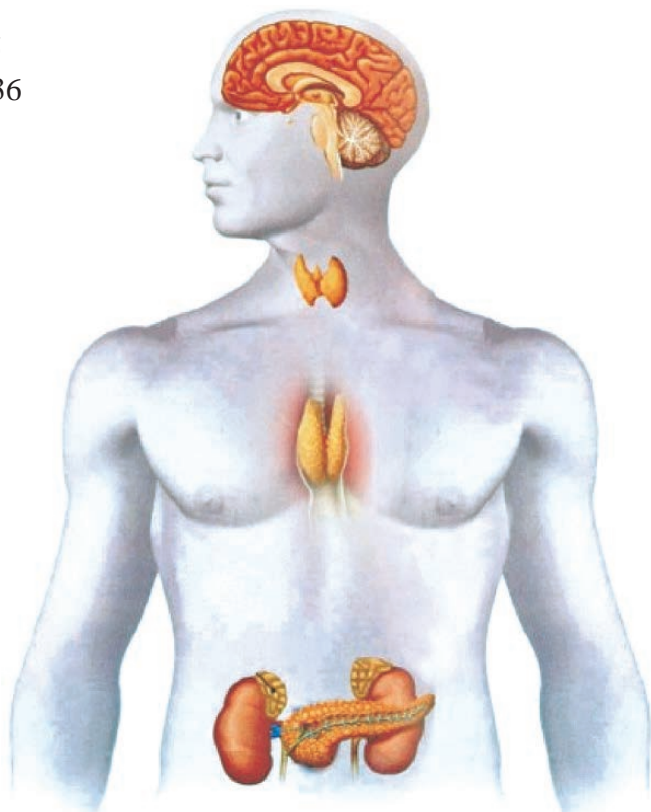


- Nervios espinales ● 113
- Sistema somático ● 113
- Sistema autónomo ● 113
- Algunas drogas y sus efectos en el sistema nervioso ● 115
 - Drogas estimulantes ● 116
 - Drogas depresivas ● 116
 - Cocaína ● 117
 - Crack ● 117
 - Opiáceos ● 118
 - Marihuana ● 119
 - Anfetaminas ● 120
 - Alcohol ● 120
- Autoevaluación ● 123



UNIDAD 6. Sistema endócrino

- Introducción ● 131
- Hormonas ● 131
- Glándulas endócrinas ● 131
 - El hipotálamo y la glándula hipófisis ● 133
 - Glándula tiroides ● 135
 - Glándulas paratiroides ● 135
 - Glándulas suprarrenales ● 136
 - Glándula pineal ● 138
- Timo ● 138
- Páncreas ● 138
 - Diabetes mellitus ● 139
- Gónadas (ovarios y testículos) ● 141
- Autoevaluación ● 142



UNIDAD 7. Aparato digestivo

- Introducción ● 149
- Procesos digestivos ● 149
- Órganos del aparato digestivo ● 150
 - Boca ● 150
 - Dientes ● 150
 - Glándulas salivales ● 151
 - Digestión en la boca ● 153
 - Faringe ● 153
 - Esófago ● 154
 - Estómago ● 154
 - Digestión mecánica y química en el estómago ● 156
 - Absorción en el estómago ● 157

- Órganos accesorios de la digestión ● 157
 - Intestino delgado ● 159
 - Jugo intestinal ● 160
 - Digestión mecánica y química del intestino delgado ● 160
 - Digestión mecánica ● 160
 - Digestión química ● 161
 - Absorción en el intestino delgado ● 162
- Intestino grueso ● 163
 - Excreción de desechos ● 164
- Trastornos alimenticios ● 164
 - Anorexia ● 165
 - Bulimia ● 166
 - Obesidad ● 166
- Autoevaluación ● 168

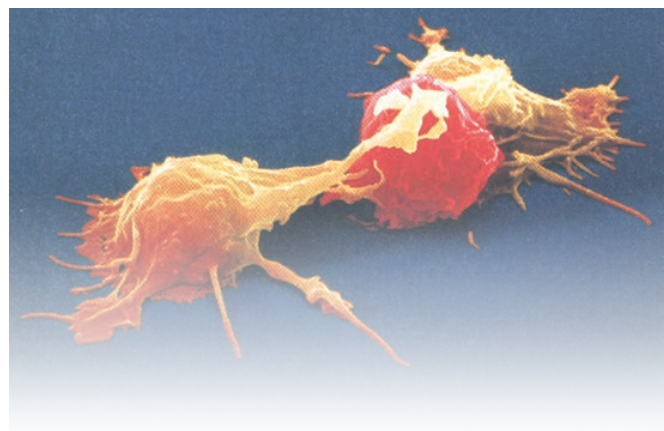


UNIDAD 8. Aparato circulatorio

- Introducción ● 177
- Corazón: estructura y función ● 177
- Presión sanguínea e hipertensión arterial ● 181
- Vasos sanguíneos: arterias, capilares y venas ● 182
- Circulación sanguínea ● 184
 - Circulación pulmonar o menor ● 185
 - Circulación general o mayor ● 185
- La sangre ● 186
 - Plasma sanguíneo ● 187
 - Elementos corpusculares (células sanguíneas) ● 188
 - Origen de los elementos corpusculares ● 189
 - Glóbulos rojos ● 189
 - Glóbulos blancos ● 191
 - Plaquetas ● 191
- Coagulación sanguínea ● 192
- Tipos (grupos) sanguíneos ● 193
 - Receptor y donador universal ● 194
 - Factor Rh ● 195
 - Enfermedad hemolítica del recién nacido ● 195
- Autoevaluación ● 197

UNIDAD 9. Sistema linfático/inmunológico

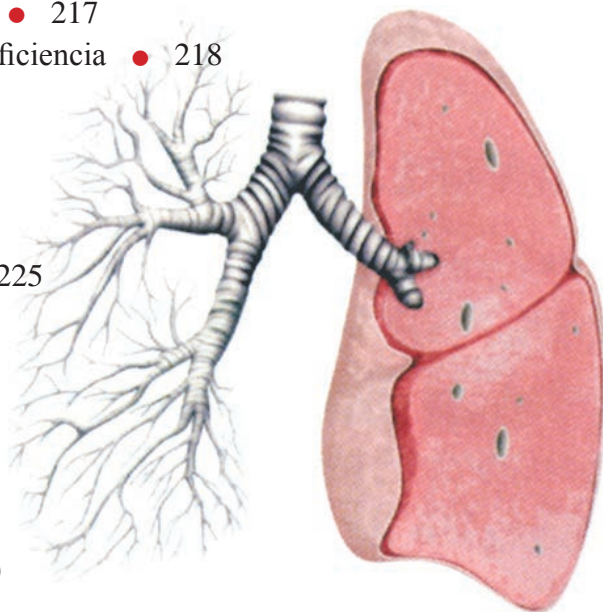
- Introducción ● 205
- Sistema linfático ● 205
 - Linfa ● 206
 - Vasos linfáticos ● 206



Ganglios linfáticos	●	208
Amígdalas	●	208
Bazo	●	208
Timo	●	209
Sistema inmunológico	●	209
Defensas no específicas	●	209
Defensas específicas	●	213
Inmunidad adquirida	●	215
Trastornos del sistema inmunológico	●	216
Alergias	●	217
Enfermedades autoinmunes	●	217
Enfermedades por inmunodeficiencia	●	218
Autoevaluación	●	219

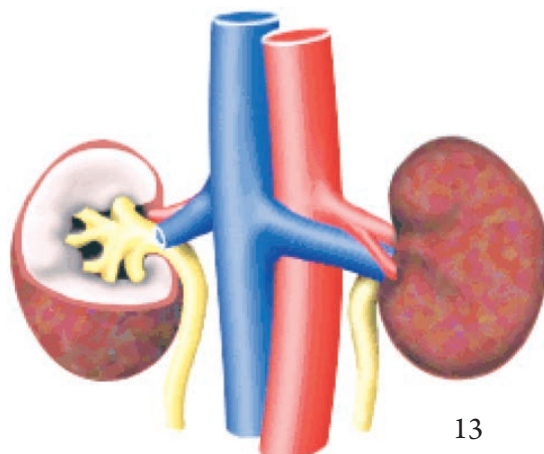
UNIDAD 10. Aparato respiratorio

Introducción	●	225
Órganos del aparato respiratorio	●	225
Nariz	●	225
Faringe	●	226
Laringe	●	226
Bronquios	●	228
Pulmones	●	229
Respiración	●	229
Daños al aparato respiratorio	●	230
Tabaquismo	●	230
Ley antitabaco	●	234
Autoevaluación	●	235



UNIDAD 11. Aparato urinario

Introducción	●	241
Otros órganos excretores	●	242
Órganos del aparato urinario	●	243
Riñones	●	243
Recorrido de la orina	●	245
Formación de la orina	●	245
Uréteres	●	247
Vejiga	●	247
Uretra	●	248
Trasplante de riñón y diálisis	●	248
Autoevaluación	●	250



UNIDAD 12. Aparato reproductor (masculino y femenino)

- Introducción ● 255
- Aparato reproductor masculino ● 255
 - Escroto ● 256
 - Testículos ● 256
 - Espermatogénesis ● 257
 - Espermatozoides ● 258
 - Vías espermáticas ● 258
 - Uretra ● 259
 - Glándulas sexuales accesorias ● 259
 - Pene ● 260
- Funciones del varón en la reproducción ● 261
- Aparato reproductor femenino ● 262
 - Ovarios ● 263
 - Ovogénesis ● 264
 - Trompas uterinas ● 266
 - Útero (matriz) ● 266
 - Vagina ● 268
 - Órganos genitales externos ● 268
- Ciclo reproductor femenino ● 269
 - Fases del ciclo reproductor femenino ● 269
 - La fecundación ● 272
- Glándulas mamarias ● 272
- Relación sexual (acto sexual) ● 275
- Métodos de control de la natalidad ● 275
 - Métodos hormonales ● 275
 - Métodos de barrera ● 276
 - Métodos naturales ● 278
 - Métodos quirúrgicos ● 278
- Autoevaluación ● 280

Actividades de laboratorio ● 287

Glosario ● 313

Bibliografía ● 327

Ilustraciones ● 329



Evaluación diagnóstica



Evaluación diagnóstica

Completa correctamente los siguientes enunciados.

1. Es la unidad más pequeña que conserva las funciones de un ser vivo:

2. Los principales tipos de moléculas de los seres vivos son carbohidratos, _____,
_____ y _____.
3. Los seres vivos están formados principalmente por los siguientes elementos: _____,
_____, _____, _____, _____ y _____.
4. Es la molécula inorgánica más abundante en los seres vivos: _____.
5. La glucosa, sacarosa y el almidón son ejemplos de: _____.
6. Los monómeros de un triglicérido son: _____ y
_____.
7. Las proteínas están formadas por la unión de: _____.
8. Los dos ácidos nucleicos son _____ y _____. Es-
tán formados por la unión de monómeros llamados _____.
9. Las células más sencillas que carecen de núcleo definido y de organelos membranosos
son las _____.
10. Las células más evolucionadas, que ya tienen núcleo y organelos membranosos, son las
_____.
11. _____ es el proceso que realizan las células para obtener ener-
gía en forma de ATP.
12. El _____ es la suma de todas las actividades químicas de un
organismo.
13. La _____ es el estado de equilibrio en el ambiente interno
del organismo.

Enumera en orden de menor a mayor complejidad los niveles de organización dentro de un organismo.

Tejido _____

Molécula _____

Órgano _____

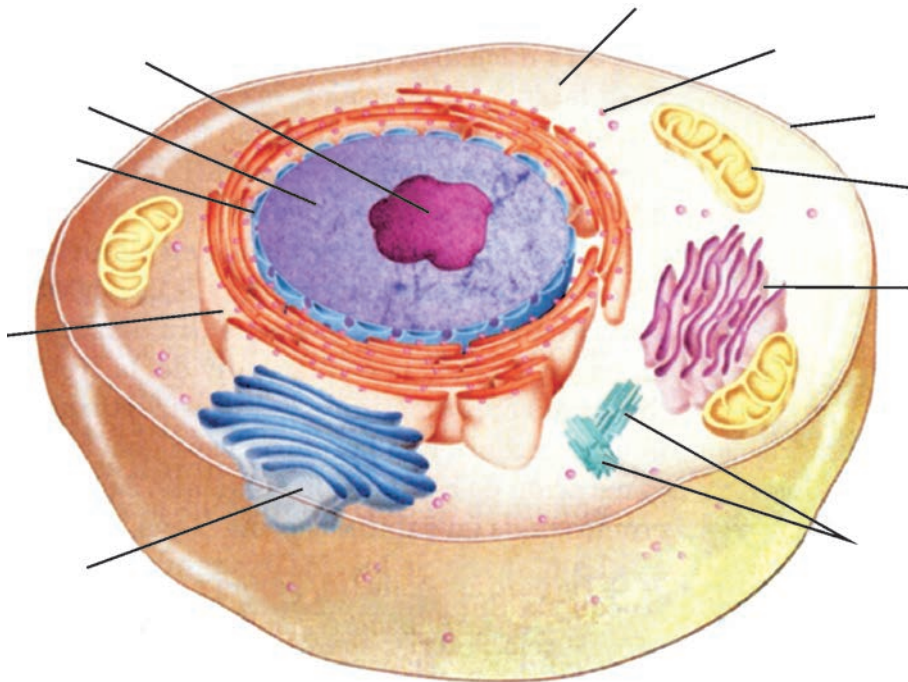
Célula _____

Organelo _____

Organismo _____

Sistema o aparato _____

Anota el nombre de los organelos celulares señalados.



Correlaciona las columnas

() Membrana celular

1. Organelo que contiene la información genética de la célula y controla las funciones celulares.

() Mitocondria

2. Contiene enzimas digestivas, destruye partículas extrañas y realiza la digestión celular.

() Aparato de Golgi

3. Realiza la respiración celular para la obtención de energía.

() Ribosoma

4. Regula la entrada y salida de sustancias a la célula.

() Núcleo

5. Sistema de membranas internas en las que se realiza la síntesis y transporte de lípidos.

() REL

6. En este organelo se lleva a cabo la síntesis de proteínas.

() Lisosoma

7. Empaqueta y secreta moléculas que se producen en la célula.

Subraya la respuesta correcta.

1. Segmento de ADN responsable de una característica hereditaria:

a) Cromosoma	b) Gen
c) Cariotipo	d) Autosoma

2. Alteración que se presenta en los genes:

a) Clonación	b) Mutación
c) Degeneración	d) Transcripción

3. Las características físicas de un organismo son su:

a) Fenotipo	b) Genética
c) Herencia	d) Genotipo

4. Las diferentes formas de un gen se llaman:

a) Factores recesivos	b) Factores dominantes
c) Alelos	d) Híbridos

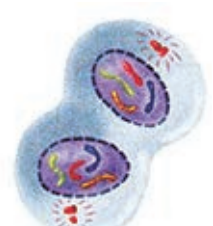
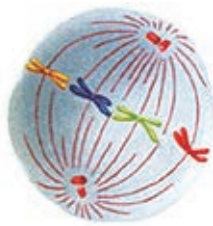
5. Cuando los organismos tienen dos alelos idénticos para un rasgo particular, se dice que son:

a) Heterocigoto	b) Homocigoto
c) Híbridos	d) Dominantes

6. Forma de reproducción celular de la que resultan los gametos (células haploides).

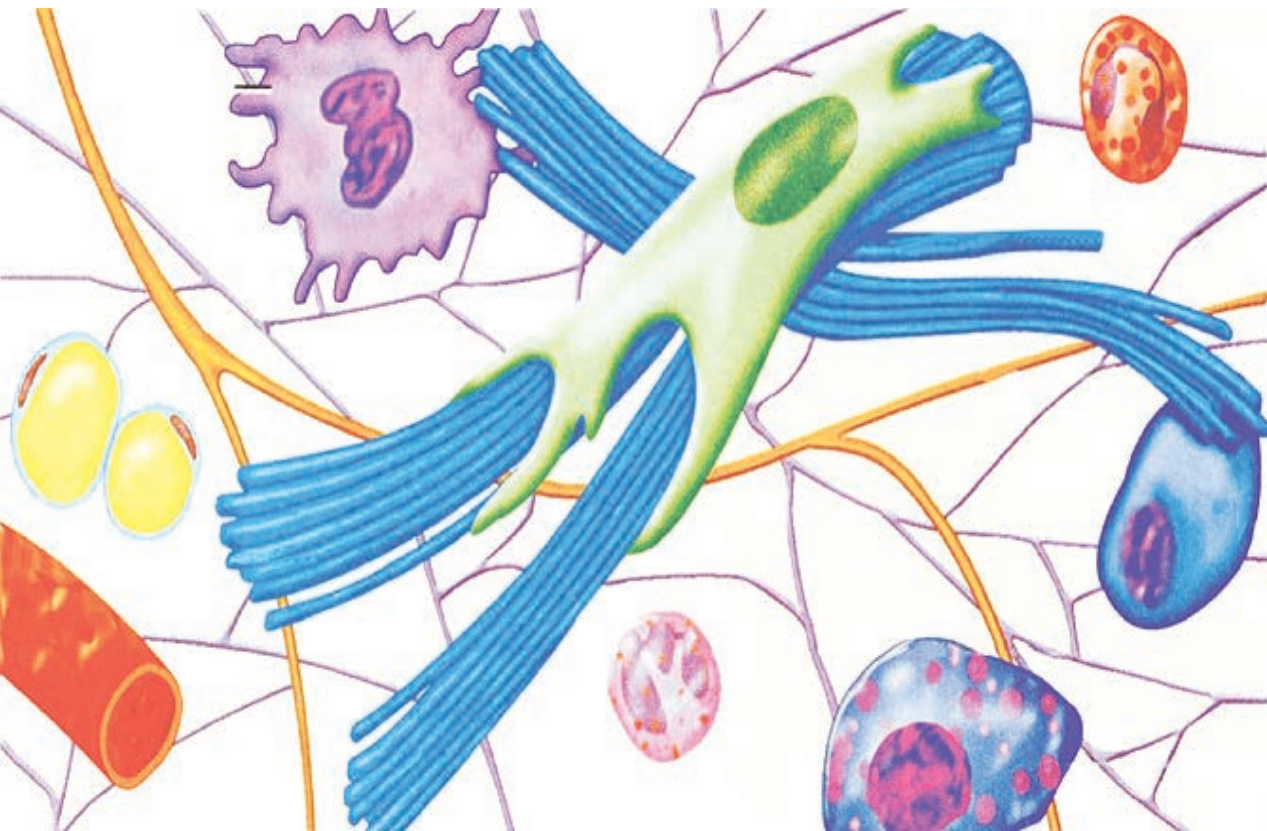
a) Mitosis	b) Meiosis
c) Fisión binaria	d) Gemación

Nombra las fases de la mitosis y explica brevemente qué sucede con el material genético (cromatina) en cada una de ellas.



1

Introducción a la Biología humana y salud



Introducción

Durante la antigüedad, nos dice Ledesma Mateos (2000), el conocimiento del cuerpo fue uno de los problemas de los que más información se acumuló, pues el objetivo era entender cómo está estructurado, cómo se organiza y cómo funciona, es decir, conocer nuestro cuerpo en su totalidad como parte de nuestra realidad y del mundo.

El estudio de nosotros mismos se originó en Grecia, uno de los primeros médicos fue Hipócrates (460-370 aC), quien consideró que una enfermedad era el resultado de causas naturales y seguía un curso determinado, el cual se podía observar y describir y, en algunos casos, aun cambiar. Este fue el principio de la medicina basado en la observación.

Seguidor de Hipócrates fue Galeno (129-199 dC) cuyo aporte a la anatomía fue grande al describir las partes referentes al esqueleto y los músculos. Después de Galeno, la búsqueda de conocimientos acerca de la estructura y las funciones del cuerpo humano disminuyó sensiblemente y vivió un período de adormecimiento por poco más de mil años. Andrés Vesalio (1514-1564), en su corta vida recibió la influencia de Galeno y le dio un fuerte impulso a la investigación acerca de lo que nuestro cuerpo es y hace. A sus 28 años de edad y después de dedicar cinco para escribir y describir, terminó su gran obra: *De humani corporis fabrica* (acerca de la estructura del cuerpo humano), que ha marcado el curso de la búsqueda de conocimientos anatómicos en los tiempos modernos. William Harvey (1578-1657) estudió el funcionamiento del cuerpo, por lo que se le considera el padre de la fisiología. Aportó conocimientos acerca de la circulación de la sangre, pero, además, presentó métodos de estudio que aún son considerados como modelos del método científico.

Es en la obra del fisiólogo francés Claude Bernard (1813-1878), *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a los animales y vegetales*, donde queda definido el concepto de la organización corporal: las células que representan las unidades constitutivas de los tejidos que viven en un medio interior líquido. Todo lo que ocurra en ellas originará un efecto; tendrá una influencia en lo que suceda en cualquiera de las demás en alguna parte distinta del cuerpo del organismo. Por lo tanto, debe de existir un mecanismo de regulación que mantenga la constancia corporal. Bernard es quien concibió la explicación de cómo se encuentra organizado el cuerpo en su conjunto y nos proporciona una perspectiva integral de la forma en que se encuentran interconectadas las distintas partes que lo integran.

Es un principio fisiológico muy conocido que los seres vivos mantienen cierta constancia en su medio interno y que esta es esencial para la salud de todo el organismo. En 1932, Walter B. Cannon dio el nombre de *homeostasis* a

este estado de constancia y equilibrio del medio ambiente interno de los organismos. De aquí se deriva la comprensión de los mecanismos de regulación de las funciones corporales.

A medida que los diversos procesos corporales permanecen dentro de ciertos límites fisiológicos normales, las células del cuerpo funcionan de manera eficiente y se mantiene la salud. Desde 1946, la Organización Mundial de la Salud define el concepto de salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

Todos los seres vivos estamos frente a los dos estados fisiológicamente opuestos, el de la salud y el de la enfermedad; nos acompañan continuamente y pueden cambiar de manera drástica el sentido de nuestras vidas. Enfermedades de tipo congénito; otras propiciadas por las condiciones geográficas y hasta por las condiciones económicas. También son causa de diversas enfermedades algunos hábitos y costumbres de las personas. García, Guevara y Rosas sostienen que el tabaquismo, el alcoholismo, la promiscuidad sexual, el desaseo, la vida sedentaria y la drogadicción son condiciones que afectan la salud y que pueden tener desenlaces fatales. Estas situaciones no dependen de factores externos, sino de la decisión personal de los individuos y la responsabilidad que por sus acciones deben afrontar. Recordemos que la salud también puede ser mantenida por esfuerzo y compromiso propio hacia uno mismo, su familia y la sociedad.

Definición de anatomía y fisiología

La Biología humana es el estudio del cuerpo humano. Esta definición coincide con nuestros propósitos educativos de conocer cómo está organizado y cómo funciona nuestro propio cuerpo. Para esto nos vamos auxiliar de dos ramas de la Biología: la **anatomía** y la **fisiología** humanas.

La **anatomía** (del griego *anatomé*, corte, disección) estudia la estructura, situación y relaciones de las diferentes partes que constituyen el cuerpo humano. Mientras que la **fisiología** (del griego *physiología*, fisiólogo) estudia la manera en que estas partes llevan a cabo sus funciones. La fisiología nos explica como realiza el organismo múltiples actividades, las cuales son la esencia de lo que es la *vida*. Debemos aclarar que cuando se mencionan las “partes” del cuerpo humano nos referimos a los órganos, tejidos o alguna región de éste.

La anatomía y la fisiología deben estudiarse en forma conjunta ya que los conceptos de estructura y función están estrechamente relacionados. Es básico, por ejemplo, conocer la estructura normal de algún órgano, sus detalles finos, para después entender cómo funciona. Es básico saber anatomía para aprender fisiología. El conocer cómo funciona nuestro organismo es fundamental en la vida cotidiana para poder distinguir entre el estado de salud y enfermedad.

El estado de salud depende del cuidado que le demos a nuestro cuerpo partiendo de que se conozca y entienda su estructura y función.

Niveles de organización estructural del cuerpo humano

Los niveles de organización estructural relevantes para comprender la anatomía y la fisiología son seis: el químico, el celular, el tisular, el de órganos, el de aparatos y sistemas y el del organismo. Observa cada uno de estos niveles en la figura 1.5.

El **nivel químico** es el nivel más básico de organización, comprende los átomos y las moléculas. Los átomos son las menores unidades de materia que participan en las reacciones químicas, las moléculas son el resultado de la combinación química de dos o más átomos. Por ejemplo, dos átomos de hidrógeno se combinan con uno de oxígeno y forman una molécula de agua. Otros ejemplos de moléculas que se encuentran en el cuerpo humano son la glucosa, la hemoglobina, el colesterol y el ADN. Algunos átomos tales como carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y azufre (S), son esenciales para el mantenimiento de la vida.

En el **nivel celular**, las moléculas se combinan entre sí para formar células, las unidades estructurales y funcionales básicas de los organismos y las unidades vivas más pequeñas del cuerpo humano. Existen unos 200 tipos diferentes de células en el cuerpo humano. Algunos ejemplos de ellas son las células epiteliales, musculares, nerviosas y sanguíneas.

El siguiente nivel de organización es el **nivel tisular**. Los tejidos son grupos de células y materiales que las rodean, que trabajan en conjunto para cumplir una función particular. Los tejidos del organismo pueden clasificarse en cuatro tipos básicos de acuerdo con su función y su estructura:

- ❖ El **tejido epitelial** o **epitelio** cubre o reviste la superficie del cuerpo y tapiza los órganos huecos, cavidades y los conductos. También da origen a las glándulas que secretan sustancias como el sudor, la saliva, la leche, las hormonas y las enzimas digestivas. Existen diversos tipos de tejido epitelial los cuales realizan una amplia variedad de funciones tales como protección, absorción y secreción. Un ejemplo es la superficie de la piel formada por tejido epitelial o epidermis, que protege de la desecación, de cambios de temperatura y elimina el sudor. En órganos huecos como el estómago, las células epiteliales que tapizan su interior tienen una función secretora (producen moco). Mientras que las del intestino delgado tienen una doble función, secreción de moco y absorción de nutrientes.

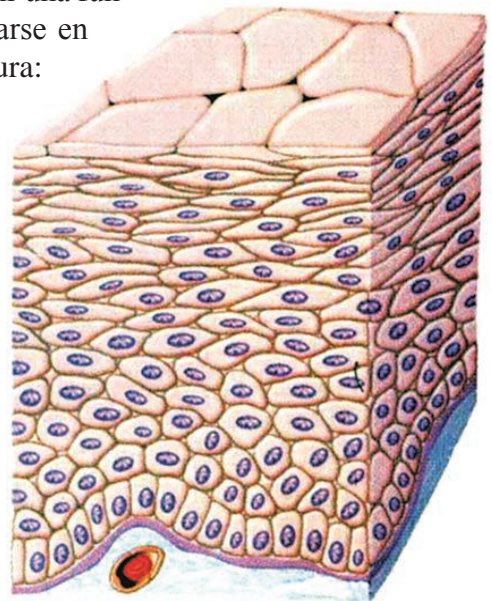


Figura 1.1. Tejido epitelial.

- ❖ El **tejido conectivo** es el tejido que une, sostiene y protege al cuerpo y a sus órganos. Algunos tipos de tejidos conectivos también almacenan energía (como el tejido adiposo), transportan materiales (la sangre) y proporcionan inmunidad (glóbulos blancos) contra microorganismos patógenos. Este tejido conectivo puede ser duro, blando y aun líquido, como la sangre. Los huesos, tendones, cartílagos, tejido adiposo (graso), sangre y linfa son ejemplos de tejido conectivo.

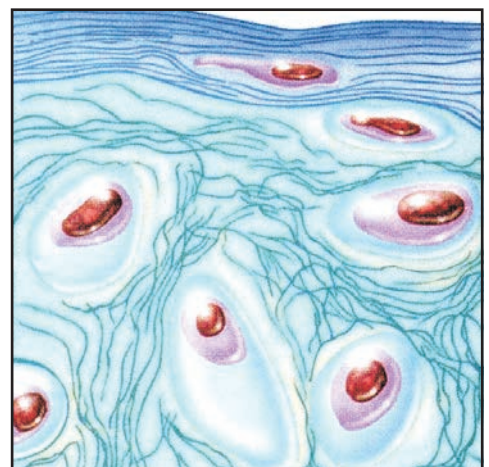


Figura 1.2. Cartílago elástico.



Liposucción

La **liposucción** es un procedimiento quirúrgico que consiste en la succión de pequeñas cantidades de tejido adiposo de varias partes del cuerpo como los muslos, las nalgas, los brazos, las mamas y el abdomen. Las complicaciones postoperatorias posibles son: obstrucción del flujo sanguíneo por un cuerpo graso, infecciones, falta de irrigación, lesión de estructuras externas y dolor postoperatorio intenso.

- ❖ El **tejido muscular** genera la fuerza física necesaria para movilizar las estructuras del cuerpo. Está constituido por células alargadas especializadas en la contracción y generadoras de fuerza. Todo el movimiento de las partes del cuerpo, incluyendo la contracción de órganos internos, es realizada por el tejido muscular. También mantiene la postura, genera calor y brinda protección. Hay tres tipos de tejido muscular: esquelético, cardíaco y liso.
- ❖ El **tejido nervioso** detecta cambios en las condiciones internas del cuerpo y las del entorno, a las cuales responde mediante la generación de impulsos nerviosos que contribuyen a mantener la homeostasis. Este tejido está constituido por dos tipos de células: las neuronas y las células de la neuroglia. El cerebro, la médula espinal, los nervios y los órganos de los sentidos, contienen este tejido.

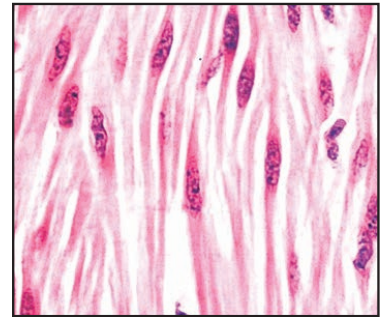


Figura 1.3. Micrografía óptica de tejido muscular liso.

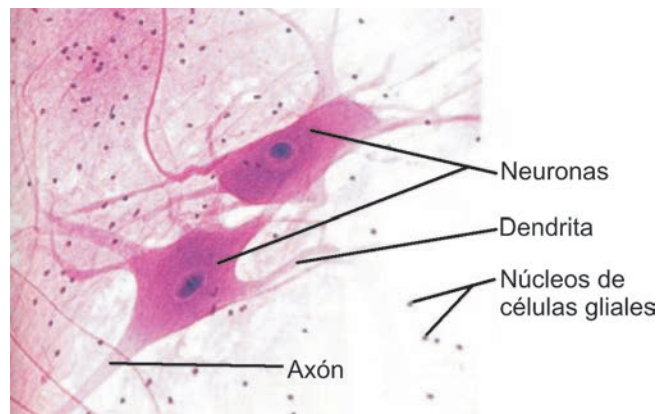


Figura 1.4. Micrografía óptica de tejido nervioso.

Cuando los diferentes tipos de tejidos se unen para formar los diversos órganos del cuerpo, constituyen el siguiente nivel de organización, el **nivel de órganos**. Los órganos son estructuras compuestas por dos o más tipos distintos de tejidos; tienen funciones específicas y generalmente tienen una forma característica. Algunos ejemplos de órganos son la piel, los huesos, los pulmones, el cerebro y el estómago. Este último está constituido de afuera hacia dentro por los siguientes tipos de tejidos: una capa de tejido epitelial y conectivo que forma una cubierta llamada serosa; enseguida, tres capas de tejido muscular liso y, por último, la capa más interna formada por tejido epitelial glandular, productor de sustancias químicas como el pepsinógeno, que participa en la digestión de los alimentos.

El siguiente nivel de organización estructural del cuerpo es el **nivel de aparatos y sistemas**. Un aparato o sistema está formado por órganos relacionados entre sí con una función en común. La diferencia entre sistema y aparato es que el sistema se forma por órganos donde predomina un tejido (como el sistema nervioso o muscular) y el aparato no. Cabe aclarar que esta distinción entre sistema y aparato se realiza solamente en los países de habla hispana, como el nuestro. Un ejemplo

de aparato es el digestivo, constituido por el estómago y otros órganos, cada uno de los cuales desempeña actividades específicas que contribuyen a la función en común, en este caso, efectuar la digestión de los alimentos, absorción de nutrientes y eliminación de restos no utilizables.

Por último tenemos el nivel más alto de organización, el nivel de organismo. En este nivel, los sistemas y aparatos funcionan juntos de manera coordinada constituyendo un organismo, en este caso, una persona viva.

Aparatos y sistemas del cuerpo humano

Como ya se vio en el tema anterior, los diversos órganos que conforman el cuerpo humano están organizados en 11 aparatos y sistemas, y aunque cada uno de ellos realiza una serie diferente de funciones, todos trabajan en conjunto para mantener la salud, proteger de la enfermedad y permitir la reproducción de la especie humana. Un aspecto fundamental para que estas funciones se realicen de manera favorable es el que se mantenga la homeostasis del organismo, es decir, mantener un ambiente interno controlado y estable. En la figura 1.6 se ilustran los 11 aparatos y sistemas, que serán estudiados como a continuación se sugiere:

- ❖ Sistemas de protección, soporte y movimiento: tegumentario, esquelético y muscular.
- ❖ Sistemas de regulación del cuerpo humano: nervioso y endocrino.
- ❖ Aparatos de mantenimiento del cuerpo humano: digestivo, circulatorio (sistema linfático/inmunitario), respiratorio y urinario.
- ❖ Aparatos de continuidad: reproductores masculino y femenino.

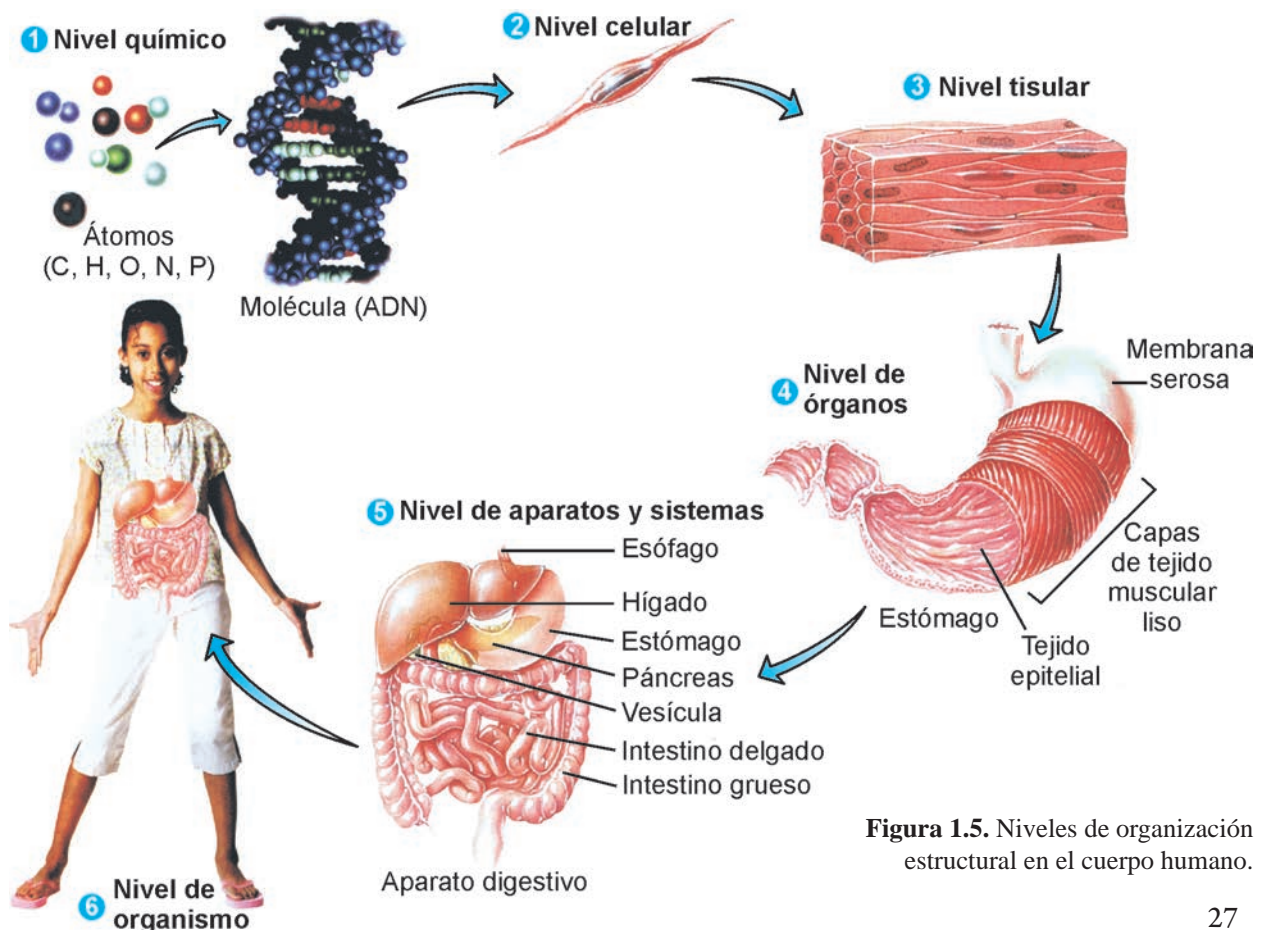


Figura 1.5. Niveles de organización estructural en el cuerpo humano.

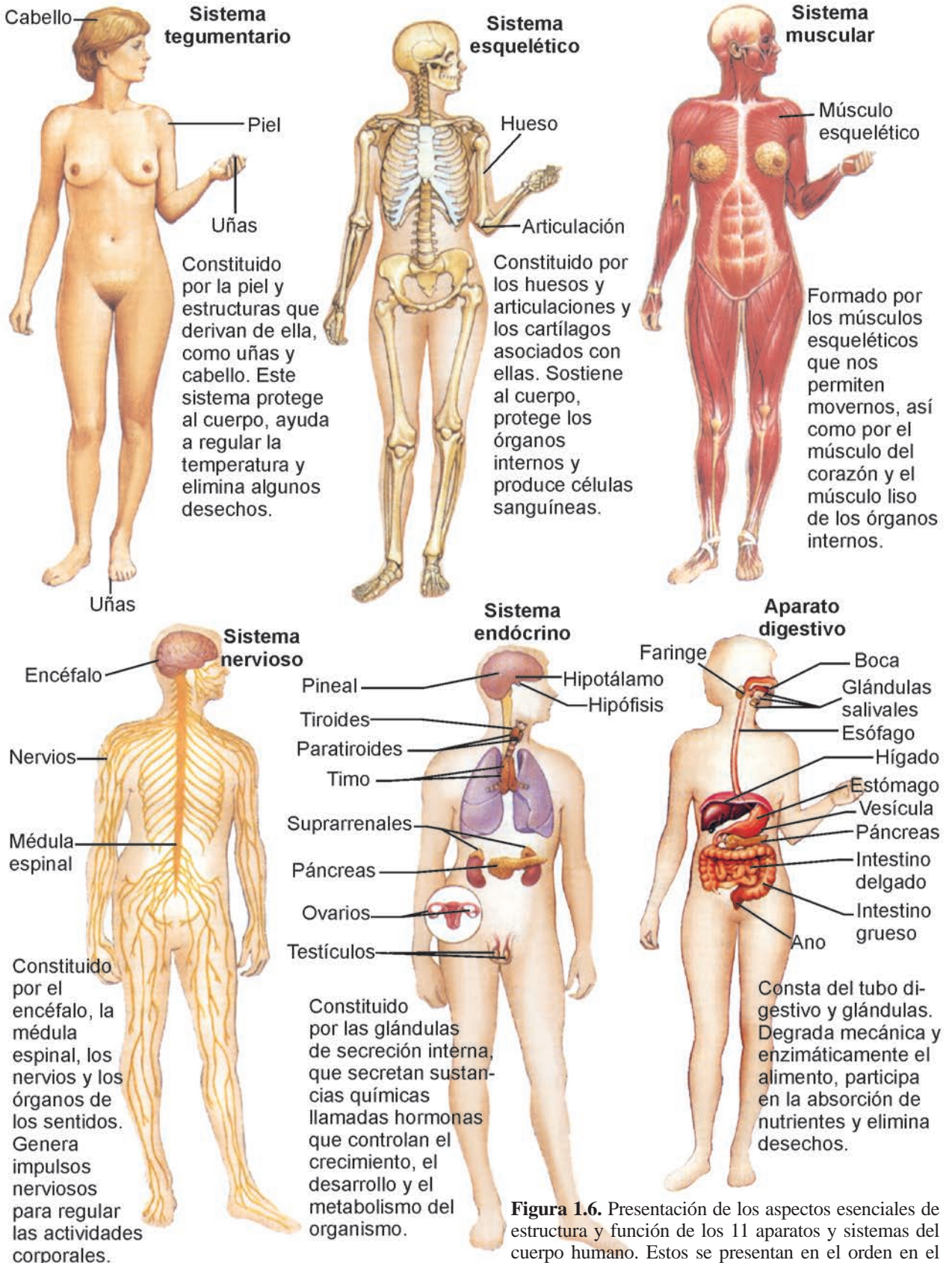
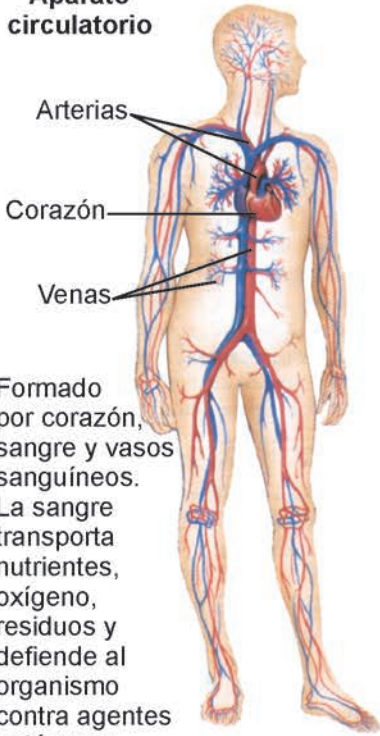


Figura 1.6. Presentación de los aspectos esenciales de estructura y función de los 11 aparatos y sistemas del cuerpo humano. Estos se presentan en el orden en el cual serán estudiados en unidades posteriores.

Aparato circulatorio



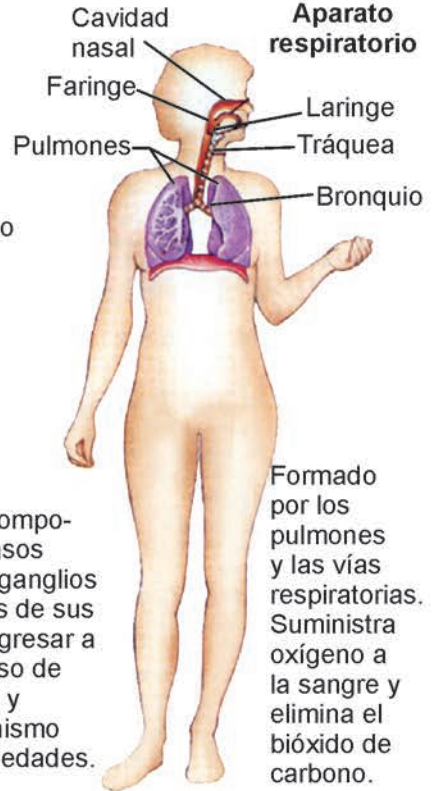
Formado por corazón, sangre y vasos sanguíneos. La sangre transporta nutrientes, oxígeno, residuos y defiende al organismo contra agentes patógenos.

Sistema linfático/inmunitario



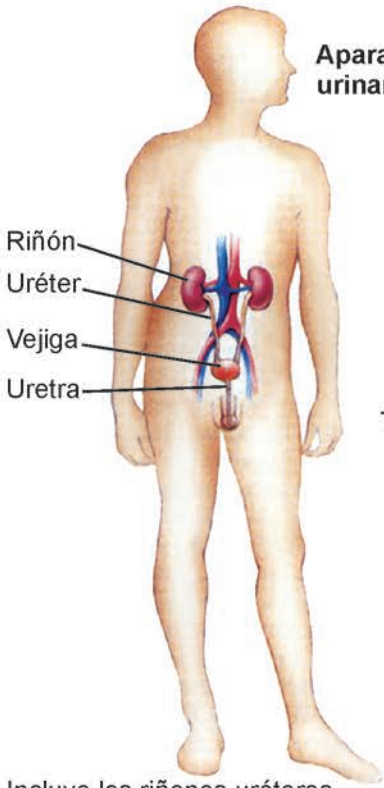
Sus principales componentes son los vasos linfáticos, linfa y ganglios linfáticos. Algunas de sus funciones son: regresar a la sangre el exceso de líquido intersticial y defender al organismo contra las enfermedades.

Aparato respiratorio



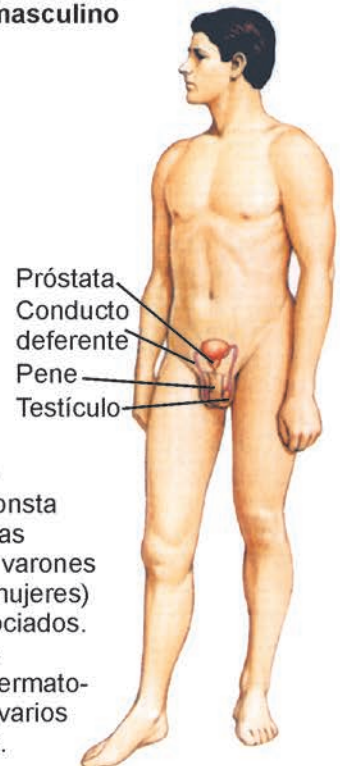
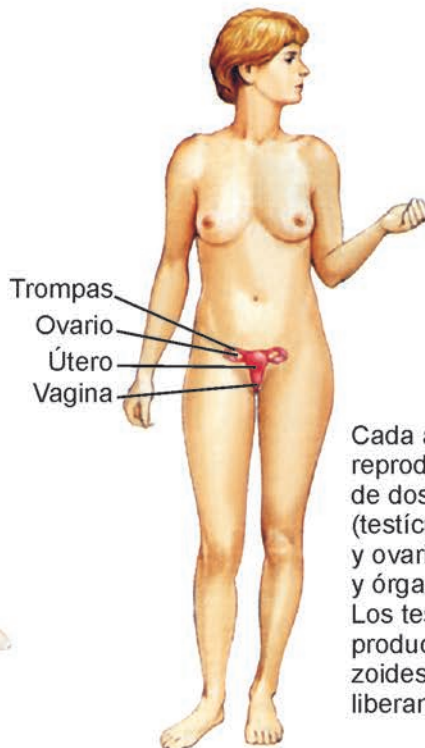
Formado por los pulmones y las vías respiratorias. Suministra oxígeno a la sangre y elimina el bióxido de carbono.

Aparato urinario



Incluye los riñones uréteres, vejiga y uretra. Produce, almacena y elimina la orina.

Aparatos reproductores femenino y masculino



Cada aparato reproductor consta de dos gónadas (testículos en varones y ovarios en mujeres) y órganos asociados. Los testículos producen espermatozoides y los ovarios liberan óvulos.

Ambiente interno y homeostasis

Ambiente interno y homeostasis son dos aspectos muy relacionados y, a su vez, son temas muy importantes para la fisiología humana. Veamos con detalle de qué tratan.

La unidad funcional básica del cuerpo es la célula, el cuerpo de un adulto de tamaño promedio está constituido por unos 100 billones de ellas. Todas las células del cuerpo viven bañadas en un líquido que se desplaza por los espacios microscópicos que existen entre ellas. Este líquido que baña constantemente la parte externa de las células es el líquido extracelular (LEC), que se conoce como el **ambiente interno** del cuerpo ya que en él viven las células. El LEC se encuentra en dos sitios principales: el espacio entre las células donde recibe el nombre de **líquido intersticial** y el que se encuentra dentro de los vasos sanguíneos se llama **plasma**. El buen funcionamiento de las células del cuerpo depende de que el ambiente interno se mantenga en condiciones relativamente constantes a pesar de los cambios continuos en el ambiente exterior. Este estado de constancia o de equilibrio en el ambiente interno se llama **homeostasis**.

Todas las estructuras del organismo, desde el nivel celular hasta el de aparatos y sistemas, contribuyen de alguna manera para mantener el ambiente interno dentro de sus límites normales de composición química, presión osmótica, pH, temperatura, etc.

La homeostasis del cuerpo se ve continuamente alterada, algunas de las alteraciones provienen del medio externo (fuera del cuerpo) en forma de agresiones físicas, como el calor intenso de verano de nuestra ciudad o la falta de oxígeno suficiente para una carrera de 3 kilómetros. Otras alteraciones se originan en el medio ambiente interno (dentro del cuerpo), por ejemplo, la disminución de glucosa en la sangre cuando la persona no desayuna.

La homeostasis también se puede alterar por presiones psicológicas del ambiente social tales como los problemas en el trabajo o en la escuela. En la mayoría de los casos, la ruptura de la homeostasis es leve y temporal, y las respuestas de las células restauran con rapidez el equilibrio en el medio interno. En otros casos, la ruptura de la homeostasis puede ser grave y prolongada, como ocurre en los envenenamientos, la exposición a temperaturas extremas o las infecciones graves. En estos últimos casos si la homeostasis no se restablece, la persona puede morir.

Por suerte, el cuerpo posee muchos sistemas de regulación homeostática. El sistema nervioso y el sistema endocrino, en conjunto o por separado, toman las medidas correctivas necesarias cuando la homeostasis ha sido interrumpida. El sistema nervioso regula la homeostasis por medio de impulsos nerviosos y el sistema endocrino por medio de las hormonas. Ambos tipos de regulación actúan sobre todo a través de sistemas de **retroinhibición** o **retroalimentación negativa**, que consiste en un proceso por el que un estímulo produce una respuesta que se opone al estímulo original. Enseguida revisaremos cómo el organismo regula la temperatura corporal por retroinhibición negativa.

Regulación de la temperatura corporal

La temperatura corporal considerada normal es la de 37°C. Los límites de temperatura para el cuerpo humano son muy estrechos: la muerte sobreviene, por lo general, sobre los 43°C o por debajo de los 25°C. Por esto, el mantenimiento de una temperatura corporal estable es muy importante ya que puede ser asunto de vida o muerte. El cuerpo regula la temperatura por

retroinhibición de la siguiente manera: una parte del encéfalo, el hipotálamo, contiene células nerviosas que supervisan tanto la temperatura de la piel en la superficie del cuerpo como la de los órganos en el interior del cuerpo. La temperatura del interior es, en general, más elevada que la de la piel.

Si las células nerviosas perciben que la temperatura del interior ha disminuido muy por debajo de 37°C, el hipotálamo produce sustancias que envían señales a las células de todo el cuerpo para que aceleren todas sus actividades. El calor que produce este aumento en la actividad celular genera un incremento gradual en la temperatura corporal, que es detectado por las células nerviosas del hipotálamo. Esta retroacción inhibe la producción de las sustancias químicas que aceleraron la actividad celular e impide que la temperatura del cuerpo se eleve a un nivel peligroso. Otra medida del hipotálamo es la de enviar sustancias químicas que transmiten señales a los músculos que están debajo de la piel para que se contraigan involuntariamente produciéndose así los temblores o escalofríos, que generan calor.

En caso contrario, si la temperatura del cuerpo se eleva muy por encima de los 37°C, el hipotálamo reduce la actividad celular, disminuyendo así la producción de calor. También el hipotálamo manda impulsos nerviosos a las glándulas sudoríparas de la piel para que, en la superficie de esta, secreten un líquido conocido como sudor. El sudor se evapora eliminándose así el exceso de calor del cuerpo.

Términos anatómicos básicos

El cuerpo humano, al igual que todos los vertebrados, tiene simetría bilateral. Los lados izquierdo y derecho del cuerpo son casi imágenes de espejo de uno con respecto al otro. Sin embargo, la simetría bilateral no es perfecta, especialmente dentro del cuerpo. Por ejemplo, los dos lados del aparato digestivo son muy diferentes. Invariablemente, los lados derecho e izquierdo de tu cara muestran pequeñas diferencias. Los seres humanos, al igual que otros animales con simetría bilateral, tienen un alto grado de cefalización, es decir, que tienen concentrados los órganos de los sentidos y otras estructuras de control corporal, en la cabeza o región anterior. El hecho de que tus ojos, oídos, nariz, boca y cerebro estén todos localizados en tu cabeza es un ejemplo de cefalización en humanos.

Los profesionales de la salud, como los médicos, emplean un lenguaje común de términos especiales para referirse a las estructuras y funciones del cuerpo. El lenguaje anatómico que utilizan tiene significados precisos que les permite una comunicación clara y precisa, evitando así una serie de confusiones.

Posición anatómica

En todos los libros de anatomía, las descripciones de cualquier región o parte del cuerpo humano dan por hecho que el cuerpo está en una posición específica llamada **posición anatómica**. En esta posición, la persona está erguida de cara al observador, con la cabeza y los ojos mirando hacia delante. Los pies están apoyados en el piso, dirigidos hacia delante y los brazos a los costados del cuerpo con las palmas hacia el frente (figura 1.7).

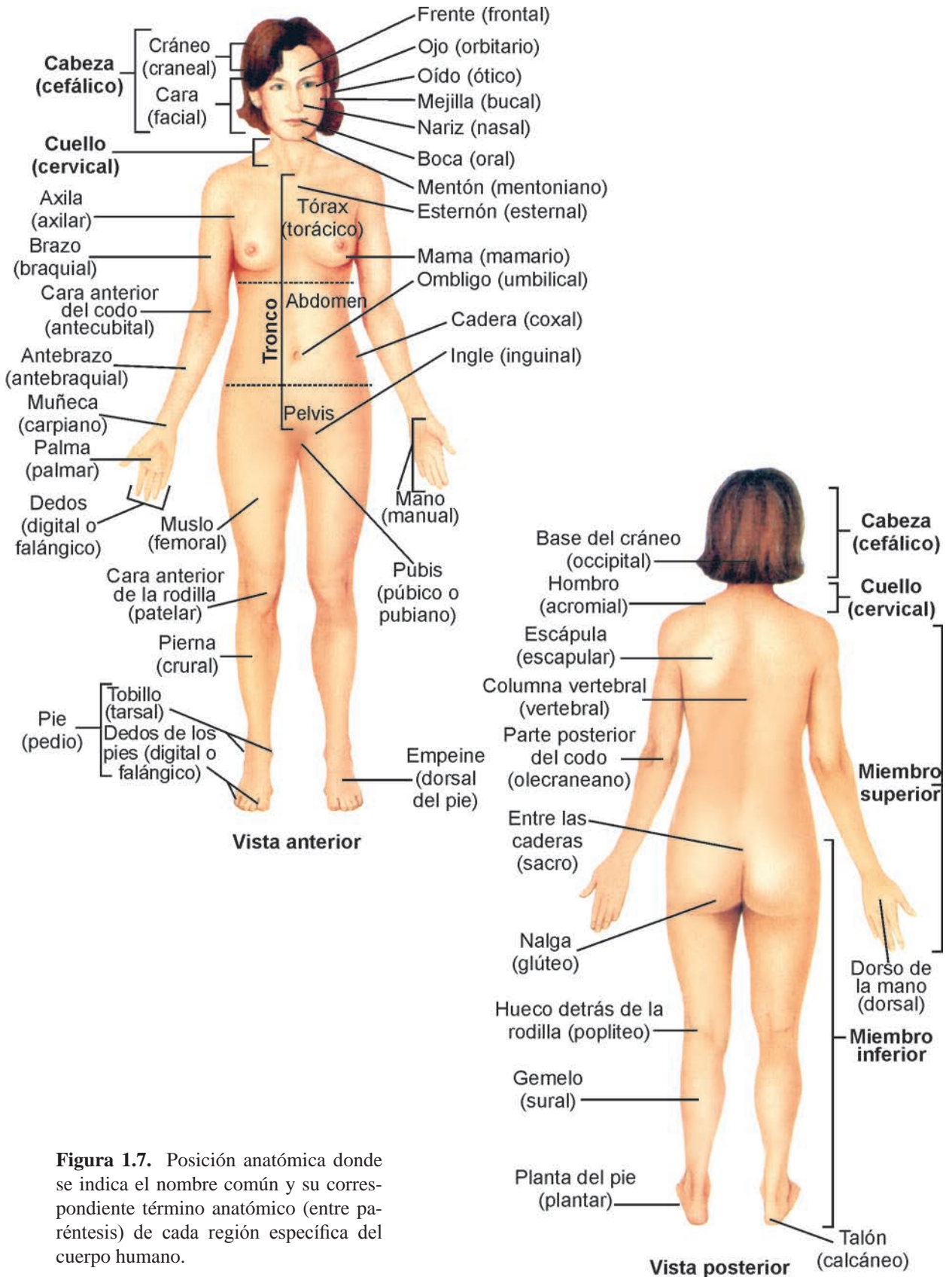


Figura 1.7. Posición anatómica donde se indica el nombre común y su correspondiente término anatómico (entre paréntesis) de cada región específica del cuerpo humano.

Nombres de las regiones del cuerpo

El cuerpo humano se divide en varias regiones principales que pueden identificarse a simple vista: la **cabeza**, el **cuello**, el **tronco**, los **miembros superiores** y los **miembros inferiores**. La cabeza está formada por el cráneo y la cara. El cráneo contiene y protege el encéfalo; la cara es la parte frontal de la cabeza que incluye ojos, nariz, boca, frente, pómulos y mentón. El cuello soporta el peso de la cabeza y la une con el tronco. El tronco está formado por el tórax, el abdomen y la pelvis. Cada miembro superior está unido al tronco y está formado por el hombro, la axila, el brazo (la parte del miembro que se extiende desde el hombro hasta el codo), el antebrazo (va del codo hasta la muñeca), muñeca y mano. Cada miembro inferior está unido también al tronco y está formado por la nalga, el muslo (porción del miembro desde la nalga hasta la rodilla), pierna (va de la rodilla hasta el tobillo), tobillo y pie.

Cavidades del cuerpo

Las cavidades del cuerpo son espacios dentro del mismo que protegen, separan y dan sostén a los órganos internos. Las cavidades más importantes son: la **cavidad craneana** formada por los huesos del cráneo y contiene al cerebro. El **conducto vertebral** o **espinal** constituido por los huesos de la columna vertebral y que contiene a la médula espinal.

En el tronco las principales cavidades son la torácica y la abdominopelviana. Estas dos cavidades se encuentran separadas por el músculo llamado diafragma. La **cavidad torácica** está formada por las costillas, músculos pectorales, esternón y la porción torácica de la columna vertebral. Dentro de ella hay tres cavidades menores: la pericárdica, un espacio lleno de líquido que rodea al corazón y dos cavidades pleurales, cada una de las cuales rodea un pulmón y contiene una pequeña cantidad de líquido. La parte central de la cavidad torácica, el mediastino, se localiza entre los pulmones y se extiende desde el esternón hasta la columna vertebral, y desde el cuello hasta el diafragma. El mediastino contiene todos los órganos torácicos excepto a los propios pulmones, lo que incluye al corazón, el esófago, la tráquea, el timo y grandes vasos sanguíneos.

La **cavidad abdominopelviana** se extiende desde el diafragma hasta la ingle y está rodeada por la pared abdominal, los huesos y músculos de la pelvis. Esta cavidad está dividida en dos partes, aunque entre ellas no hay ninguna pared. La porción superior, la **cavidad abdominal**, contiene el estómago, el bazo, el hígado, la vesícula, el intestino delgado y la mayor parte del intestino grueso. La porción inferior, la **cavidad pelviana**, contiene la vejiga, partes del intestino grueso y los órganos del sistema reproductor. Todos los órganos que se encuentran dentro de la cavidad torácica y la abdominopelviana se llaman **vísceras**.

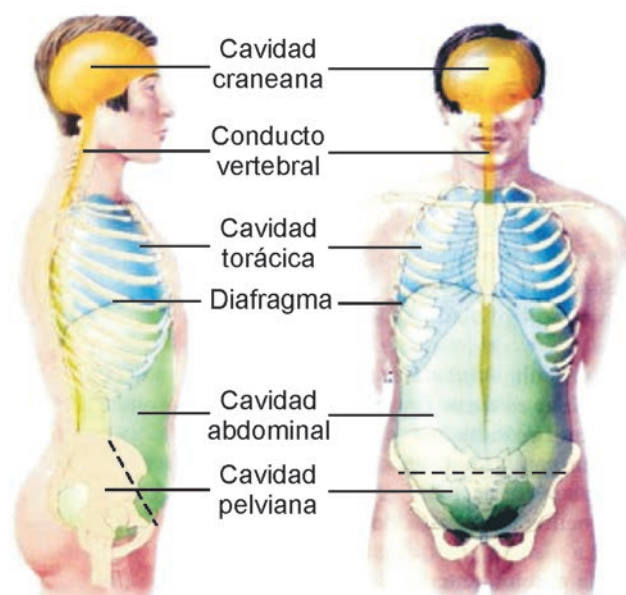


Figura 1.8. Localización de las principales cavidades del cuerpo humano.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. Un _____ es un grupo de células similares que ejercen una función específica.
2. El líquido extracelular (LEC) que se encuentra rodeando a las células se llama _____, mientras que el que se localiza dentro de los vasos sanguíneos se denomina _____.
3. Los sistemas de regulación del cuerpo son _____ y _____.
4. El tejido nervioso está constituido por dos tipos de células: las neuronas y las células de la _____.
5. En el nivel _____, los sistemas y aparatos funcionan juntos de manera coordinada.
6. El sistema _____ está formado por corazón, sangre y _____.
7. La posición anatómica es con las palmas de las manos hacia _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

8. La anatomía estudia la estructura, ubicación y relaciones de las diferentes partes que constituyen el cuerpo humano. ()
9. Las unidades vivas más pequeñas del cuerpo humano son las moléculas. ()
10. Algunas moléculas que se encuentran en tu organismo son la hemoglobina, la glucosa, el colesterol, el ADN. ()
11. La sangre es un ejemplo de tejido conectivo. ()
12. Los huesos, los pulmones, el cerebro, el corazón, el intestino delgado son ejemplos de tejidos. ()
13. La temperatura del interior de tu organismo es en general más elevada que la de la piel. ()

Contesta las siguientes preguntas:

14. ¿Cuáles son los cuatro tipos de tejidos en tu organismo?

15. ¿De qué otra manera se le conoce a la retroalimentación negativa?

16. ¿Qué cavidad contiene las siguientes vísceras: estómago, bazo, hígado, vesícula, intestino delgado y la mayor parte del intestino grueso?

17. Escribe los términos anatómicos a los siguientes términos comunes de las regiones del cuerpo humano.

Empeine _____

Cadera _____

Cara anterior de la rodilla _____

Tobillo _____

Cara _____

Muñeca _____

Pierna _____

18. ¿Qué tipo de tejido es la sangre?

Elige la respuesta correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

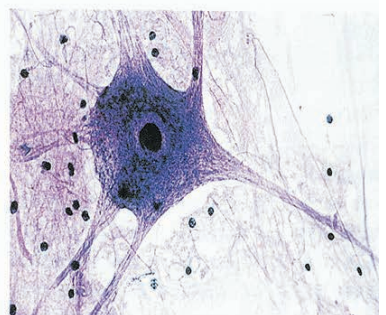
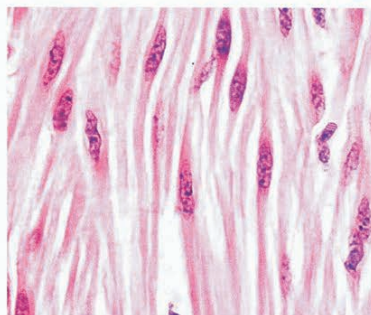
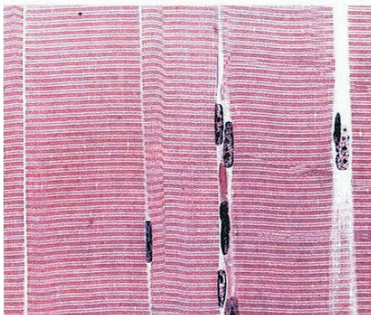
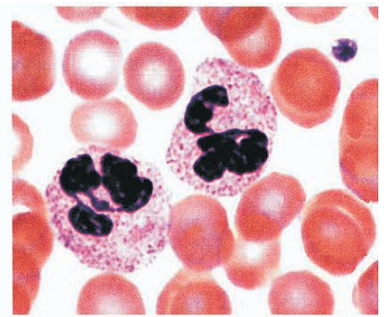
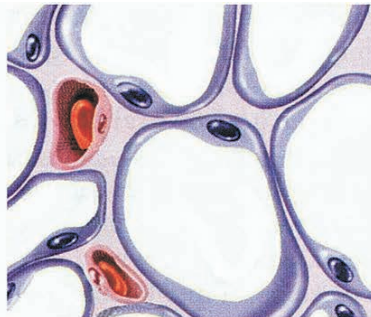
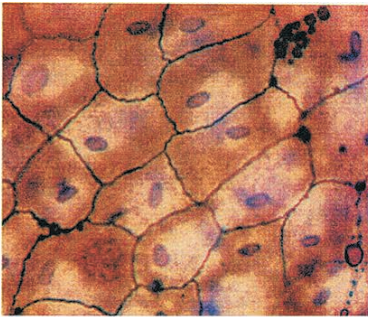
19. Rama de la biología que nos explica cómo el organismo realiza sus múltiples actividades.

- | | |
|----------------|---------------|
| a) Urología | b) Fisiología |
| c) Anatomía | d) Patología |
| e) Embriología | |

20. Es el nivel más básico de organización de los seres vivos.

- | | |
|---------------------------|---------------|
| a) Tisular | b) Celular |
| c) Químico | d) De órganos |
| e) De aparatos y sistemas | |

21. Tejido que cubre o reviste la superficie del cuerpo y tapiza los órganos huecos, las cavidades y los conductos.
- a) Conectivo
 - b) Muscular
 - c) Nervioso
 - d) Epitelial
 - e) Adiposo
22. Es el estado de equilibrio o de constancia en el ambiente interno de las células del cuerpo.
- a) Retroinhibición
 - b) Homeostasis
 - c) Hematopoyesis
 - d) Hematosis
 - e) Hemólisis
23. Sistema constituido por las glándulas de secreción interna que secretan hormonas para controlar el crecimiento, el desarrollo y el metabolismo del organismo.
- a) Tegumentario
 - b) Nervioso
 - c) Endocrino
 - d) Digestivo
 - e) Circulatorio
24. **Anota debajo de cada fotografía el tipo de tejido que se muestra: epitelial, conectivo, muscular o nervioso.**



Aplicación de conceptos

25. Observa la siguiente célula y compárala con las células de otros tipos de tejido. ¿Qué partes de tu organismo contienen este tipo de células?



26. A continuación se te enlistan algunas ramas de la anatomía y de la fisiología, escribe dentro del paréntesis una A cuando sea una rama de la anatomía o una F cuando sea de la fisiología.

Neurofisiología	()
Endocrinología	()
Embriología	()
Inmunología	()
Radiología	()
Patología	()
Histología	()

27. Enseguida se te muestran dos casos de sistemas de retroalimentación, escribe si es negativa o positiva.

Caso 1.

Cuando comienza el trabajo de parto, el cuello uterino se dilata (estímulo) y las fibras nerviosas sensibles al estiramiento localizadas en el cuello uterino (receptores) envían impulsos nerviosos al cerebro (centro regulador). El cerebro responde liberando oxitocina, la cual estimula al útero (efector) para contraerse con mayor fuerza (respuesta). El movimiento del feto dilata el cuello uterino, se libera más oxitocina y aumenta la fuerza de las contracciones. El ciclo finaliza cuando nace el bebé. _____

Caso 2.

Si un estímulo provoca aumento en la presión arterial, las células nerviosas sensitivas a los cambios de presión localizados en los vasos sanguíneos, envían impulsos al encéfalo y éste, a su vez, al corazón. Como resultado, la frecuencia cardíaca desciende y la presión sanguínea arterial baja a sus valores normales, por lo que se restaura la homeostasis. _____

Construye y aprende

28. Dibuja los once aparatos y sistemas de tu organismo, cada uno en una hoja tamaño carta, señalándole los órganos que lo constituyen. Redacta en la parte inferior de cada uno sus principales funciones.

Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8a edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11a edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

2

Sistema tegumentario



Introducción

El **sistema tegumentario** está integrado por la piel y sus estructuras anexas: pelo, uñas, y glándulas cutáneas como las glándulas sebáceas y las glándulas sudoríparas. La palabra *tegumento* proviene del latín y significa “cubrir”.

La piel cubre la superficie externa del cuerpo y es el límite que separa a éste del mundo exterior. La piel es el órgano más extenso del cuerpo, en los adultos, abarca una superficie de alrededor de 2 m² y pesa de 4.5 a 5 kg, que equivale a 16% del peso corporal total. Su espesor varía desde 0.5 mm en los párpados, hasta 4 mm en el talón, en la mayor parte del cuerpo mide de 1 a 2 mm.

El sistema tegumentario desempeña importantes funciones tales como la regulación de la temperatura corporal y la excreción, esenciales para la supervivencia.

Estructura de la piel

Desde el punto de vista estructural, la piel consta de dos partes principales: la **epidermis**, que es externa y delgada; y la **dermis**, que es interna y gruesa. Bajo la dermis se encuentra una capa subcutánea de grasa (la hipodermis), que fija la dermis a los órganos.

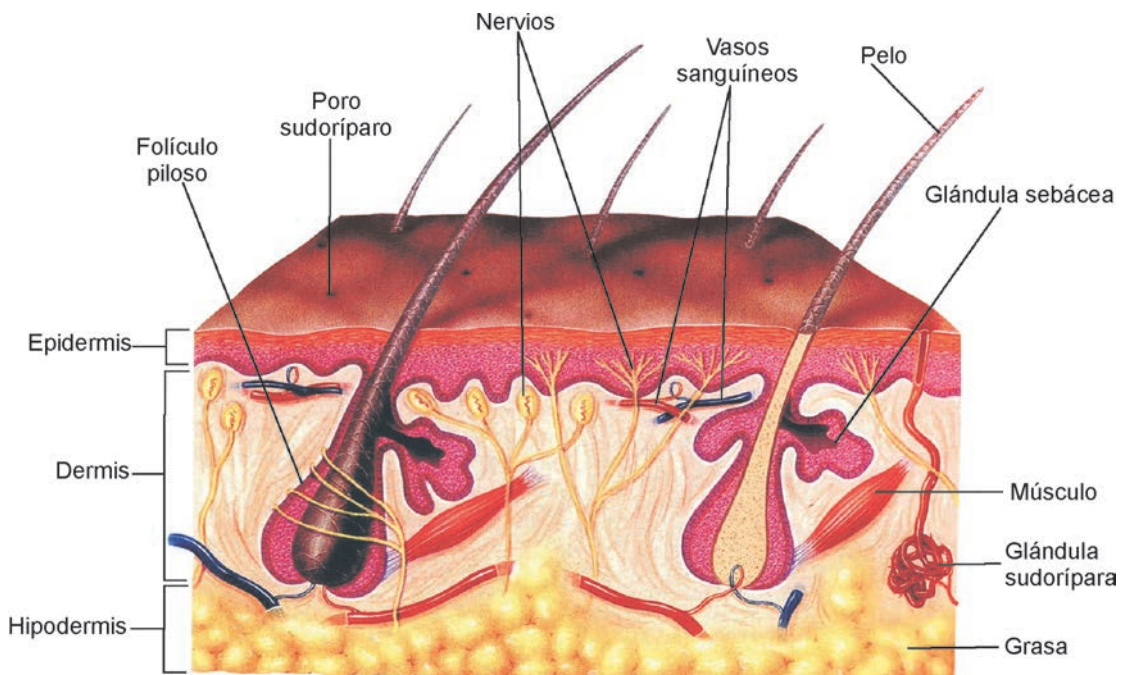


Figura 2.1. Corte transversal de piel y tejido subcutáneo.

Epidermis

La **epidermis** es la capa externa de la piel, contiene cuatro tipos principales de células: los queratinocitos, los melanocitos, las células de Langerhans y las células de Merkel. A su vez, la epidermis está formada por dos capas:

La capa externa, que entra en contacto con el ambiente externo y está formada por queratinocitos muertos.

La capa interna formada por células vivas. Estas células experimentan una rápida división celular, lo que produce células nuevas que empujan a las células viejas a la superficie de la piel. Conforme suben, las células viejas se aplanan, acumulan más queratina, proceso llamado queratinización, en seguida experimentan apoptosis. El proceso completo por el cual las células de esta capa ascienden hacia la superficie, se queratinizan y se desprenden, tiene una duración de cuatro a cinco semanas.

En la epidermis no existen vasos sanguíneos, esto explica que un pequeño rasguño no provoque sangrado.

Ahora describiremos brevemente los cuatro tipos de células que se encuentran en la epidermis:

- ❖ **Queratinocitos:** constituyen el 90% de todas las células epidérmicas, están distribuidas en las dos capas y producen la proteína llamada queratina.
- ❖ **Melanocitos:** forman el 8% de las células epidérmicas y producen melanina (pigmento de color amarillo-rojizo o pardo-negruzco, que le otorga el color a la piel y absorbe los rayos ultravioleta nocivos). Los melanocitos poseen largas y delgadas proyecciones que se extienden entre los queratinocitos y les transfieren gránulos de melanina. Una vez dentro de los queratinocitos, los gránulos de melanina se agrupan formando un velo protector sobre el núcleo, hacia la superficie de la piel. De este modo, protegen el ADN nuclear del daño de la luz UV. A pesar de que los gránulos de melanina preservan efectivamente a los queratinocitos, los melanocitos en sí son muy susceptibles al daño por radiación UV.
Aunque la mayoría de las personas tiene aproximadamente la misma cantidad de melanocitos en la piel, las diferencias en cuanto al color de la piel, se originan por las distintas cantidades de melanina que producen los melanocitos y el sitio en que se distribuyen las células.
- ❖ **Células de Langerhans:** derivan de la médula ósea y migran a la epidermis, donde constituyen una pequeña fracción de las células epidérmicas. Participan en la respuesta inmunitaria desencadenada contra los microorganismos que invaden la piel y son muy sensibles a la luz UV.
- ❖ **Células de Merkel:** son las más escasas de la epidermis y están localizadas en la capa más profunda de esta, donde hacen contacto con prolongaciones aplanadas de neuronas sensitivas, una estructura llamada discos táctiles de Merkel. Las células y los discos de Merkel perciben diferentes aspectos de las sensaciones táctiles.

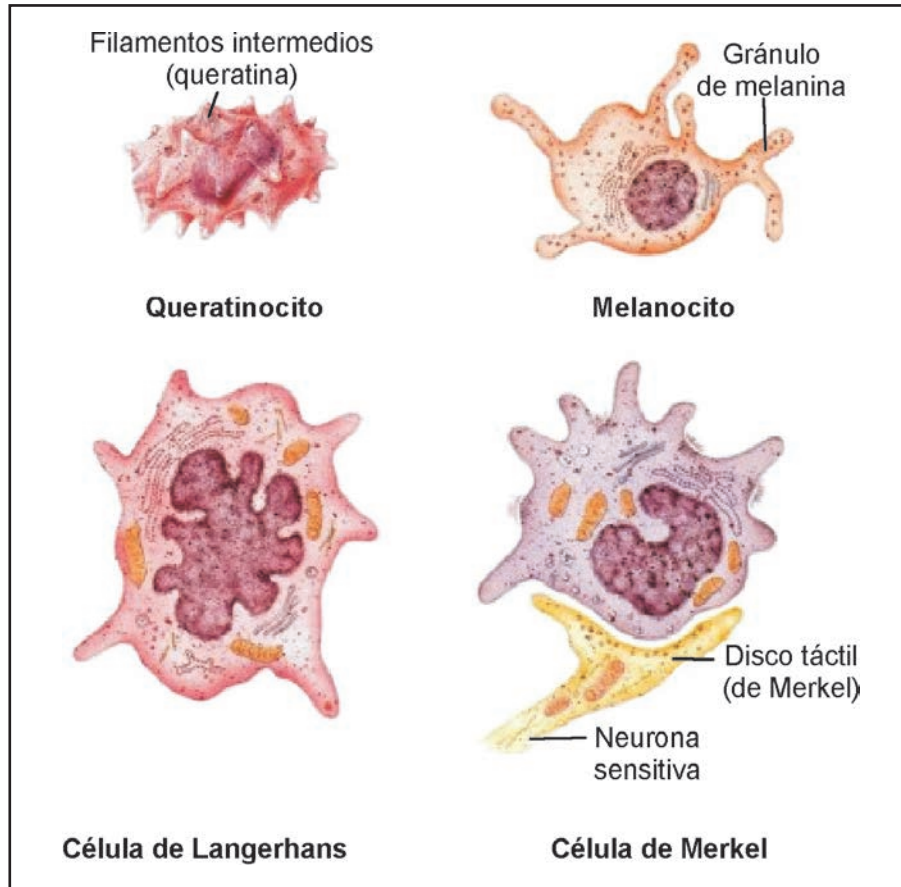


Figura 2.2. Tipos de células de la epidermis.

Dermis

La **dermis** es la capa interna de la piel, se encuentra bajo la epidermis y contiene fibras de colágeno, vasos sanguíneos, terminales nerviosas, glándulas, receptores sensoriales, músculo liso y folículos pilosos.

La dermis contiene dos tipos principales de glándulas: las glándulas sudoríparas y las glándulas sebáceas o glándulas grasas. La dermis se divide en una región papilar y en una región reticular.

La región papilar de la dermis contiene terminales nerviosas

que inician señales que originan sensaciones como calor, frío, dolor, cosquilleo y comezón.

La región reticular de la dermis está formada por fibras colágenas y elásticas, que otorgan a la piel resistencia, extensibilidad (capacidad de estirarse) y elasticidad (propiedad de regresar a la forma original después del estiramiento). La extensibilidad de la piel puede observarse alrededor de las articulaciones, durante el embarazo y en la obesidad. El estiramiento extremo puede producir pequeños desgarros en la dermis que causa las estrías o marcas de estiramiento, visibles como líneas rojizas o de color blanco nacarado en la superficie cutánea.



Huella dactilar

Una **huella dactilar** (**huella digital**) es la impresión visible o moldeada que produce el contacto de las crestas papilares o relieves epidérmicos de las yemas de los dedos de las manos. Estos relieves se encuentran en las palmas de las manos y plantas de los pies, pero sobre todo, en las yemas de los dedos de manos y pies, formando dibujos característicos. Estos dibujos permanecen toda la vida, no cambian y su forma es muy diversa. Cada persona tiene su propia forma de huellas digitales. Por lo que son excelentes signos de identificación, jugando un papel importante en las investigaciones policíacas.

Bases estructurales del color de la piel

Son tres los pigmentos que imparten a la piel una amplia variedad de colores: la **melanina**, la **hemoglobina** y los **carotenos**.

Existen dos formas de melanina: la feomelanina (determina que el color de la piel varíe de amarillo pálido a rojo) y la eumelanina (determina los colores de castaño a negro). La diferencia entre estas dos formas de melanina es más evidente en el pelo.

Los melanocitos son más abundantes en la epidermis del pene, los pezones, la areola mamaria, la cara, los miembros y mucosas. El número de melanocitos es aproximadamente el mismo en todas las personas; los diferentes colores de la piel, son consecuencia de la cantidad de pigmento producido y transferido por los melanocitos a los queratinocitos.

En algunas personas, la melanina se acumula en parches llamados **pecas**. Con la edad pueden desarrollarse manchas (**léntigo senil**). Estas manchas aplanadas se parecen a las pecas y varían en color del pardo al negro. Al igual que las pecas, las manchas seniles se deben a la acumulación de melanina.



Tatuaje y body piercing

El tatuaje es la coloración permanente de la piel por un pigmento exógeno depositado con una aguja dentro de la dermis. Los tatuajes pueden borrarse con láser.

El **body piercing** (perforación ornamental) es la inserción de un aro a través de un orificio artificial. La curación total puede tardar hasta un año. Los sitios donde se acostumbra colocar son las orejas, nariz, cejas, lengua, pezones, ombligo y genitales. Entre las complicaciones potenciales del body piercing se encuentran las infecciones, las reacciones alérgicas y el daño anatómico (como la lesión de nervios o la deformación de cartílagos).



Figura 2.3. Diversos tatuajes en las piernas.

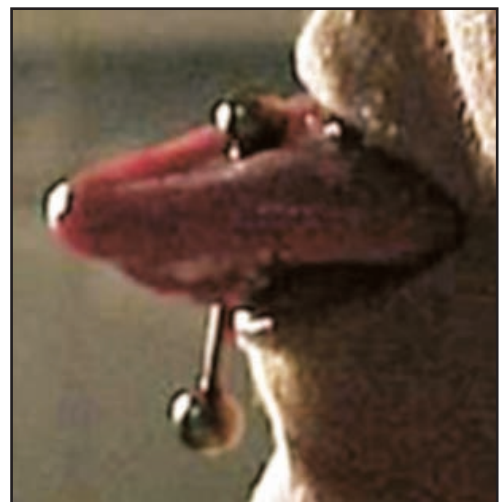


Figura 2.4. Piercing en lengua.

Los llamados **lunares** se desarrollan en la niñez o en la adolescencia y son áreas circulares, planas o elevadas que representan un sobrecrecimiento benigno y localizado de melanocitos. Los melanocitos sintetizan la melanina, a partir del aminoácido **tirosina**, en presencia de la enzima **tirosinasa**. La síntesis se produce dentro de un orgánulo llamado melanosoma. La exposición a la luz UV incrementa la actividad enzimática dentro de los melanosomas y, por consecuencia, la formación de melanina. Tanto la cantidad como el tono oscuro de la melanina aumentan por la exposición a los rayos UV, lo cual le da a la piel un aspecto bronceado que ayuda a proteger al organismo de las exposiciones posteriores a la radiación UV.

Las personas de piel blanca tienen poca melanina en su epidermis, por lo tanto, esta es translúcida y el color de la piel varía de rosado a rojo, según la cantidad y la oxigenación de la sangre que circula a través de los capilares de la dermis. El color rojo proviene de la hemoglobina (pigmento transportador de oxígeno en los glóbulos rojos).

Los carotenos son pigmentos de color amarillo-anaranjado, se acumulan en las áreas adiposas de la dermis y en el tejido subcutáneo, en respuesta a alta ingesta de los mismos.

El **albinismo** es un carácter heredado que consiste en la ausencia del pigmento melanina en la piel, pelo y ojos. Una persona albina carece de la enzima tirosinasa responsable de la síntesis de melanina. Los albinos tienen piel rosada o blanca como la leche, pelo blanco y los ojos son de color rosa. Las personas albinas, son muy sensibles a la luz solar y están propensos al cáncer de piel.

El **vitiligo** es una enfermedad cutánea caracterizada por la aparición de unas manchas blancas, de tamaño y forma variables, como consecuencia de la pérdida parcial o completa de melanocitos, de áreas de la piel. Esta pérdida de melanocitos puede estar relacionada con el mal funcionamiento del sistema inmunitario en el cual los anticuerpos atacan a los melanocitos.

Estructuras anexas de la piel

Son tres las estructuras anexas o accesorias de la piel: pelo, uñas y glándulas cutáneas.

Pelo

El **pelo** cubre casi toda la superficie expuesta del cuerpo, no se encuentra en las palmas, la superficie palmar de los dedos, los talones y las plantas de los pies. En los adultos se distribuye con mayor densidad en el cuero cabelludo, cejas, axilas y alrededor de los genitales externos. El pelo desempeña funciones importantes, por ejemplo, el cabello protege al cuero cabelludo de la luz UV del sol y lo aísla del frío. Los pelos que se encuentran en las fosas nasales, los canales del oído externo y las pestañas alrededor de los ojos impiden que el polvo y otras partículas entren al cuerpo.

Cada pelo está constituido por columnas de células queratinizadas muertas y consta de dos partes: el **tallo piloso** y la **raíz**. El tallo piloso es la porción del pelo que se proyecta sobre la superficie de la piel. La raíz es la parte profunda del pelo, que penetra dentro de la dermis y algunas veces hasta el tejido subcutáneo. Rodeando a la raíz está el folículo piloso, en cuya base se encuentra una capa de células germinativas que son responsables del crecimiento del pelo

existente y de la producción de pelos nuevos cuando se desprenden los viejos. La pérdida normal de cabello en el adulto es de alrededor de 70 a 100 por día. Los folículos pilosos están en contacto estrecho con las glándulas sebáceas productoras de sebo.

Uñas

Cada dedo de las manos y de los pies tiene una uña al final. Las **uñas** son placas de células epidérmicas queratinizadas muertas, densamente agrupadas, que forman una cubierta sólida y transparente. Cada uña consiste en un cuerpo, un extremo libre y una raíz.

Las uñas crecen en un área de células que se dividen rápidamente, conocida como raíz de la uña. Esta raíz está cerca de las puntas de los dedos de las manos y de los pies. Durante la división celular, las células de la raíz de la uña se llenan de queratina y producen una uña dura en forma de placa, que cubre y protege las puntas de los dedos de las manos y de los pies. Las uñas crecen a un ritmo promedio de 3 mm al mes, aunque las de los dedos de las manos crecen más rápido que las de los pies (unas cuatro veces más rápido).

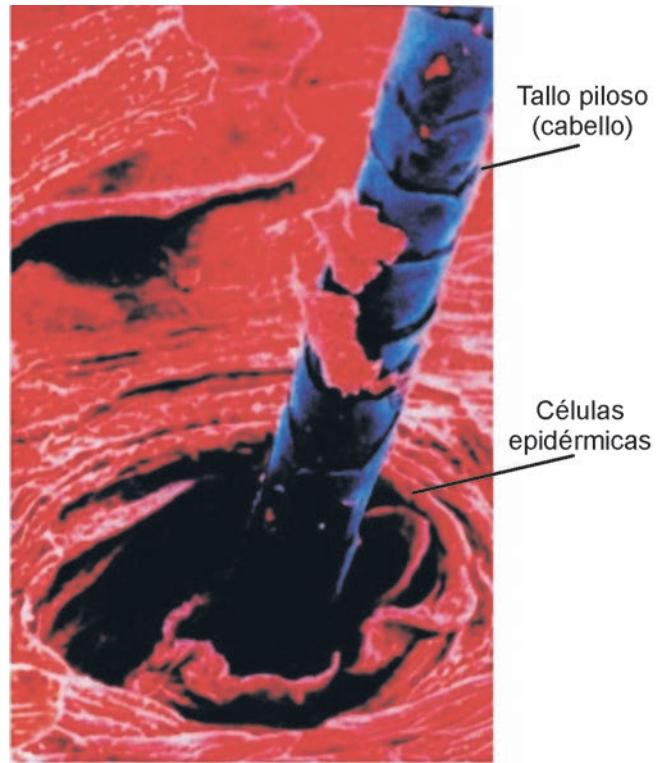


Figura 2.5. Micrografía electrónica de barrido de un pelo, donde se observa el tallo piloso cubierto por capas de células queratinizadas muertas, dispuestas a modo de tejas.

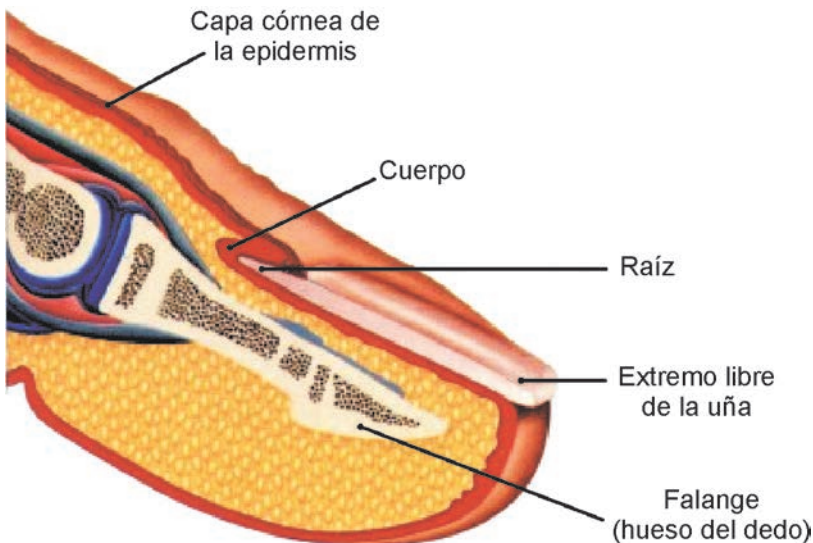


Figura 2.6. Dedo de la mano que muestra las regiones de la uña.

Glándulas de la piel

Las glándulas son agrupaciones de células epiteliales que secretan una sustancia. Las glándulas accesorias de la piel son tres tipos de glándulas microscópicas: las glándulas sebáceas, sudoríparas y ceruminosas.

Las **glándulas sebáceas** secretan una sustancia oleosa (aceitosa) llamada **sebo**, mezcla de triglicéridos, colesterol, proteínas y sales inorgánicas. Dondequiera que hay pelo en la piel, hay glándulas sebáceas, por lo menos dos para cada pelo. El sebo reviste la superficie del pelo y previene su deshidratación, así como que se vuelva quebradizo. El sebo también impide la evaporación excesiva de agua de la piel, mantiene la piel suave y flexible, e inhibe el crecimiento de determinadas bacterias. Las glándulas sebáceas son pequeñas en la mayor parte del tronco y los miembros, pero son grandes en la piel de las mamas, cara, cuello y parte superior del tórax. Las palmas de las manos y las plantas de los pies carecen de estas glándulas.



Acné

El **acné** es una inflamación de las glándulas sebáceas que normalmente comienza en la pubertad, cuando éstas aumentan de tamaño y empieza la producción de sebo. El acné se produce predominantemente en folículos sebáceos colonizados por bacterias, algunas de las cuales crecen bien en el sebo rico en lípidos. El tratamiento consiste en lavar con cuidado la piel de la cara afectada una o dos veces al día con un jabón suave, la aplicación de antibióticos tópicos y antibióticos orales.

Las **glándulas sudoríparas** liberan sudor hacia los folículos pilosos o sobre la superficie de la piel, a través de los poros. El sudor proporciona el olor peculiar de cada persona. El cuerpo humano posee de 3 a 4 millones de glándulas sudoríparas. Estas glándulas se dividen en dos tipos principales: **ecrinas** y **apocrinas**.

Las **glándulas sudoríparas ecrinas** comienzan a funcionar después del nacimiento. Se localizan en la piel de casi todo el cuerpo, sobre todo en la frente, palmas de las manos y plantas de los pies.

El sudor producido en las glándulas sudoríparas ecrinas consiste en agua, iones (sodio y cloro), urea, amoníaco, ácido úrico, aminoácidos, glucosa y ácido láctico. Su función principal es la de contribuir a la regulación de la temperatura corporal a través de la evaporación del sudor. A medida que el sudor se evapora, grandes cantidades de energía calorífica, abandonan la superficie corporal. Las glándulas sudoríparas ecrinas tienen un pequeño papel en la eliminación de desechos: urea, ácido úrico y amoníaco.

Las **glándulas sudoríparas apocrinas** se localizan en la piel de la axila, ingle, areola, regiones de la cara con barba de los hombres adultos, clítoris y labios menores. Su producto de secreción es ligeramente viscoso en comparación con la secreción de las glándulas ecrinas y contiene los mismos componentes, pero, además, lípidos y proteínas. Este tipo de glándulas comienza a funcionar en la pubertad. Son estimuladas durante el estrés emocional y la excitación sexual; a estas secreciones se les conoce como “sudor frío”.

Las **glándulas ceruminosas** son glándulas sudoríparas modificadas del oído externo que secretan **cera**. Su conducto excretor se abre directamente sobre la superficie del conducto auditivo externo o en los conductos de las glándulas sebáceas. La secreción de las glándulas

ceruminosas y las glándulas sebáceas se llama **cerumen**, este, junto con el pelo del conducto auditivo externo, constituyen una barrera que impide la entrada de cuerpos extraños al oído. Si el cerumen es producido en una cantidad anormalmente elevada en el conducto auditivo externo y si éste se acumula, hasta volverse compacto, formando un tapón, que puede impedir el paso de las ondas sonoras hacia el tímpano. Los tratamientos para el tapón de cerumen consisten en hacer un lavado periódico del oído con enzimas que disuelvan la cera y la eliminación de esta, realizado por un médico.

Funciones de la piel

Las funciones de la piel son muy variadas e importantes para la supervivencia, estas son: termorregulación, almacenamiento de sangre, protección, sensibilidad cutánea, excreción y absorción y síntesis de vitamina D.

Termorregulación

La piel interactúa con otros sistemas corporales para mantener la homeostasis al ayudar a regular la temperatura corporal. Cuando el organismo necesita mantener el calor en un día frío, los vasos sanguíneos de la dermis se contraen, lo que ayuda a evitar la pérdida de calor. En días cálidos, los vasos sanguíneos se dilatan, lo que lleva el calor del cuerpo a la piel y aumenta la pérdida de calor.

Reservorio de sangre

La piel actúa como reservorio de sangre debido a que la dermis posee una extensa red de vasos sanguíneos que transportan aproximadamente 10% del total del flujo sanguíneo de una persona adulta.

Protección

La piel protege al cuerpo de muchas maneras, por ejemplo, la proteína queratina de la epidermis la vuelve impermeable a la entrada de microorganismos. El pigmento melanina ayuda a proteger al organismo de los efectos nocivos de la luz ultravioleta. El pH ácido de la transpiración retarda el crecimiento de algunas bacterias. El sebo producido por las glándulas sebáceas evita la deshidratación de la piel y el pelo. Además contiene agentes químicos bactericidas que eliminan a las bacterias que se encuentran en la superficie de la piel.

Sensibilidad cutánea

Se origina en la piel y comprende sensaciones de tacto, presión, vibración, cosquilleo, calor, frío, dolor. Existe una amplia variedad de terminales nerviosos y receptores distribuidos en la piel.

Excreción y absorción

Por la piel se excreta diariamente el sudor, mediante el cual se elimina agua, calor del organismo y pequeñas cantidades de sales amoníaco y urea. A través de la piel se absorben sustancias liposolubles, como las vitaminas A, D, E y K, ciertos fármacos, los gases oxígeno y bióxido de carbono.

Síntesis de vitamina D

La síntesis de vitamina D requiere primero que los rayos solares activen a su precursor que se encuentra en la piel. La molécula activa es convertida luego en vitamina D en los riñones.

Cáncer de piel

Es un crecimiento anormal en las células de la piel ocasionado por la exposición excesiva a la radiación ultravioleta del sol. El cáncer de piel se desarrolla, principalmente, en la cara o en el cuello, que son las zonas más expuestas al sol. Las personas que tienen más probabilidad de desarrollar este tipo de cáncer son las de piel clara puesto que ésta contiene muy poco pigmento protector, es decir melanina. Hay tres formas comunes de cáncer de piel, la más peligrosa y grave es el melanoma maligno ya que produce metástasis rápidamente y puede causar la muerte en un plazo de meses después del diagnóstico.

Los melanomas se desarrollan en las células productoras de melanina, es decir, en los melanocitos. Entre los factores de riesgo del cáncer de piel están los siguientes:

- ❖ Tipo de piel. Las personas de piel blanca que nunca llegan a broncearse, pero siempre sufren quemaduras, corren mayor riesgo.
- ❖ Exposición al sol. Las personas que viven en lugares con muchos días soleados por año y a grandes altitudes (donde la luz UV es más intensa), tienen un mayor riesgo de desarrollar cáncer de piel, al igual que quienes trabajan al aire libre y los que han sufrido tres o más quemaduras solares serias.
- ❖ Antecedentes familiares. El índice de cáncer de piel es más alto en algunas familias que en otras.
- ❖ Estado inmunológico. Los pacientes inmunocomprometidos tienen mayor incidencia de cáncer de piel.



Lunar normal



Melanoma maligno

Figura 2.7. Fotografías que nos muestran un lunar normal y un melanoma maligno, el cual presenta las siguientes características: es asimétrico, sin bordes definidos, tiene una coloración irregular y un tamaño mayor a los 6 mm.



El color de la piel como orientación diagnóstica

El color de la piel y las mucosas puede dar indicios para el diagnóstico de determinados trastornos. Cuando la sangre no se oxigena en forma adecuada en los pulmones, como sucede en alguien que no respira, las mucosas, los lechos ungueales (superficie de la piel cubierto por las uñas) y la piel se vuelven azulados o cianóticos (azules). La ictericia es consecuencia de un aumento de bilirrubina (un pigmento amarillo) en la piel, que indica una enfermedad del hígado. El eritema es el enrojecimiento de la piel, es causado por la exposición al calor, infecciones, inflamación o reacciones alérgicas. La palidez en la piel puede aparecer en estados como el shock o la anemia.



Figura 2.8. Fotografía que nos muestra la ictericia en la conjuntiva del ojo, la cual en lugar de ser blanca se observa amarilla.



Figura 2.9. Eritema en una pierna.

Envejecimiento y sistema tegumentario

Los efectos del envejecimiento de la piel se manifiestan de los 40 años de edad en adelante. La mayoría de los cambios relacionados con la edad se producen en la dermis. Las fibras colágenas de la dermis empiezan a disminuir en número, se vuelven más rígidas, se rompen y se desorganizan en una estructura amorfa. Las fibras elásticas pierden algo de elasticidad, se engrosan formando haces y se deshilachan, proceso muy acelerado en la piel de los fumadores. Los fibroblastos que producen tanto fibras colágenas como elásticas disminuyen en cantidad. Como resultado, se forman en la piel las características grietas y surcos conocidos como arrugas.

Con el envejecimiento progresivo, se reduce el número de células de Langerhans y estos macrófagos pierden sus propiedades fagocíticas, por lo que causa una disminución de la respuesta inmunitaria de la piel, más susceptible a las infecciones. Además se reduce el tamaño de las células sebáceas, por lo que la piel adquiere un aspecto seco y quebradizo. La producción de

sudor disminuye, lo cual probablemente contribuye a que los ancianos sufran más el calor. Hay una disminución en el número de melanocitos funcionantes, que da como resultado el color gris del pelo.

Con el comienzo de la vejez, la piel cicatriza mal y se vuelve más susceptible al cáncer y a las úlceras de decúbito (por permanecer durante largos periodos acostado).

El crecimiento de pelos y uñas disminuye durante la segunda y tercera década de la vida. Las uñas pueden volverse más quebradizas con la edad.

Tratamientos

Se dispone de muchos tratamientos para disminuir los efectos del envejecimiento o las lesiones producidas por el sol, algunos de estos son:

- ❖ Productos tópicos que bloquean la piel para atenuar las manchas e imperfecciones (hidroquinona) o reducen las arrugas finas y las asperezas (ácido retinoico).
- ❖ La microdermoabrasión, que consiste en el empleo de pequeños cristales bajo presión para desprender células superficiales de la piel con el fin de recuperar la textura original de la piel y reducir las manchas.
- ❖ La exfoliación química (*peeling*) que es la aplicación de un ácido débil (como el ácido glicólico) en la piel para eliminar células superficiales, restablecer su textura y reducir las manchas.
- ❖ La exfoliación con láser elimina los vasos sanguíneos cercanos a la superficie de la piel, disimula manchas e imperfecciones y reduce las arrugas finas.
- ❖ El relleno dérmico, inyección de colágeno bovino, ácido hialurónico o calcio en forma de hidroxiapatita, que rellena la piel para eliminar arrugas y cubrir los surcos como los que se forman alrededor de la nariz, boca y el entrecejo.
- ❖ El trasplante de grasa, en el cual la grasa de una parte del cuerpo se inyecta en otra región como alrededor de los ojos y en los labios.
- ❖ La toxina botulínica o Botox, forma reducida de la toxina que causa intoxicación alimentaria y que se inyecta en la piel para paralizar los músculos que causan las arrugas.
- ❖ El estiramiento facial no quirúrgico por radiofrecuencia, que se basa en el uso de emisiones de frecuencias de radio para estirar la piel del mentón, cuello cejas y los párpados.
- ❖ El estiramiento facial de las cejas o del cuello por métodos quirúrgicos invasivos, en los cuales se extrae grasa y la piel laxa y se tensan los músculos y tejido conectivo subyacente.



Injertos de piel y piel artificial

Cuando una lesión destruye el estrato basal y sus células madre, la piel no puede regenerarse. Las heridas cutáneas de tal magnitud requieren injertos para su curación.

Un injerto de piel consiste en cubrir la herida con un parche de piel sana que se obtiene de un sitio donador. Para prevenir rechazo del tejido, por lo regular se toma trasplante del mismo individuo o de un gemelo idéntico. En caso de que el daño en el tejido sea tan extenso, como sucede en las quemaduras, esto resulta imposible. Los investigadores se dieron cuenta de que la mejor manera de reemplazar la piel era con una “piel artificial”, formada por una malla biodegradable (de fibras de proteínas similares a las de la piel humana). Las células de la dermis migran hacia arriba y gradualmente cubren la capa artificial, de esta forma, se produce una nueva capa de dermis. Además, se quitan pequeñas porciones de la epidermis del paciente para cultivar los queratinocitos en el laboratorio y así, de esta manera, obtener una capa muy delgada de ellas, que se aplica entonces a la superficie de la piel artificial.



Figura 2.10. Fotografía que nos muestra la malla biodegradable.

Actividad de laboratorio



Realizar la actividad 1 “Huellas digitales (dactilares)” que se encuentra en la p. 287.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. La región _____ de la dermis, contiene terminales nerviosas que inician señales que dan origen a sensaciones como calor, frío, dolor, cosquilleo y comezón.
2. Las estructuras anexas de la piel son: _____, uñas y _____.
3. El _____ es la porción del pelo que se proyecta sobre la superficie de la piel.
4. Los _____ constituyen 90% de todas las células epidérmicas.
5. La _____ se encuentra bajo la _____ y contiene fibras de colágeno, vasos sanguíneos, terminales nerviosas, _____, receptores sensoriales, músculo liso y folículo piloso.
6. Son los cuatro tipos de células de la epidermis: _____, _____, _____ y _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

7. El color de la piel se debe a la melanina, a los carotenos y a la hemoglobina ()
8. Los melanocitos sintetizan la melanina a partir del aminoácido treonina, en presencia de la enzima tirosinasa ()
9. Las glándulas sudoríparas ecrinas comienzan a funcionar en la pubertad ()
10. Por la piel se excretan diariamente pequeñas cantidades de sales de amoníaco y urea ()
11. Una de las funciones de la piel es la producción de calcio ()

Contesta las siguientes preguntas:

12. ¿Cuáles son las glándulas sudoríparas modificadas del oído externo?

13. ¿Cuál es la forma más peligrosa de cáncer de piel?

14. ¿Cuál de las células epidérmicas derivan de la médula ósea y participa en la respuesta inmunitaria desencadenada contra los microorganismos que invaden la piel?

15. ¿Cómo ayuda la piel a mantener la temperatura corporal?

Elige la respuesta correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

16. La melanina protege el _____ de los queratinocitos de los efectos dañinos de la luz UV.

- a) ATP
- b) Aminoácido
- c) ADN
- d) Cloroplasto
- e) Retículo endoplásmico

17. La dermis está formada por tejido:

- a) Epitelial
- b) Conectivo
- c) Nervioso
- d) Muscular liso
- e) Muscular estriado

18. La gravedad de una quemadura está determinada por:

- a) La profundidad y extensión del área afectada
- b) La edad del paciente
- c) Su estado general de salud
- d) Todas las anteriores son correctas
- e) La estatura del paciente

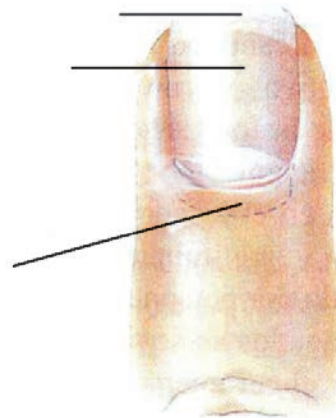
19. Los efectos del envejecimiento de la piel comienzan a manifestarse:

- a) Después de los 20 años
- b) Después de los 50 años
- c) Después de los 40 años
- d) Antes de los 30 años
- e) Después de los 15 años

20. Las uñas crecen en un área de células que se dividen rápidamente, conocida como:
- a) Cuerpo de la uña
 - b) Extremo libre de la uña
 - c) Raíz de la uña
 - d) Cutícula
 - e) Lúnula

Rotula la siguiente figura:

21. Nombra las tres regiones de la uña que se señalan.



Aplicación de conceptos

22. Supón que te has alimentado a “pan y agua” durante tres semanas y observas que al cortarte accidentalmente, tu piel no sana y sangra fácilmente, ¿a qué se debe?

23. ¿Cuáles son algunos problemas potenciales asociados con el body piercing?

24. ¿Por qué las heridas epidérmicas no producen hemorragia?

25. Graciela acaba de regresar de la estética con un nuevo corte de cabello. Afirma que su peinado ha engrosado su cabello. ¿Es esto posible? Justifica tu respuesta.

26. ¿Por qué cuando te cortas la piel te duele, pero no cuando te cortas el pelo o las uñas?

27. Un callo es un engrosamiento de la epidermis. Explica la formación de los callos en los pies.

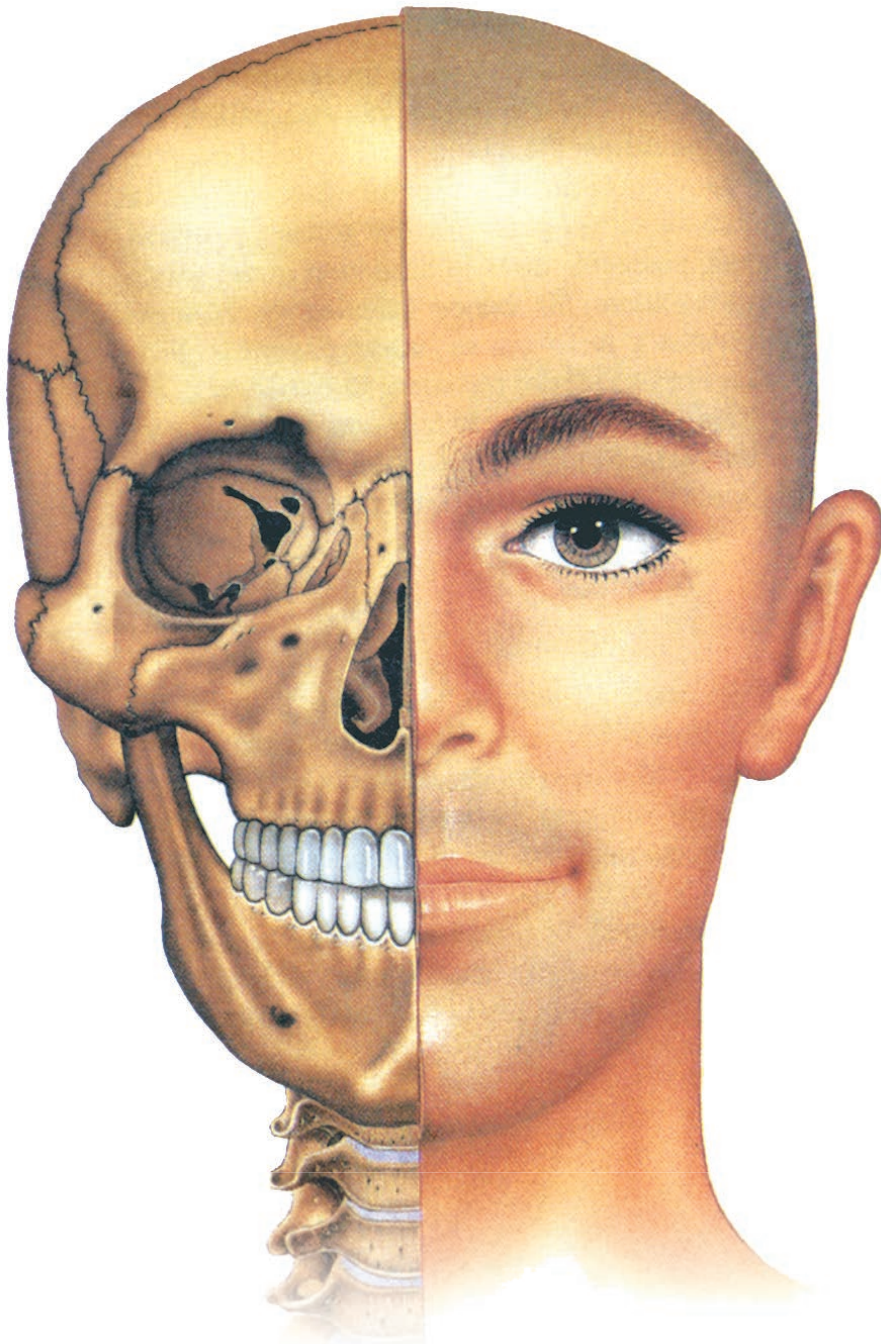
Construye y aprende

28. Haz una lista de funciones del sistema tegumentario.
29. Elabora una tabla de comparación y contraste de epidermis y dermis.
30. Los rayos ultravioleta del sol pueden ocasionar quemaduras. Se ha promovido la idea de que los filtros solares son una protección eficaz contra las quemaduras del sol. Diseña un experimento para determinar si es exacto lo que se dice en los anuncios publicitarios.

Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8a edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11a edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

3

Sistema Esquelético



Introducción

El sistema esquelético está constituido por **huesos, cartílagos y articulaciones**. Las articulaciones son los puntos de contacto o de unión de los huesos. Debido a su apariencia dura y sólida, se puede pensar que los huesos no tienen vida, sin embargo, están constituidos por tejido vivo (llamado tejido óseo). Como se recordará, tanto los huesos como los cartílagos son tejidos conectivos. El sistema esquelético contribuye a la homeostasis del cuerpo mediante la realización de sus funciones, que serán descritas en el siguiente punto.

Funciones del sistema esquelético

El sistema esquelético cumple seis funciones básicas para el cuerpo.

Sostén

El esqueleto es la estructura del organismo que sostiene los tejidos blandos y constituye un punto de inserción para numerosos músculos.

Protección

El esqueleto protege muchos órganos internos contra posibles lesiones, por ejemplo, los huesos del cráneo protegen al encéfalo, las vértebras a la médula espinal y la caja torácica al corazón y los pulmones.

Movimiento

La mayoría de los músculos esqueléticos se fijan a los huesos. Al contraerse los músculos, los huesos desempeñan su función de palancas y producen el movimiento.

Almacenamiento de minerales

Los huesos almacenan diversos minerales que se distribuyen a otras partes del cuerpo, según se requiera. Entre dichos minerales resaltan el calcio y el fósforo.

Producción de células sanguíneas

En el interior de algunos huesos existe la médula ósea roja en la que se producen los glóbulos rojos, una parte de los glóbulos blancos y plaquetas por un proceso llamado hemopoyesis. En el adulto, la médula ósea roja se encuentra en el esternón, las costillas, las vértebras, el cráneo, el húmero y el fémur.

Almacenamiento de triglicéridos

La médula ósea amarilla está constituida principalmente por adipositos que almacenan triglicéridos, éstos son una reserva potencial de energía química.

Estructura macroscópica y microscópica de los huesos

Estructura macroscópica

La estructura macroscópica se refiere a las partes de un hueso largo (como el húmero) que se pueden observar a simple vista, estas son: diáfisis, epífisis, cartílago articular, periostio, cavidad medular y endostio. Identifica cada una de estas partes en la figura 3.1 conforme leas acerca de ellas.

- ❖ La diáfisis: porción principal y larga del hueso, es hueca y cilíndrica.
- ❖ Las epífisis: extremos del hueso.
- ❖ El cartílago articular: delgada capa de cartílago que cubre las epífisis en el área en que el hueso forma una articulación con otro. La resistencia de este cartílago amortigua los tirones y los empujones.
- ❖ El periostio: membrana de color blanco que cubre al hueso, excepto a nivel de las superficies articulares, en los que la cubierta está formada por cartílago articular.
- ❖ La cavidad medular: espacio dentro de la diáfisis, que contiene la médula ósea amarilla, constituida por células grasas.
- ❖ El endostio: membrana que recubre la cavidad medular.

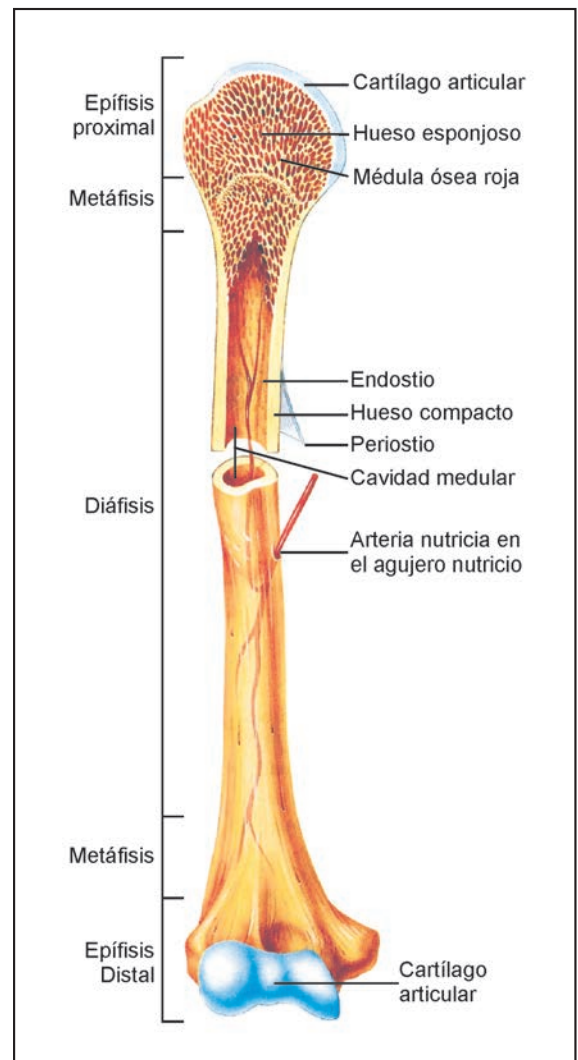


Figura 3.1. Partes de un hueso largo (húmero).

Estructura microscópica

Ahora revisaremos la estructura del hueso a nivel microscópico, es decir, a nivel histológico o de tejido.

El hueso o tejido óseo está constituido por células vivas llamadas **osteocitos** que se encuentran rodeadas por un material llamado **matriz extracelular** constituida por 25% de agua, 25% de fibras colágenas y 50% de sales de calcio como el fosfato y el carbonato de calcio. En el hueso, la matriz es muy abundante y las células se encuentran muy separadas unas de otras. Las sales de calcio se depositan en las estructuras que forman las fibras colágenas y el hueso se endurece, es decir, se **calcifica**.

El hueso no es un tejido homogéneo y sólido. De hecho, todo tejido óseo tiene espacios entre sus componentes duros, tales espacios son conductos para vasos sanguíneos, que aportan nutrientes a las células óseas. Otros espacios sirven como lugares de almacenamiento de la médula ósea roja, estos espacios hacen que los huesos sean más ligeros. Las regiones de un hueso pueden clasificarse en **esponjosas** y **compactas**, según el tamaño y la distribución de tales espacios.

Aproximadamente 80% del esqueleto está formado por hueso compacto y 20% por hueso esponjoso. El **hueso esponjoso** contiene espacios grandes y numerosos, llenos de médula ósea roja. Está presente en gran parte de los huesos cortos, planos o de forma irregular, así como en la epífisis de huesos largos.

El **hueso compacto**, en comparación, incluye menos espacios. Se deposita en forma de capa sobre el hueso esponjoso. También constituye la mayor parte del tejido óseo de la diáfisis de los huesos largos. El hueso compacto desempeña funciones de protección y sostén, y en huesos largos hace que éstos resistan la tensión del peso que soportan.

Hueso compacto

Las células óseas reciben de manera constante alimentos y oxígeno y eliminan desechos. Este intercambio es posible gracias a un sistema de canales microscópicos que transportan sangre desde el periostio hasta el interior del hueso. Estos canales llamados **conductos haversianos** están rodeados por capas cilíndricas concéntricas de sustancia intercelular calcificada y dura. Cada capa recibe el nombre de **laminilla** y entre ellas hay células que ocupan diminutos espacios llamados **lagunas**. De las lagunas parten radialmente, en todas direcciones, innumerables conductos microscópicos llamados **canalículos**, que los conectan con los conductos haversianos (ver figura 3.2).

Hueso esponjoso

El hueso esponjoso consiste en una red irregular de placas delgadas de hueso, llamadas **trabéculas**. Los espacios que hay entre las trabéculas están llenos de **médula ósea roja**. Las células de esta son las productoras de los elementos corpusculares de la sangre (eritrocitos, leucocitos y plaquetas).

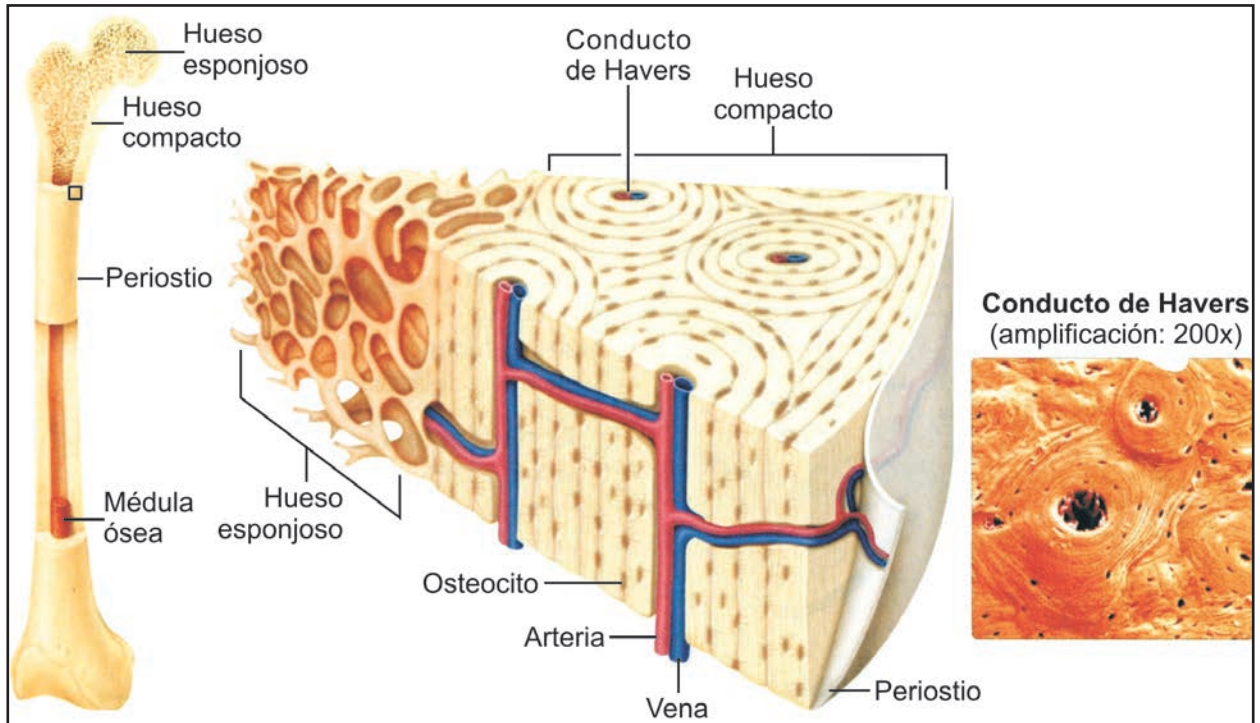


Figura 3.2. Esquema de la estructura microscópica del hueso.

Cartílago

Otro componente del sistema esquelético es el cartílago, que al igual que el hueso, es un tipo de tejido conectivo. El cartílago presenta algunas semejanzas con el hueso, pero a la vez difiere de él. Por ejemplo, posee más sustancia intercelular que células, contiene abundantes fibras de colágeno, sin embargo a diferencia del hueso, en el cartílago estas fibras están incluidas en una matriz firme, pero flexible, y no en una matriz dura e inflexible. En consecuencia, el cartílago tiene la flexibilidad de un material plástico duro y no la rigidez del hueso. Existe otra diferencia: la matriz del cartílago no posee sistema de conductos ni vasos sanguíneos. El cartílago es avascular, y el hueso abundantemente vascularizado. Las células del cartílago están dispuestas en lagunas, al igual que las óseas. Sin embargo, dado que no hay conductos ni vasos sanguíneos, los nutrientes y el oxígeno sólo pueden llegar a las células cartilaginosas aisladas por difusión a través de la matriz.

Tipos de huesos

Los huesos que constituyen nuestro esqueleto se clasifican, de acuerdo con su forma, en cinco tipos:

Huesos largos

Presentan una mayor longitud que anchura y constan esencialmente de dos partes, una tubular, la diáfisis, y sus extremos, las epífisis. Son huesos largos los del brazo (húmero), antebrazo

(cúbito y radio), muslo (fémur), pierna (tibia y peroné) y los dedos de las manos y de los pies (falanges).

Huesos cortos

Tienen forma cúbica y su longitud y ancho son casi iguales. Los huesos cortos son los de la muñeca (carpo), excepto el hueso pisiforme, que es sesamoideo, y los del tobillo (tarso), excepto el hueso calcáneo, que es un hueso irregular.

Huesos planos

Generalmente son huesos delgados que proveen una gran superficie para la inserción de los músculos. A este grupo pertenecen los huesos del cráneo, el esternón, las costillas y las escápulas u omóplatos.

Huesos irregulares

Presentan formas complejas, por lo que no se incluyen en los grupos anteriores. Son ejemplos las vértebras, huesos coxales, algunos huesos de la cara y el calcáneo.

Huesos sesamoideos

Reciben este nombre ya que su forma es la de una semilla de sésamo (ajonjolí). Se desarrollan en el interior de tendones sometidos a considerable fricción, tensión y estrés mecánico, como los de las palmas de las manos y plantas de los pies. Generalmente son huesos pequeños, que miden pocos milímetros de diámetro y su número varía de una persona a otra. Son una excepción de huesos sesamoideos las rótulas de las rodillas, los cuales son huesos más grandes y se encuentran en número fijo (una en cada rodilla).

Existe otro tipo especial de huesos que no se incluyen en esta clasificación por forma: los huesos **suturales** o **wormianos**, los pequeños que se sitúan entre las articulaciones inmóviles (suturas) de ciertos huesos craneales. Estos huesos, al igual que los sesamoideos, varían en número de una persona a otra.

Esqueleto humano

El esqueleto es la estructura que sostiene al cuerpo, en una persona adulta está constituido por 206 huesos, la mayoría de ellos pares, con un miembro de cada par en cada lado del cuerpo. Todos los huesos del esqueleto se agrupan en dos grandes divisiones: el esqueleto axial y el esqueleto apendicular.

El **esqueleto axial** está constituido por los huesos de la cabeza, columna vertebral, esternón y costillas; dan un total de 80 huesos.

El **esqueleto apendicular** está constituido por los huesos de los miembros o extremidades superiores e inferiores, además de las cinturas pélvica y escapular, que conectan dichos miembros al esqueleto axial. Todos suman un total de 126 huesos.

Observa la tabla 3.1 que muestra los huesos que constituyen estas dos divisiones, los cuales sumados dan un total de 206.

Tabla 3.1. Huesos del esqueleto humano.

Divisiones del esqueleto	Estructuras	No. de huesos
Esqueleto axial		80
Cabeza	Cráneo	8
	Cara	14
Hiodes		1
Huesecillos del oído	Martillo	2
	Yunque	2
	Estribo	2
Columna vertebral	Vértebras cervicales	7
	Vértebras torácicas	12
	Vértebras lumbares	5
	Sacro	1 (5 fusionados)
	Coxis	1 (3-5 fusionados)
Tórax	Esternón	1
	Costillas	24
Esqueleto apendicular		126
Cintura escapular	Clavícula	2
	Escápula	2
Miembros superiores	Húmero	2
	Cúbito	2
	Radio	2
	Carpo	16
	Metacarpo	10
	Falanges	28
Cintura pelviana	Coxal	2
Miembros inferiores	Fémur	2
	Peroné	2
	Tibia	2
	Rótula	2
	Tarso	14
	Metatarso	10
	Falanges	28
Total		206

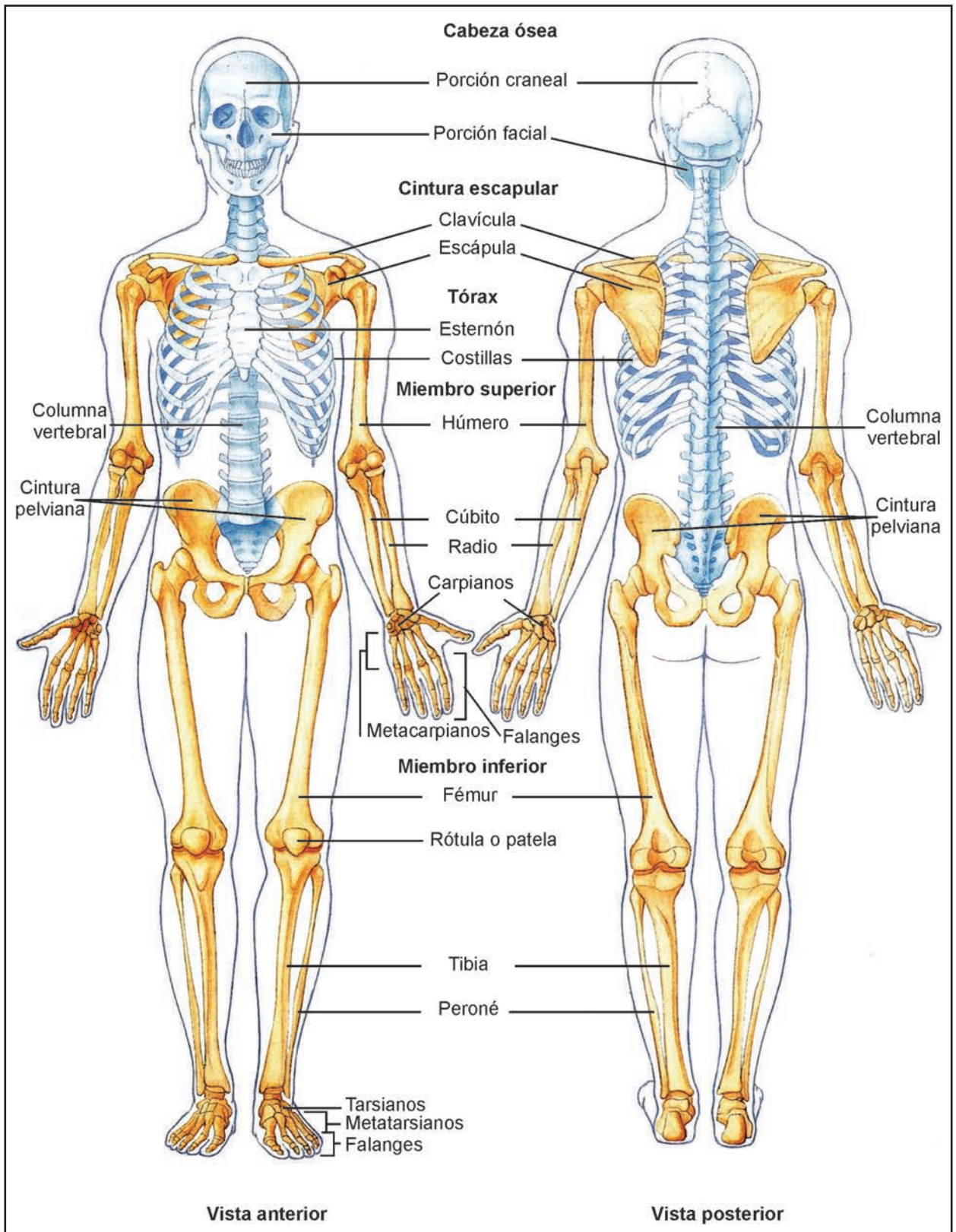


Figura 3.3. Vista anterior y posterior del esqueleto humano, que está constituido por 206 huesos, que se dividen en esqueleto axial (en color azul) y esqueleto apendicular (en amarillo).

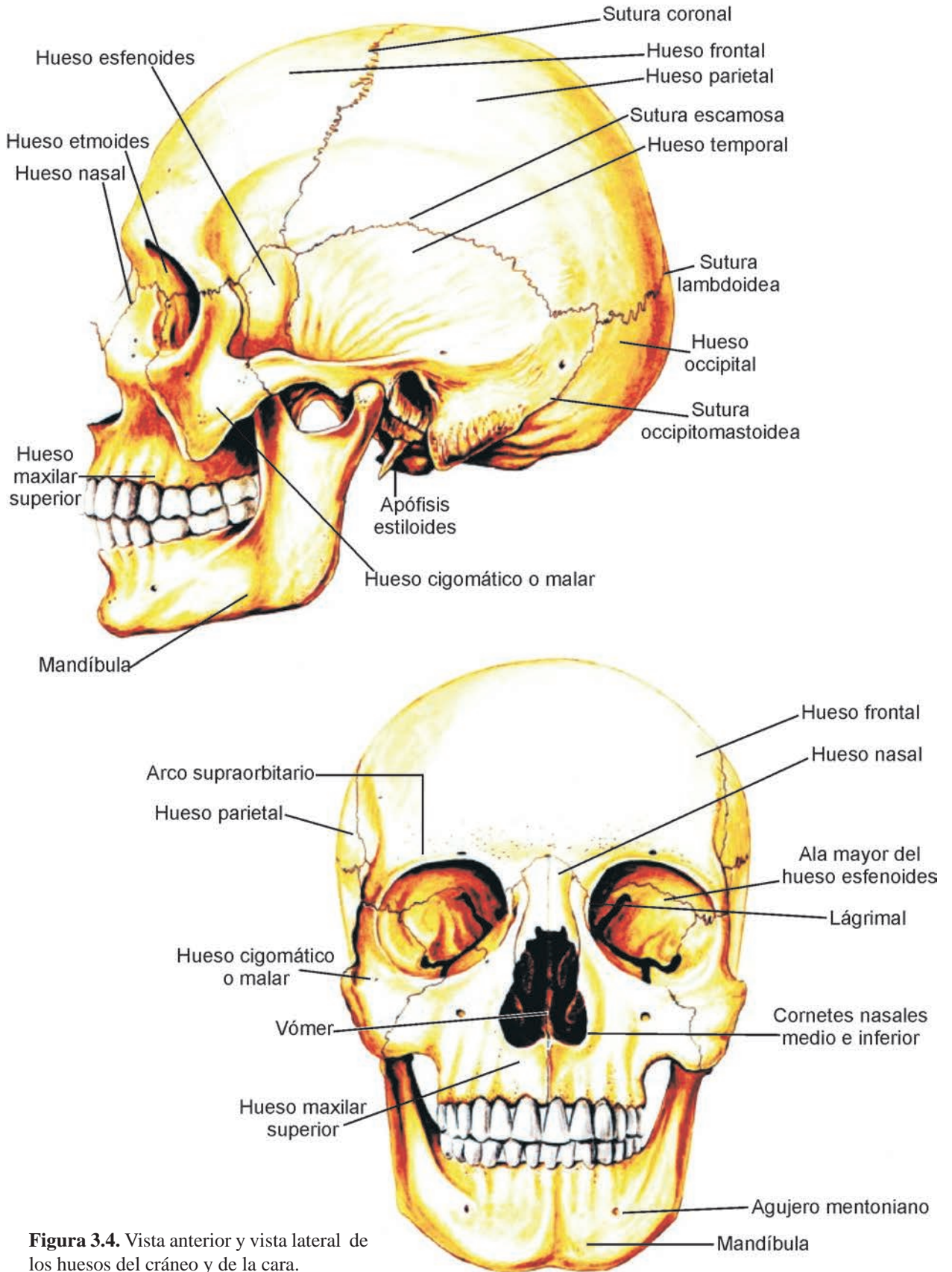


Figura 3.4. Vista anterior y vista lateral de los huesos del cráneo y de la cara.

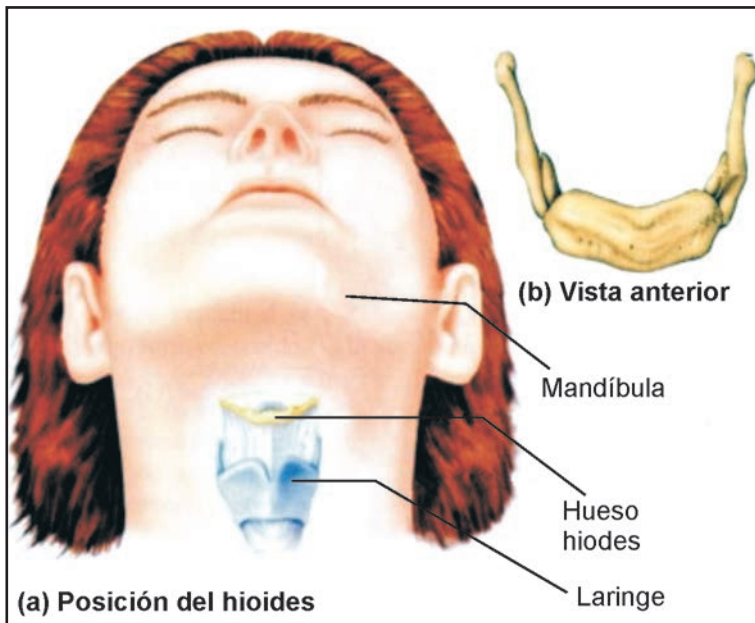


Figura 3.5. a) Posición del hueso hioides en el cuello. b) Hueso hioides. Es frecuente la fractura del hueso hioides, la laringe y la tráquea durante la estrangulación. Por ello esta región es examinada cuidadosamente por el médico forense durante la autopsia cuando se sospecha que la persona murió por dicha causa.

Los huesos frontales y etmoides del cráneo ayudan a dar forma a la cara, pero no se consideran entre los huesos de ella.

Hueso hioides

El hioides se distingue por ser el único hueso del cuerpo que no articula con otro hueso. Se encuentra suspendido de las apófisis estiloides de los temporales por ligamentos y músculos. Este hueso se localiza en el cuello entre la mandíbula y la laringe, puede palparse inmediatamente por debajo de la mandíbula; brinda sostén a la lengua y constituye el sitio de inserción de algunos de los músculos de ésta. Observa la localización de este hueso en la figura 3.5.

Huesecillos del oído

Cada oído contiene tres huesecillos, muy pequeños, llamados **martillo**, **yunque** y **estribo**, que vibran como respuesta a las ondas sonoras que llegan al tímpano y desempeñan funciones claves en la audición.

Columna vertebral

La **columna vertebral** es el eje longitudinal del esqueleto, está constituida por un conjunto de huesos llamados **vértebras**. De hecho, la columna vertebral es un pilar fuerte y flexible que

Esqueleto axial

Cabeza ósea

La **cabeza ósea**, que consta de veintidos huesos, se apoya en el extremo superior de la columna vertebral. Sus huesos se dividen en dos grupos: huesos del cráneo y huesos de la cara. Los huesos del cráneo constituyen la cavidad craneal, que encierra y protege al encéfalo. El cráneo está formado por ocho huesos, que son un frontal, dos parietales, dos temporales, un occipital, un etmoides y un esfenoides. La cara está formada por catorce huesos faciales: dos maxilares superiores, dos malares, dos nasales, un maxilar inferior (o mandíbula), dos lagrimales, dos palatinos, dos cornetes nasales inferiores y un vómer.

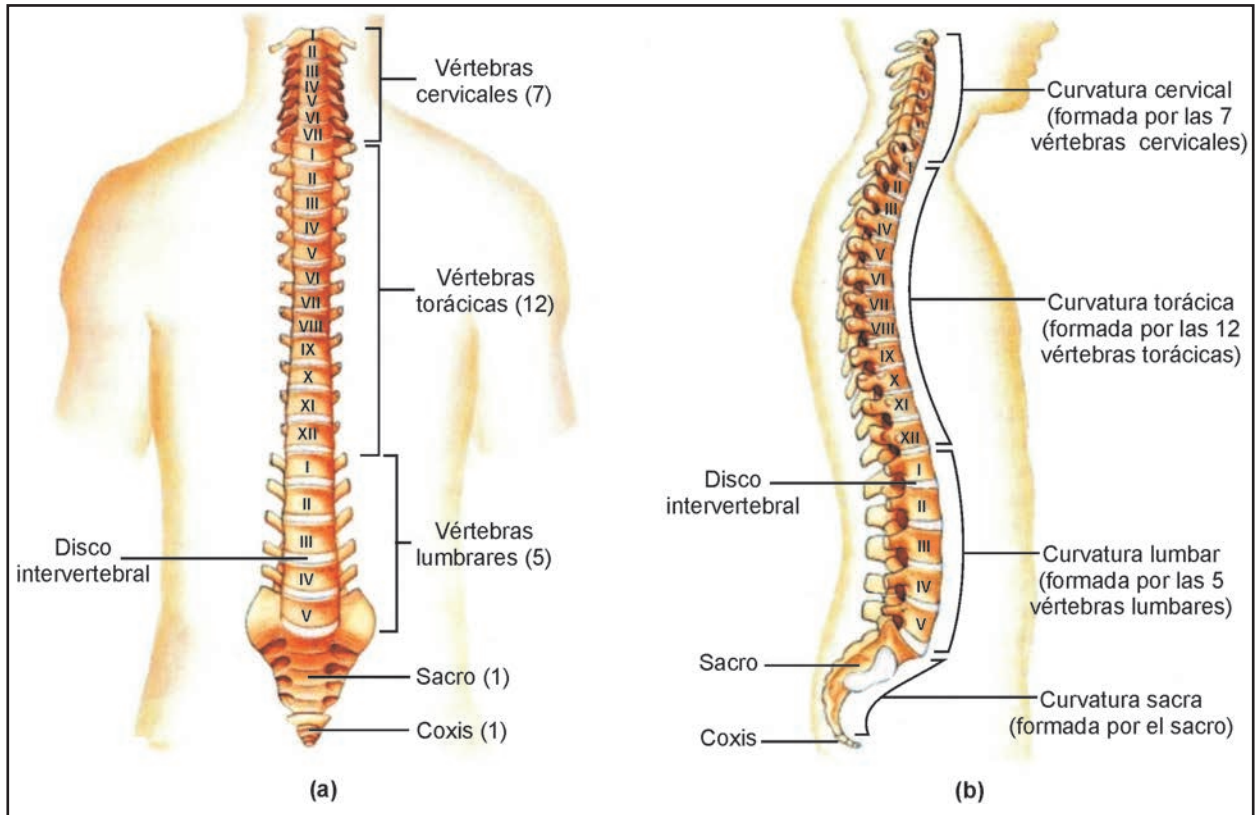


Figura 3.6. a) Vista anterior que muestra las regiones de la columna vertebral y b) Vista lateral que muestra las cuatro curvaturas normales.

se mueve hacia delante, hacia atrás y a los lados. Envuelve y protege la médula espinal, sostiene la cabeza y es el punto de inserción de las costillas y los músculos de la espalda.

En el adulto, la columna vertebral está constituida por 26 vértebras que se distribuyen como sigue:

- ❖ 7 vértebras cervicales, que constituyen el esqueleto del cuello.
- ❖ 12 vértebras torácicas, llamadas así porque quedan detrás de la cavidad torácica.
- ❖ 5 vértebras lumbares, en la porción inferior de la espalda.
- ❖ 1 hueso sacro, que resulta de la fusión de las 5 vértebras sacras.
- ❖ 1 hueso coxis, que se forma por la fusión de las 4 vértebras coxígeas.

Las vértebras cervicales, torácicas y lumbares son móviles, mientras que el sacro y el coxis son huesos inmóviles.

Entre cada par de vértebras, desde la primera hasta el sacro, hay **discos intervertebrales** de cartílagos. Los discos forman articulaciones resistentes que permiten diversos movimientos de la columna vertebral y absorben los impactos verticales.

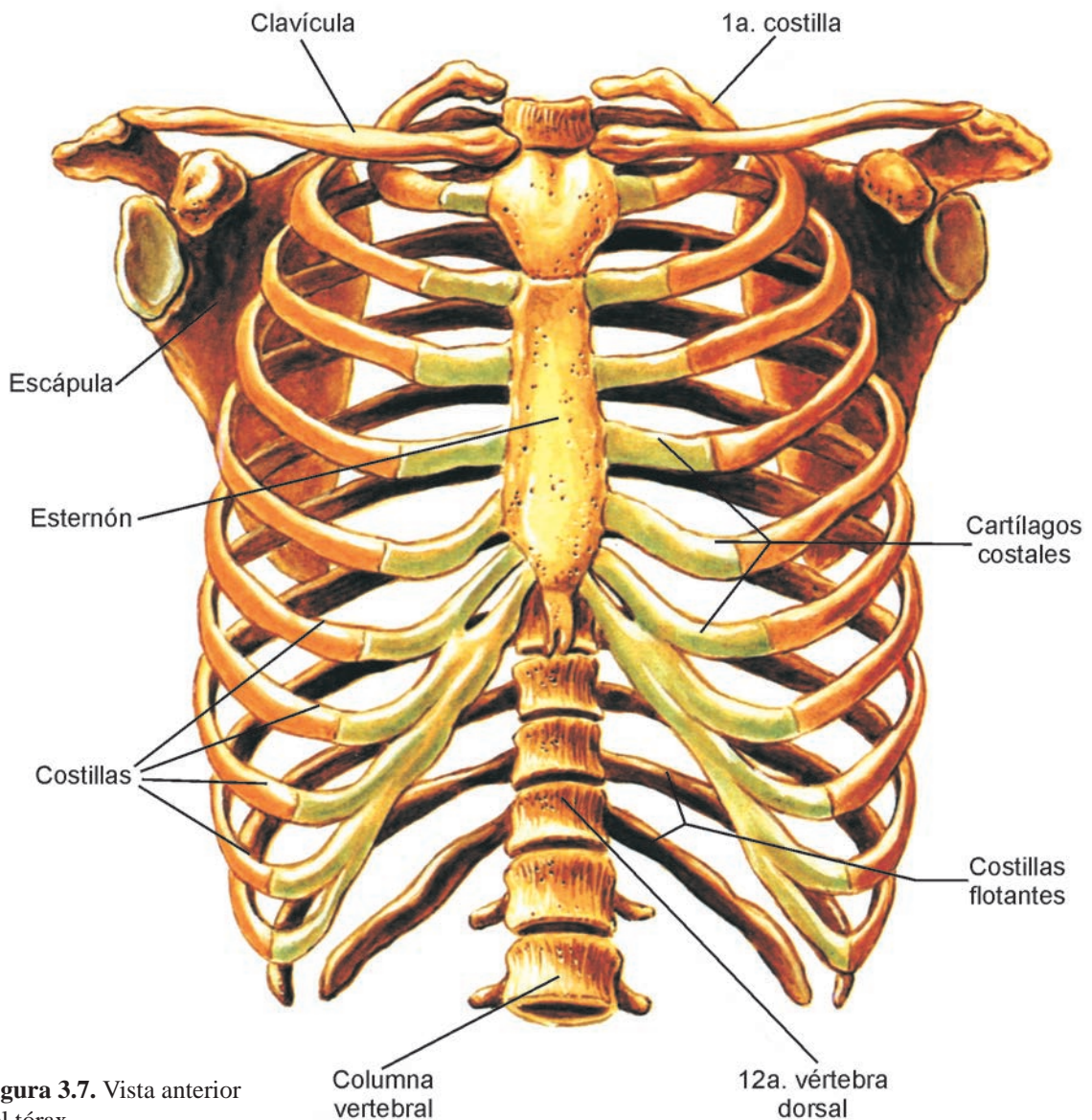


Figura 3.7. Vista anterior del tórax.

Tórax

En anatomía, el término de *tórax* se refiere a la porción del esqueleto, también conocida como caja torácica, formada por el esternón, los cartílagos costales, las costillas y los cuerpos de las vértebras torácicas. La caja torácica contiene y protege los órganos de la cavidad torácica y constituye un medio de fijación de los huesos de la cintura escapular y de los miembros superiores.

Esternón

Es un hueso plano, formado por dos tablas de tejido compacto entre las cuales se encuentra tejido esponjoso. Se articula con las clavículas y las siete primeras costillas. Mide unos 15 ó 20 cm de longitud por 5 ó 6 cm de anchura. Su forma recuerda la de una espada.

Costillas

Son huesos planos, dispuestos en forma de arco entre la columna vertebral y el esternón. Son veinticuatro, doce por cada lado, y se articulan en su extremo posterior con la vértebra dorsal co-

respondiente. Las costillas se dividen en tres variedades: las primeras siete se denominan **costillas verdaderas** debido a que se articulan con el esternón a través de sus respectivos cartílagos (llamados cartílagos costales). Las cinco últimas no están articuladas directamente con el esternón, sino mediante sus respectivos cartílagos unidos entre sí, se denominan **costillas falsas**. De ellas, la undécima y duodécima, debido a que se encuentran libres en toda su extensión, se denominan **costillas flotantes**.



Figura 3.8. Los 8 huesos de la muñeca.

Esqueleto apendicular

Cintura escapular (hombro)

La **cintura escapular** está constituida por dos huesos, la **clavícula** por delante, y la **escápula** por detrás.

Miembros superiores

Brazo

Se halla constituido por un solo hueso, el **húmero**, que se articula por arriba con la **escápula** y por abajo a nivel del codo con los huesos del antebrazo (cúbito y radio).

Antebrazo

Está constituido por dos huesos dispuestos paralelamente entre sí, el **cúbito** y el **radio**. El cúbito se localiza del lado del dedo meñique; el radio, del lado del pulgar.

Muñeca

Los **huesos de la muñeca** o **carpo** son ocho pequeños huesos: **trapezoide, trapecio, hueso grande, escafoides, ganchoso, piramidal, pisiforme y semilunar**, dispuestos en dos filas transversales.

Mano

El **metacarpo** está constituido por cinco huesos largos o **huesos metacarpianos**, que forman el dorso y palma de la mano. Los cinco dedos, de fuera hacia dentro llamados pulgar, índice, medio, anular y meñique, están formados por las **falanges**. Hay catorce falanges en cada mano, tres para cada dedo, a excepción del pulgar, que sólo posee dos.

Cintura pelviana (cadera)

Consta de dos **huesos de la cadera** o **coxales**. Los dos huesos coxales se unen por delante a través de la **sínfisis del pubis** y por detrás se unen al sacro. El anillo formado por los huesos coxales, la sínfisis del pubis y el sacro forman la **pelvis ósea**. Los huesos del varón suelen ser más grandes, pesados y presentan rugosidades superficiales más grandes que los de las mujeres de la misma edad y estatura. La pelvis femenina es más ancha y menos profunda que la masculina. Consecuentemente hay más espacio, lo que facilita el paso de la cabeza del bebé durante el parto.

Miembros inferiores

Muslo

El **fémur**, hueso del muslo, es el más largo, pesado y resistente del cuerpo. Se articula a nivel de la cadera con el hueso coxal, y a nivel de la rodilla con la rótula, la tibia y el peroné.

Pierna

La **rótula** más que a la pierna, pertenece a la rodilla. Es un hueso sesamoideo que se desarrolla a partir del tendón del músculo cuádriceps femoral.

La **tibia** es un hueso largo, situado en la parte interna y anterior de la pierna, se le conoce comúnmente como hueso de la “canilla” o “espinilla”. Es el hueso de la pierna que soporta el peso del cuerpo. El **peroné** es otro hueso largo, en la parte posterior y externa de la pierna. Es más delgado que la tibia.

Pie

Comprende veintiséis huesos, dispuestos en tres grupos que se detallan a continuación:

Tarso

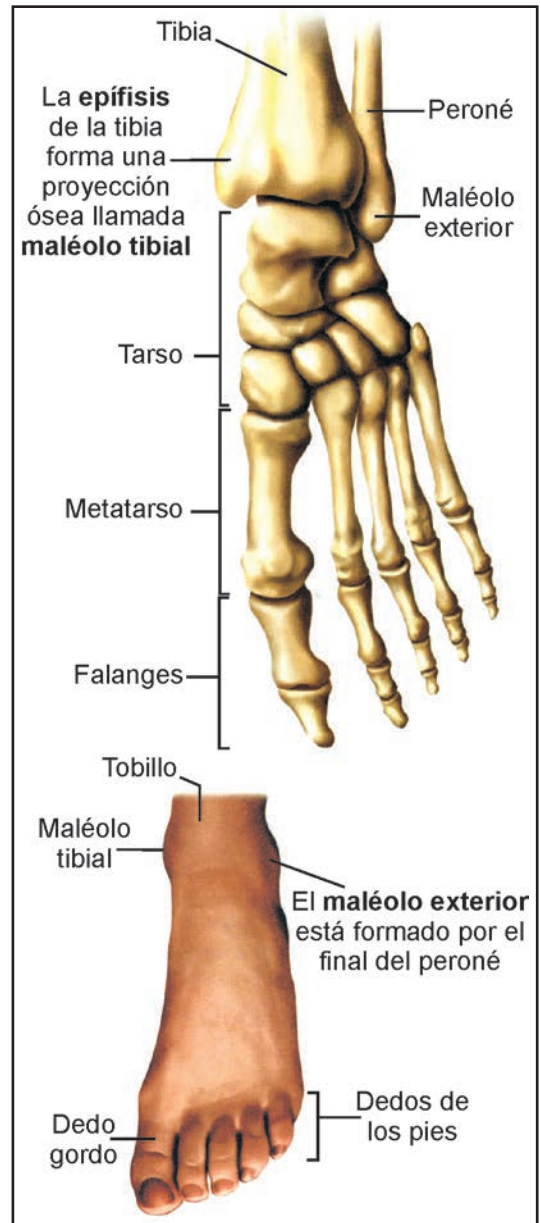
Son siete huesos cortos, dispuestos en dos filas: la posterior comprende el **astrágalo** y el **calcáneo**; la anterior, el **cuboides**, el **escafoides** y los tres huesos **cuneiformes**.

Metatarso

El metatarso consiste en los cinco huesos metatarsianos, designados con los números romanos del I al V, de dentro a fuera. El primer metatarsiano es más grueso que los demás, ya que soporta más peso. Son huesos largos y conforman el dorso del pie.

Huesos de los dedos

Como en el caso de la mano, están formados por tres falanges. También el dedo gordo, como el pulgar, carece de la tercera falange. Los dedos del pie están mucho menos desarrollados que los de la mano debido, a su menor movilidad.



Fracturas

A la ruptura de un hueso se le conoce como **fractura**. Las fracturas se clasifican de acuerdo con su gravedad, la forma o posición de la línea de fractura, o incluso del nombre propio de quien las describió primero. Las fracturas más comunes son las siguientes:

Fractura expuesta (abierta). Es cuando los extremos rotos del hueso atraviesan la piel.

Fractura simple (cerrada). El hueso no atraviesa la piel.

Fractura conminuta (de *comminutus*, en pedacitos). El hueso se astilla en el lugar del impacto y entre los dos fragmentos óseos principales se encuentran otros más pequeños.

Fractura en tallo verde. Es una fractura parcial en la que un lado del hueso está roto y el otro lado se halla incurvado; sucede solamente en los niños, cuyos huesos no se encuentran osificados por completo y contienen más material orgánico que inorgánico.

Fractura impactada. Uno de los extremos del hueso fracturado se introduce forzosamente en el interior del otro.

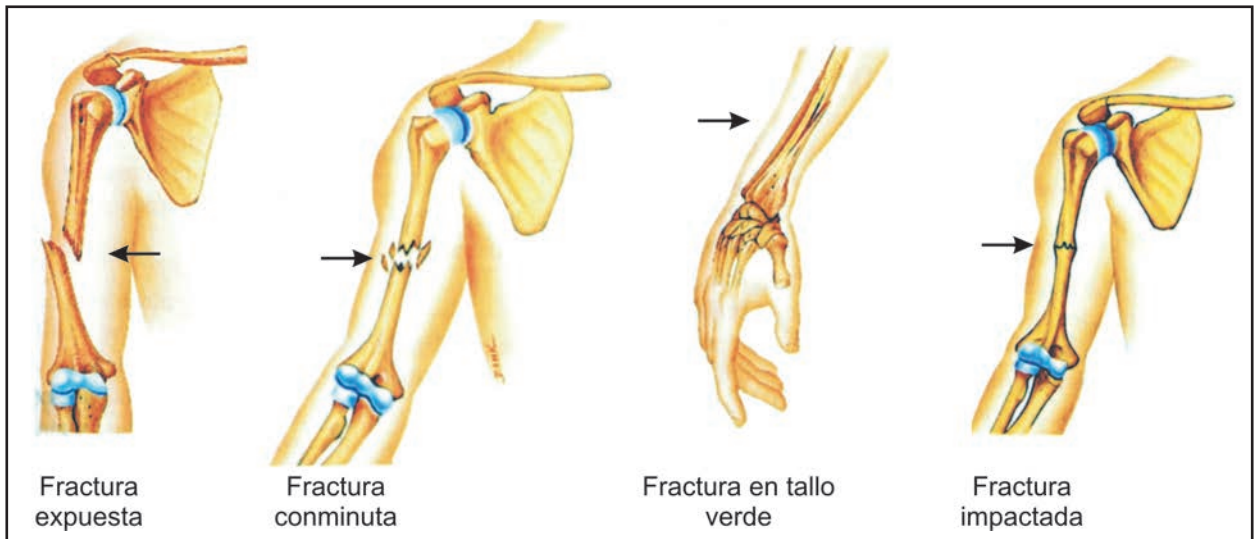


Figura 3.10. Algunos tipos de fracturas.

Osteoporosis

La **osteoporosis** es un estado en el que los huesos se vuelven porosos. El problema básico es que la resorción ósea es mayor que la formación de hueso. Se pierde más calcio con la orina, las heces, el sudor, de lo que se absorbe con la dieta. La masa ósea disminuye tanto que los huesos, con frecuencia, se fracturan en forma espontánea por la tensión mecánica cotidiana. Por ejemplo, una fractura de cadera se puede producir simplemente por sentarse demasiado rápido. Las mujeres mayores sufren osteoporosis más a menudo que los varones.

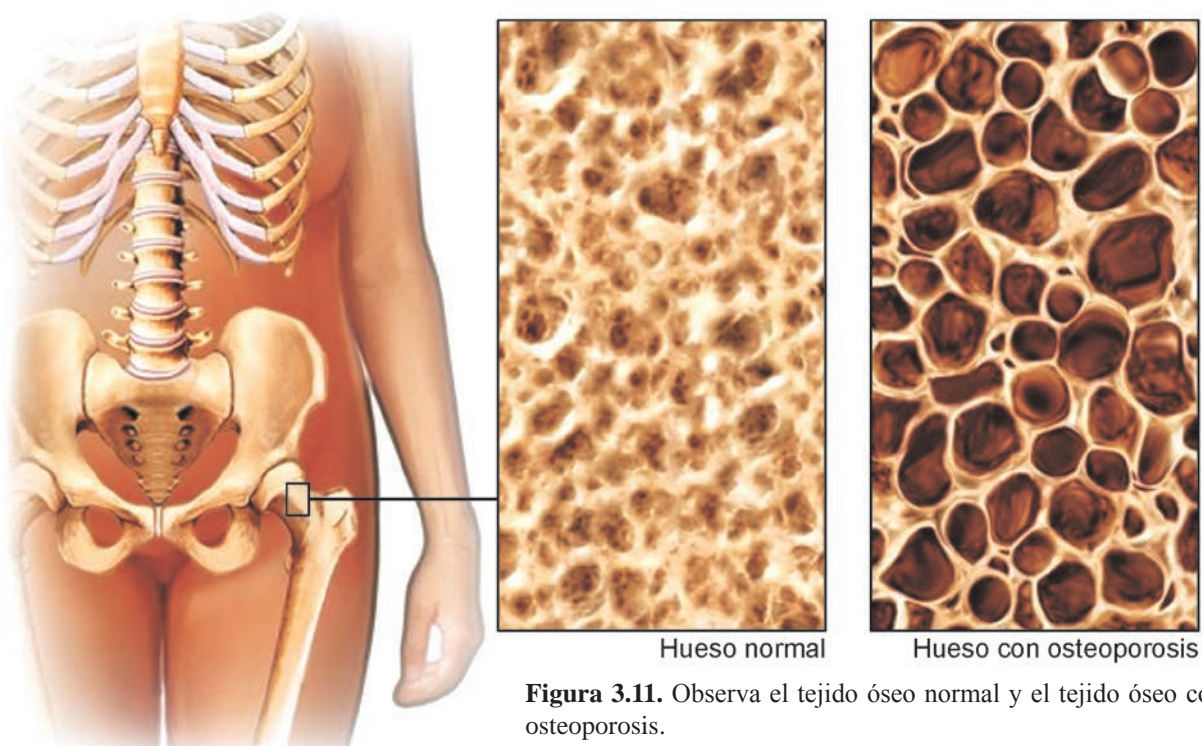


Figura 3.11. Observa el tejido óseo normal y el tejido óseo con osteoporosis.



Densitometría ósea (DXA)

El examen de densidad ósea es una forma mejorada de tecnología de rayos X que se utiliza para medir la pérdida de hueso.

La DXA mayormente se utiliza para diagnosticar osteoporosis, una enfermedad que afecta a las mujeres después de la menopausia. También para evaluar el riesgo que tiene una persona para desarrollar fracturas.

Por lo general se realiza en las caderas y en la zona inferior de la columna vertebral. En los niños se explora la totalidad del cuerpo.



Raquitismo

El **raquitismo** es una enfermedad en la que falla el proceso de calcificación ósea, por lo que los huesos se vuelven blandos o gomosos y fácilmente deformables. Afecta el crecimiento óseo en los niños. El raquitismo es causado por una deficiencia de vitamina D, resultante de una deficiente exposición al sol o por falta de aporte en la dieta.



Figura 3.12. Radiografía que nos muestra los huesos deformes a causa de una deficiencia de vitamina D.



Injertos óseos

El injerto de hueso consiste en tomar un trozo de hueso, de una parte del cuerpo (por lo general del peroné) con su respectivo periostio y arteria nutricia, para reemplazar el hueso ausente en otra parte.



Pie plano y pie en garra

Los huesos que conforman los arcos del pie se mantienen en su posición gracias a la acción de los ligamentos y tendones. Cuando estos ligamentos y tendones se encuentran debilitados, la altura del arco descende y el resultado es el pie plano. Entre sus causas se encuentran la predisposición genética, exceso de peso, anomalías posturales. Es frecuente que el ortopedista prescriba un arco hecho a medida (plantilla) para tratar el pie plano. El pie en garra es causado por un arco del pie anormalmente elevado, por lo general, es producto de deformidades musculares como las que pueden ocurrir en diabéticos, cuyas lesiones neurológicas generan atrofia en los músculos del pie.



Figura 3.13. Fotografía que nos muestra un pie plano (izquierda). A la derecha se muestra un esquema en el que se observa un pie en garra comparado con un pie sano.

Articulaciones

Una articulación es un punto de contacto entre dos huesos (o más), entre cartílago y hueso, o entre hueso y diente.

Funciones de las articulaciones

La función principal de las articulaciones es la unión de los diversos huesos que componen el esqueleto entre sí.

Son los elementos que confieren asimismo, estabilidad a dicha unión, permitiendo por ejemplo, la postura erecta, tan característica de la especie humana. La presencia del cartílago articular, recubriendo las superficies articulares de los huesos, evita un desgaste excesivo de éstos, al

deslizarse unos sobre otros en los diversos movimientos del cuerpo. Por último, es función de las articulaciones la limitación de dichos movimientos para evitar que sobrepasen una amplitud determinada, en función de las necesidades de cada parte del cuerpo.

Tipos de articulaciones

La clasificación de las articulaciones en diversos tipos se basa en su movilidad, muy variable de una región del cuerpo a otra. Hay articulaciones que tienen movimientos nulos o casi nulos. Otras, que en general corresponden a las extremidades, han alcanzado, por el contrario, gran complejidad y pueden efectuar una amplia gama de movimientos. A continuación se describen los diversos tipos de articulación, que se pueden dividir en tres grupos principales:

- ❖ Diartrosis, las más móviles y complejas.
- ❖ Anfiartrosis o sínfisis, semimóviles.
- ❖ Sinartrosis o suturas, sin movilidad.

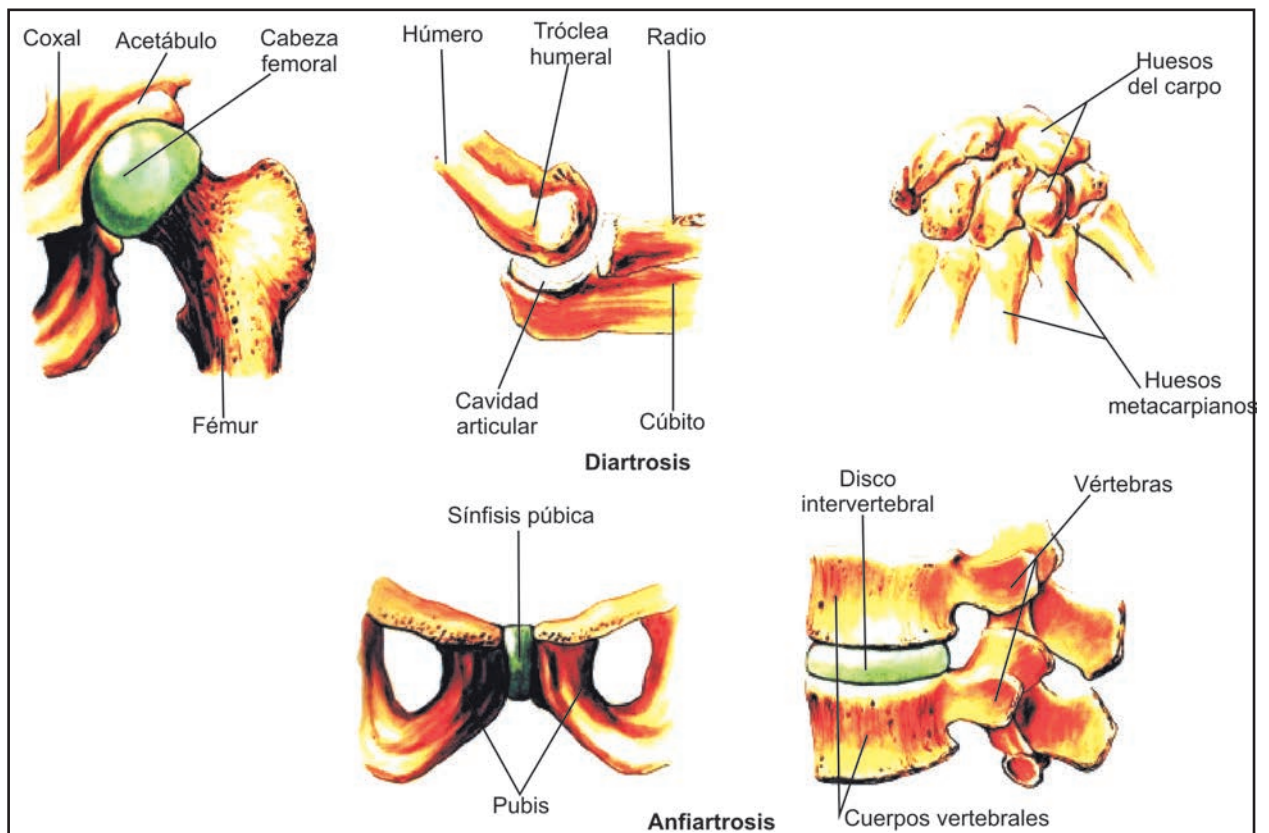


Figura 3.14. Tipos de articulaciones.

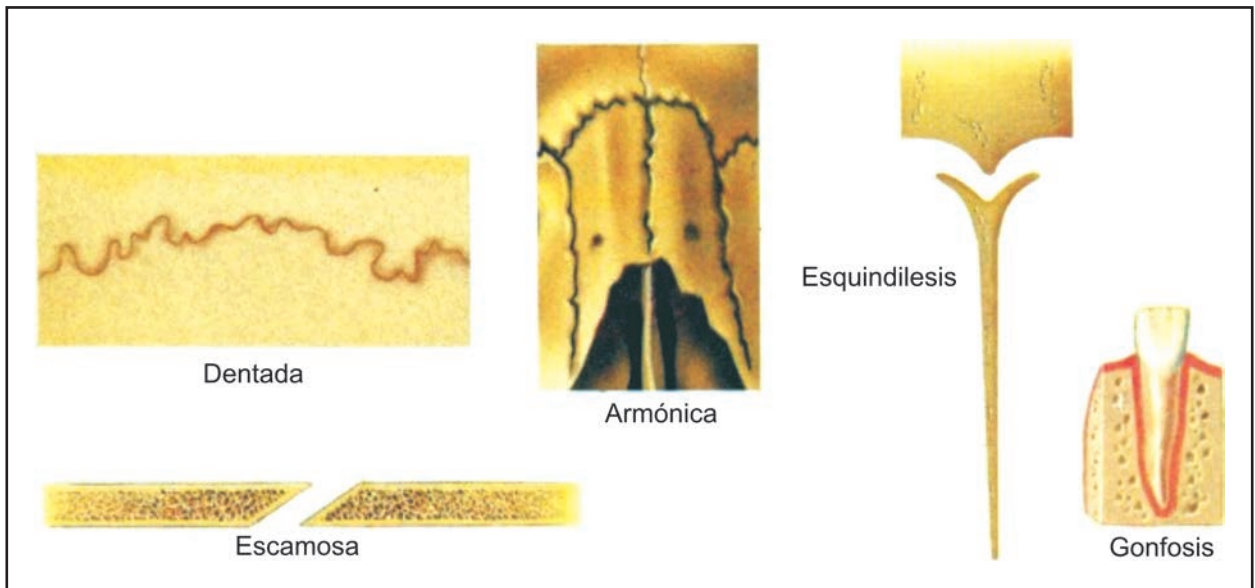


Figura 3.15. *Tipos de suturas.*

Diartrosis

Son las articulaciones más móviles y más complejas. Presentan un espacio entre los huesos que la forman, llamado **cavidad articular** o **sinovial**, la cual por lo general está recubierta por cartílago. Dentro de la cavidad articular se encuentra el líquido sinovial, que lubrica la articulación y nutre al cartílago. Son ejemplos las articulaciones del hombro, rodilla, codo, cadera (coxofemoral), muñeca, etc.

Con el envejecimiento disminuye la cantidad de líquido sinovial, se adelgaza el cartílago articular y decrece la flexibilidad de los ligamentos.

La mayoría de las personas experimenta cierta degeneración en las rodillas, los codos, las caderas y los hombros, conforme al proceso de envejecimiento.



Esguinces

Un **esguince** es una torcedura violenta de la articulación, que estira o rasga estos ligamentos, sin luxar los huesos. Ocurre cuando los ligamentos se estiran más allá de su capacidad normal. Además, puede dañar vasos sanguíneos, músculos, tendones o nervios circundantes. La articulación del tobillo es la que con más frecuencia se esguinza; la columna lumbar es otro sitio frecuente de esguince.



Figura 3.16. *Fotografía que nos muestra el momento en que es producido un esguince.*

Anfiartrosis o sínfisis

Son articulaciones semimóviles, con movimientos poco extensos. Estas articulaciones no poseen cavidad. En ellas, el cartílago une a los huesos participantes. Son ejemplos las articulaciones presentes entre las vértebras, así como la sínfisis púbica, que hay entre los extremos anteriores de los huesos coxales.

Sinartrosis o suturas

En este tipo de articulación, las dos superficies óseas se unen de tal manera que no hay posibilidad de movimiento. Los ejemplos los tenemos precisos en las articulaciones de los huesos del cráneo y de la cara (excepto la mandíbula).



Luxación

Es la separación de un hueso de una articulación, con rotura de ligamentos, tendones y cápsula articular. Es ocasionada por un golpe o una caída, aunque también puede ser un factor el esfuerzo físico inusual. Por ejemplo, cuando se bosteza o se mastica un gran bocado, la mandíbula puede luxarse (desplazamiento anterior), quedando la boca abierta y no se puede cerrar. Esto puede corregirse presionando con los pulgares hacia abajo sobre las muelas y llevando la mandíbula hacia atrás.



Figura 3.17. Luxación de la mandíbula.



Artritis

En la **artritis reumatoide**, las membranas sinoviales de las articulaciones se inflaman, degeneran y se endurecen. Cuando esta enfermedad ya está avanzada, las articulaciones se inflaman y se deforman, como las de la fotografía.



Figura 3.18. Manos con artritis.

Actividad de laboratorio



Realizar la actividad 2 “Estructura del hueso” que se encuentra en la p. 290.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. El sistema esquelético está constituido por huesos, _____ y _____.
2. El hueso _____ forma la mayor parte del tejido óseo en la diáfisis.
3. El _____ es el principal reservorio de calcio en el organismo.
4. La _____ es el espacio dentro del cuerpo del hueso que contiene a la médula ósea amarilla.
5. El _____ es la membrana resistente que rodea a la superficie ósea en donde el cartílago no está presente.
6. El _____ es la membrana que reviste la cavidad medular.
7. Son los extremos distales y proximales de los huesos _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

8. Una articulación es un punto de contacto entre dos huesos, entre cartílago y huesos o entre hueso y diente. ()
9. La estructura de una articulación puede permitir movimiento libre, poco movimiento o ningún movimiento. ()
10. En una fractura expuesta, el hueso se astilla en el lugar del impacto y entre los dos fragmentos óseos principales, se encuentran otros más pequeños. ()
11. Debido a que la undécima y duodécima costillas están libres en toda su extensión, se denominan costillas falsas. ()

Contesta las siguientes preguntas:

12. ¿Cuáles son las diferencias entre médula ósea roja y médula ósea amarilla en cuanto a su aspecto, localización y función?

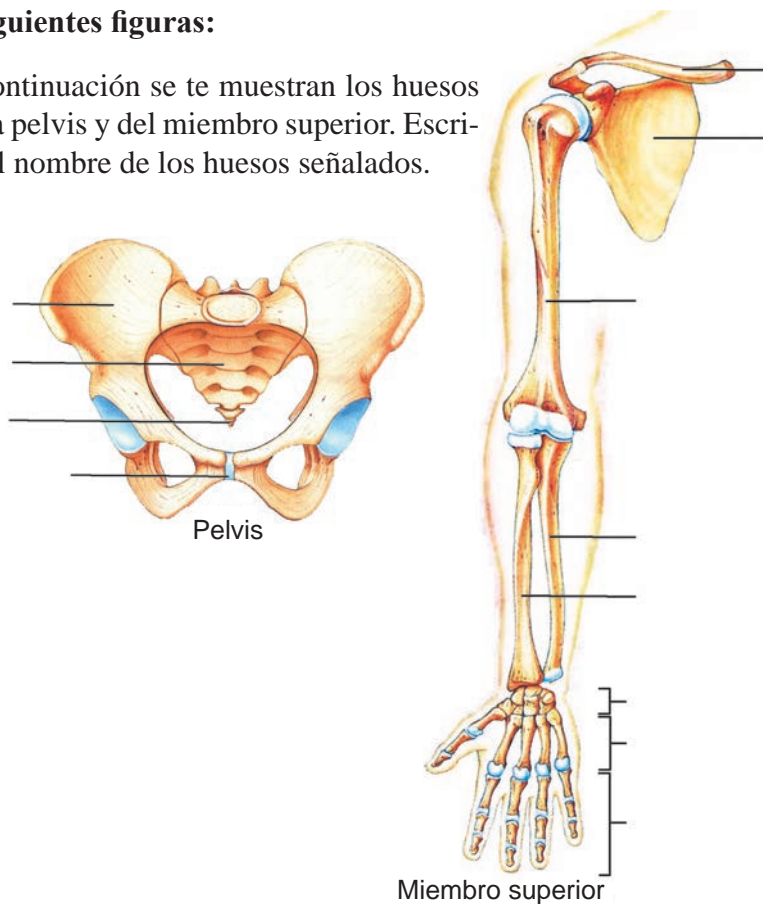
13. ¿Cuál es el hueso de la pierna que soporta el peso del cuerpo?
-
14. ¿Cómo se les llama a los primeros siete pares de costillas?
-
15. ¿Cómo se le llama a los pequeños huesos localizados entre las articulaciones de los huesos craneales?
-
16. ¿Cuál es el único hueso del cuerpo humano que no articula con otro hueso?
-

Elige la respuesta correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

17. Es el único hueso móvil del cráneo.
- a) Frontal b) Parietal c) Temporal
d) Occipital e) Mandíbula
18. Son parte del esqueleto axial.
- a) Costillas y húmero
b) Esternón y cúbito
c) El cráneo y la columna vertebral
d) Fémur y huesos del carpo
e) Rótula y clavícula
19. Son huesos irregulares.
- a) Huesos del tarso y del carpo
b) Cúbito y radio
c) Occipital y esternón
d) Costillas y omóplatos
e) Vértebras y algunos huesos faciales
20. Se articula con las clavículas y las siete primeras costillas.
- a) Omóplato b) Esternón c) Sacro
d) Sesamoideo e) Frontal
21. Estos huesos forman la porción posterior lateral del cráneo.
- a) Temporales b) Parietales c) Etmoides
d) Esfenoides e) Semilunares

Rotula las siguientes figuras:

22. A continuación se te muestran los huesos de la pelvis y del miembro superior. Escribe el nombre de los huesos señalados.

**Aplicación de conceptos**

23. Durante un partido de fútbol, Roberto fue golpeado y se torció la pierna. Presentó dolor en forma inmediata por hinchazón en la articulación de la rodilla. El dolor y la hinchazón empeoraron a lo largo del resto de la tarde hasta que Roberto apenas pudo caminar. El entrenador le dijo que viera a un médico traumatólogo para “drenar el agua de la rodilla” ¿A qué se referirá el entrenador y qué piensas que le pasó a Roberto específicamente en la articulación de la rodilla?

24. “Bobby”, un perro pastor alemán, desenterró un esqueleto humano completo en un bosque cercano. Luego de examinar la escena, la policía recolectó los huesos y los llevó a la morgue para su identificación. Días después, el dueño del perro leyó en el periódico que el esqueleto encontrado correspondía a una mujer anciana. ¿Cómo determinaron los médicos forenses el sexo y la edad de la persona a quien correspondía el esqueleto?

25. Un papá sostiene por los brazos a su hija de 5 meses parada sobre sus pies. Le comenta a su esposa que la niña nunca podrá ser bailarina, porque sus pies son demasiado planos. ¿Es esto verdad? _____ ¿Por qué?

26. Un agricultor sufrió un accidente en la mano izquierda perdió los dedos pulgar y anular. Su hija que estudia biología dijo que le quedan tres falanges en la mano izquierda. ¿Está en lo cierto o debe repasar anatomía? Justifica tu respuesta.

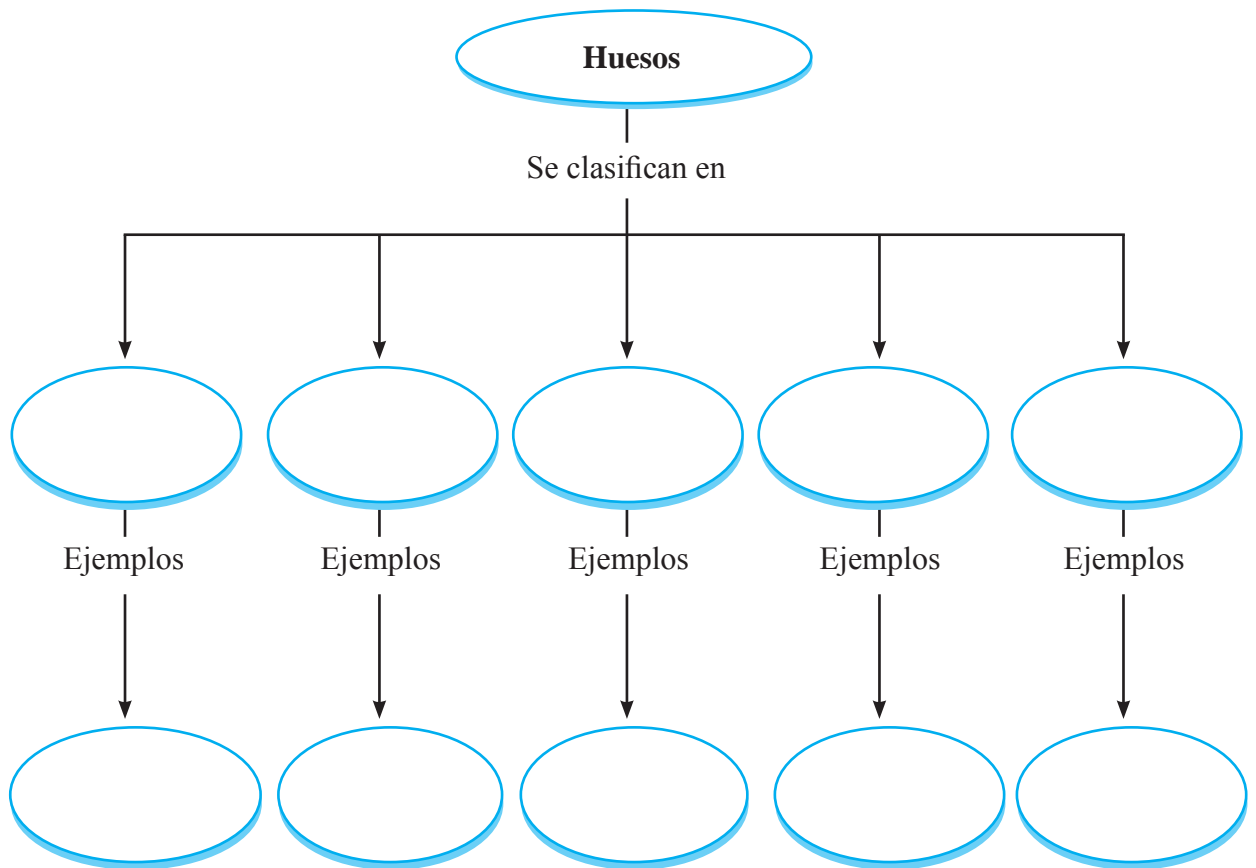
27. Un joven sufrió un accidente automovilístico. No puede abrir la boca y se ha informado que presenta fractura nasal, en la mejilla, en el antebrazo derecho y perforación de un pulmón. ¿Qué huesos tiene afectados?

28. Una mujer de 50 años resbaló y rodó por las escaleras de su casa. La consecuencia de este accidente fue un dolor en su pierna izquierda. Su médico examinó la pierna afectada y no encontró ningún indicio de lesión; entonces solicitó que se le practicara una densitometría ósea. ¿Qué sospecha el doctor?

Construye y aprende

29. Usa recursos de la biblioteca o del Internet para informarte más sobre la osteoporosis.
30. Elabora un proyecto para promover la industria láctea basada en la relación entre la leche y el desarrollo saludable de los huesos.

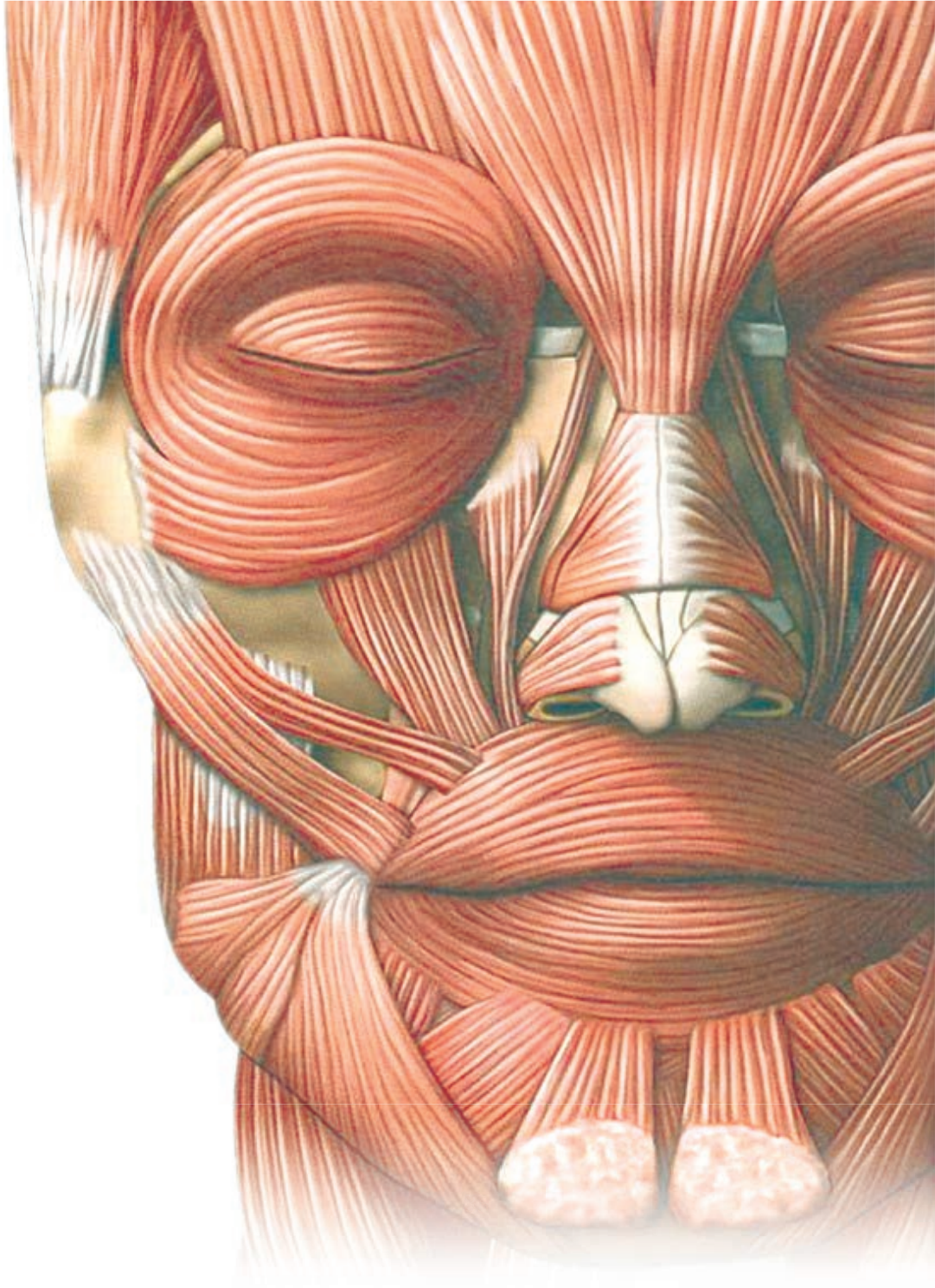
31. Completa el siguiente mapa conceptual sobre los tipos de huesos.



NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

4

Sistema muscular



Introducción

El sistema muscular está constituido por tres diferentes tipos de tejidos que tienen en común, la capacidad de contraerse y relajarse para producir movimientos voluntarios de huesos y movimientos involuntarios de corazón y otros órganos internos.

Más de 40% de la masa del cuerpo humano es músculo. El sistema muscular es responsable de cada movimiento del cuerpo desde el parpadeo de un ojo hasta una sonrisa. Incluye los grandes músculos que muestran algunos deportistas, los músculos que ayudan a regular la presión sanguínea, mover el alimento a través del aparato digestivo, etc.

Tipos de músculos

Los tipos de tejido muscular se basan en su localización, presencia de estrías y el tipo de control nervioso. Se reconocen tres tipos: esquelético, liso y cardiaco.

Músculos esqueléticos

Los **músculos esqueléticos** se llaman así porque la mayoría de ellos se adhieren a los huesos por medio de tendones y son responsables del movimiento del esqueleto y, por consiguiente, del cuerpo. La musculatura esquelética del cuerpo está integrada por más de 600 de estos músculos, los cuales también contribuyen a dar la forma externa del cuerpo.

El músculo esquelético, además, se conoce como **músculo estriado** ya que visto al microscopio presenta bandas oscuras y claras alternadas llamadas **estrías**.

Estos músculos se contraen a voluntad, es decir, cuando la persona quiere, ya que están inervados por el sistema nervioso central, por lo que también se les llama **músculos voluntarios**. Las células del músculo esquelético son largas y delgadas, y se les conoce como **fibras musculares**. Cada fibra (o célula) es multinucleada (los núcleos se localizan en la periferia) y su longitud varía desde 1 mm hasta unos 30 cm.

Cada uno de los músculos esqueléticos es un órgano compuesto por cientos a miles de fibras musculares, también contiene tejido conectivo, vasos sanguíneos y nervios.

El músculo esquelético contribuye a la homeostasis mediante cuatro funciones: produciendo los movimientos corporales, estabilizando las posicio-

nes que adopta el cuerpo, almacenando y movilizand o sustancias a través de éste y generando calor para mantener la temperatura normal del organismo.



**Contra-
cciones
anorma-
les de los
músculos
esquelé-
ticos**

Calambre. Es una contracción espasmódica dolorosa, se puede producir por flujo sanguíneo inadecuado a los músculos, uso desmedido del músculo, deshidratación, lesión, mantenerlo en una determinada posición por un período prolongado de tiempo y bajos niveles de electrolitos (potasio) en sangre.

Tic. Es una contracción aislada espasmódica involuntaria por parte de músculos, que suelen encontrarse bajo control voluntario, por ejemplo, las contracciones de los músculos de la cara o del párpado.

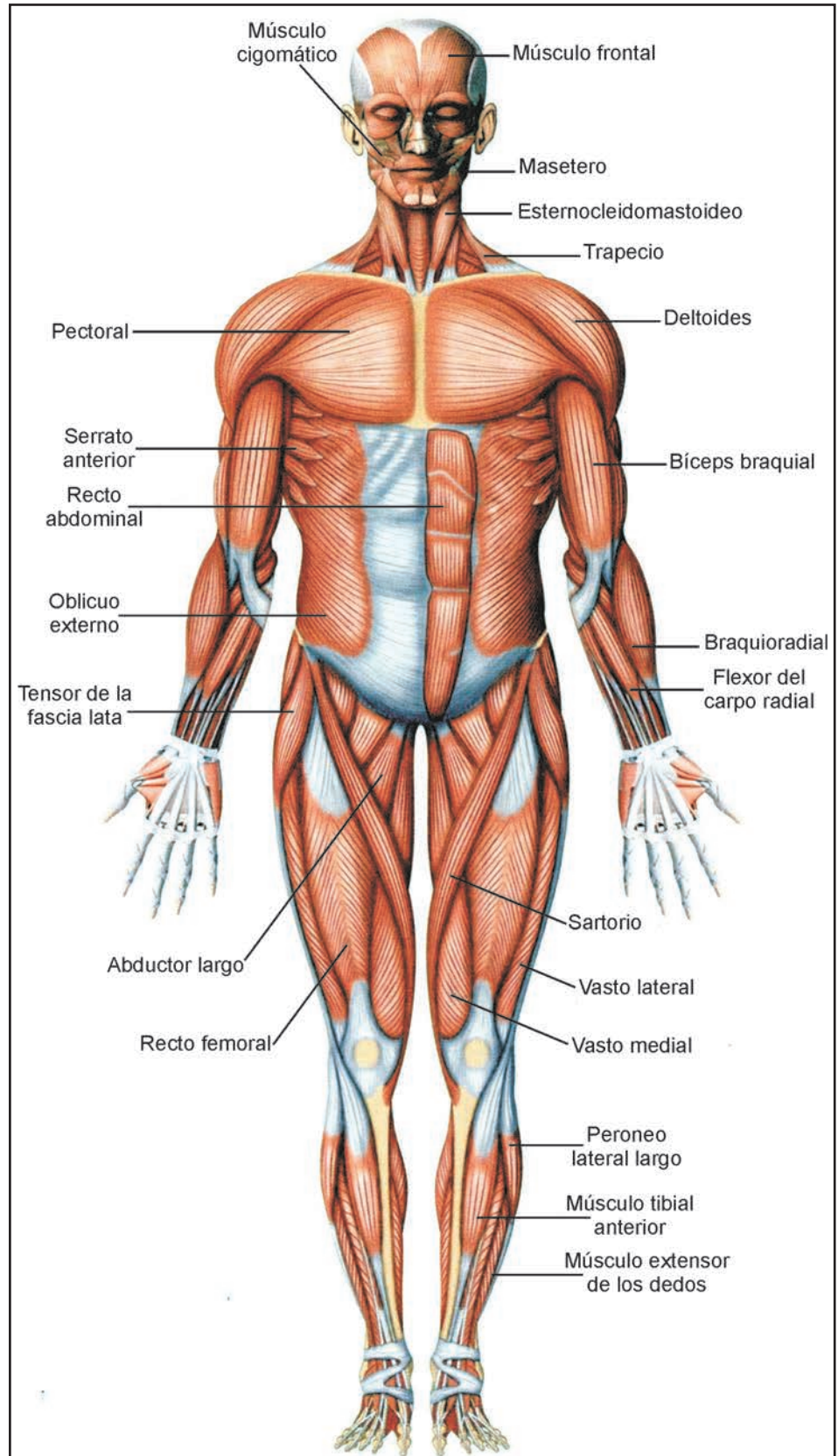


Figura 4.1. Vista anterior de los principales músculos esqueléticos.

Músculos lisos

El **músculo liso** es de color blanco o rosa pálido y está formado por células llamadas **fibras musculares lisas** pues no presenta estrías en su citoplasma. Las fibras musculares lisas tienen forma de huso, o sea, abultadas en el centro y adelgazadas en los extremos. Cada fibra posee un sólo núcleo, de forma oval y localización central. Estos músculos son regidos por el sistema nervioso vegetativo y el individuo no tiene ningún control voluntario sobre ellos. El músculo liso se encuentra en las paredes de los órganos huecos como el estómago, los intestinos, la vejiga, vesícula biliar, venas, arterias, etc.

Músculo cardíaco (miocardio)

El músculo cardíaco sólo se encuentra en el corazón. Este tipo de músculo, al igual que el esque-

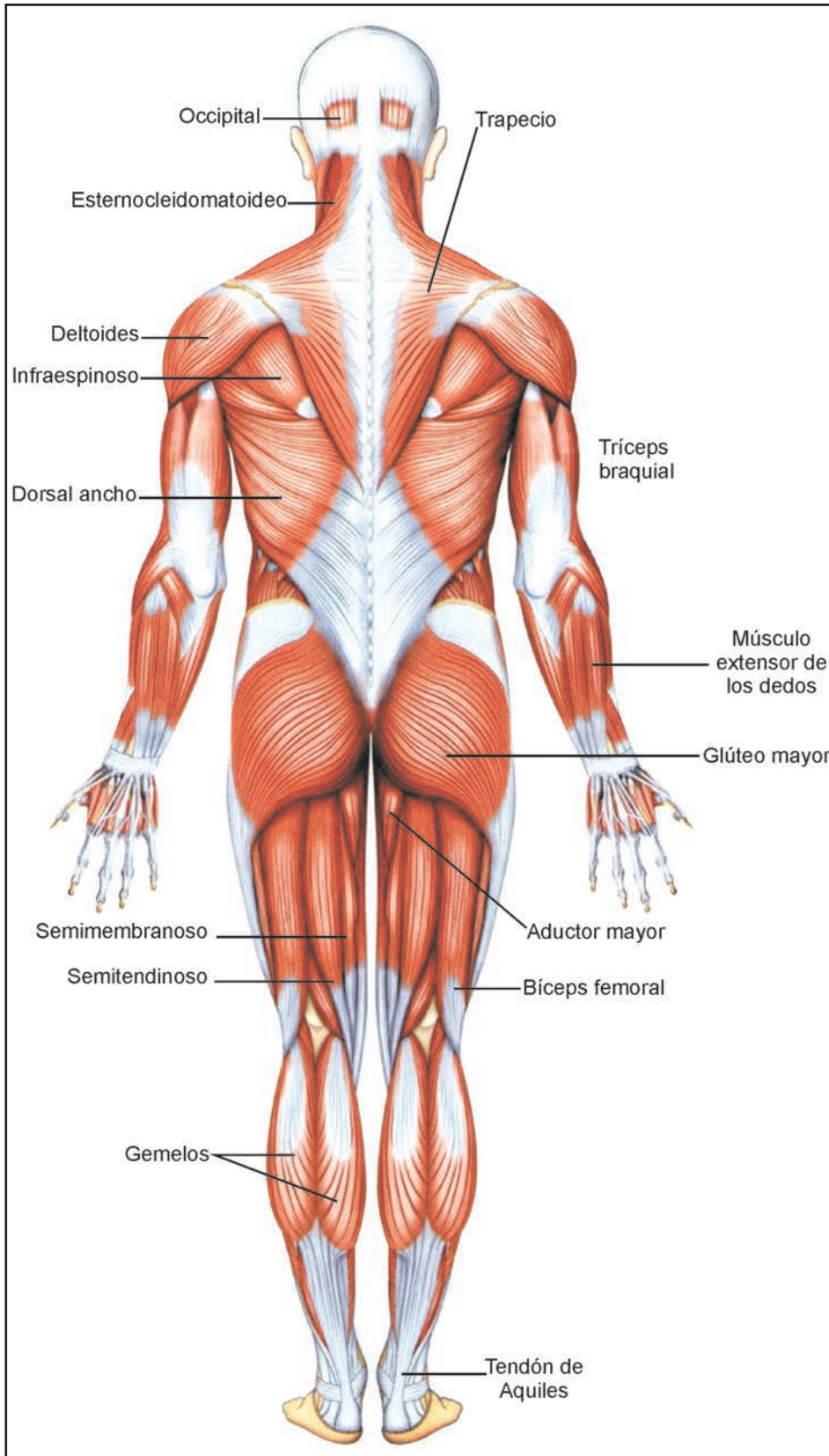


Figura 4.2. Vista posterior de los principales músculos esqueléticos.

lético, también es **estriado**, pero su acción es **involuntaria**, a semejanza del músculo liso, ya que no está bajo el control del sistema nervioso central. El ciclo de contracción y relajación del corazón no se controla en forma consciente, sin embargo, el músculo cardíaco difiere de ambos tipos musculares ya que sus fibras se ramifican y conectan entre sí. Estas uniones permiten la transmisión directa de impulsos nerviosos de una fibra a otra.

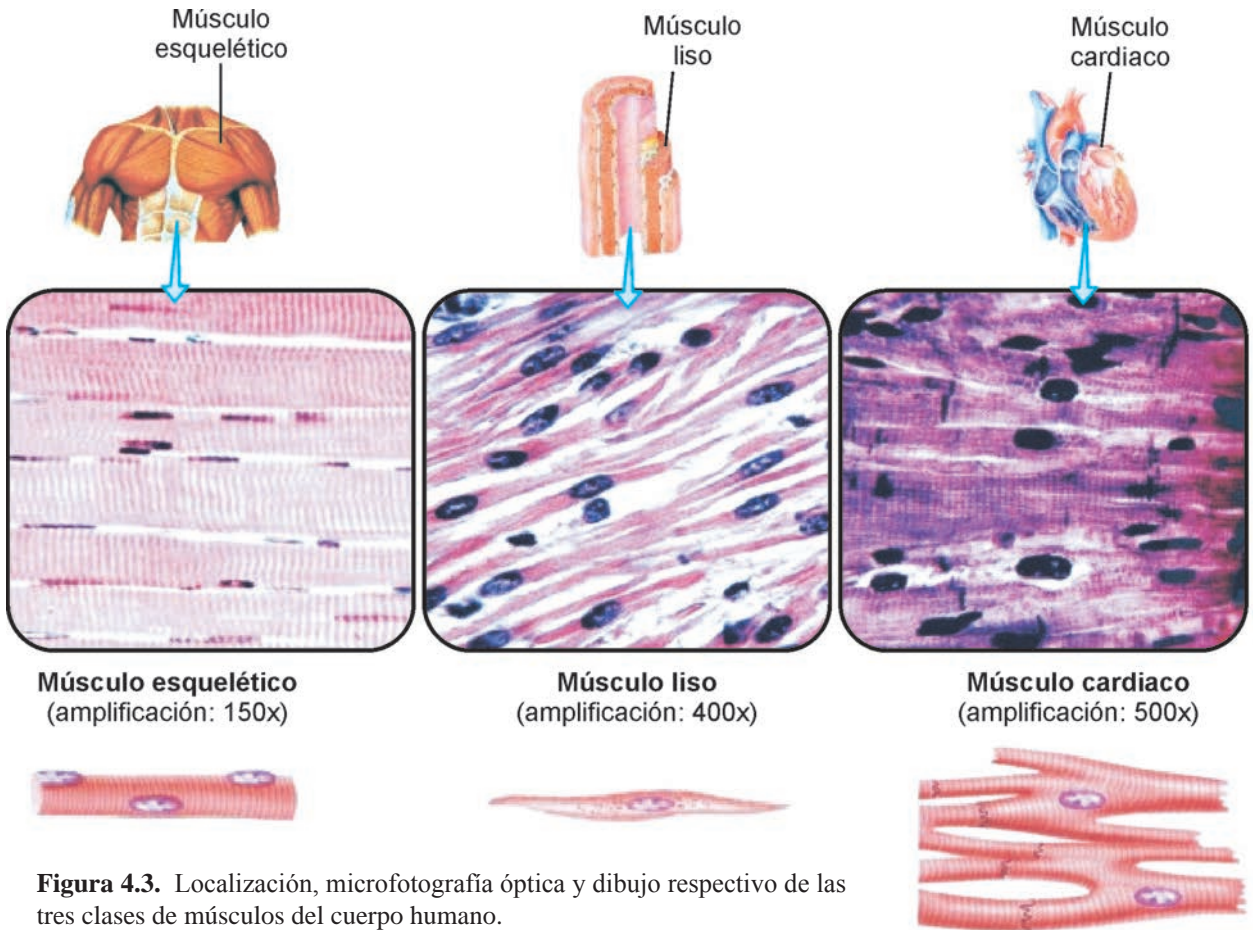


Figura 4.3. Localización, microfotografía óptica y dibujo respectivo de las tres clases de músculos del cuerpo humano.

Contracción muscular

Los músculos esqueléticos están formados por haces de fibras musculares, que a su vez se componen de **miofibrillas**. Dentro de las miofibrillas se encuentran estructuras más pequeñas llamadas **filamentos**, los cuales están constituidos por dos proteínas contráctiles: la **actina** y la **miosina**. Hay dos tipos de filamentos: los delgados hechos de actina y los gruesos hechos de miosina. Tanto los filamentos gruesos como los delgados están directamente involucrados en el proceso contráctil. Los filamentos se organizan en la miofibrilla en compartimientos llamados **sarcómeros**. Estos compartimientos son las unidades funcionales básicas de las miofibrillas. Regiones estrechas llamadas **líneas Z**, separan un sarcómero del otro.

Los músculos se contraen por un proceso llamado **mecanismo de deslizamiento de los filamentos**, que consiste en el deslizamiento de los filamentos delgados sobre los filamentos gruesos. El deslizamiento de los filamentos provoca el acercamiento de las líneas Z y, por ende, el acortamiento del sarcómero. El acortamiento de los sarcómeros provoca el acortamiento de toda la fibra muscular y, de esta manera, de la totalidad del músculo. La contracción muscular requiere de energía, así como iones de calcio. Esta energía está abastecida por el ATP.

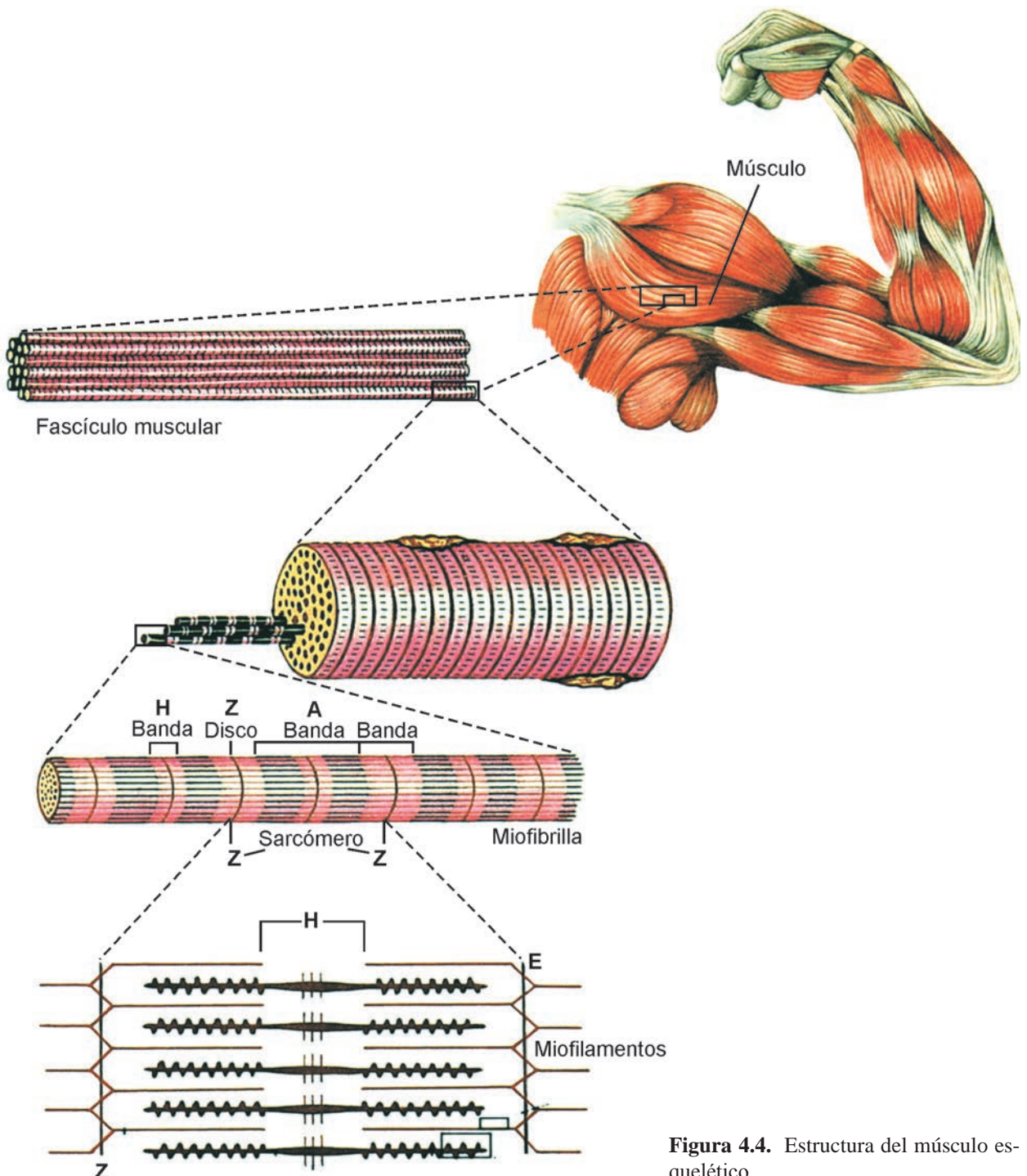


Figura 4.4. Estructura del músculo esquelético.



Rigor mortis (rigidez cadavérica)

El **rigor mortis**, es el endurecimiento (rigidez) de los músculos voluntarios e involuntarios debido a la falta de energía (ATP), después de la muerte. Esto es debido a que los aparatos respiratorio y circulatorio que obtienen y distribuyen el oxígeno para los músculos dejan de funcionar, es decir el oxígeno no llega a las células y la síntesis de ATP se suspende. Esta condición comienza de 3 a 4 horas después de la muerte y dura alrededor de 24 horas. Después de este tiempo desaparece el rigor mortis porque se inicia la digestión de los puentes cruzados entre miosina y actina por acción de enzimas proteolíticas de los lisosomas.

Ejercicio y salud

El ejercicio regular es importante para mantener la fuerza y flexibilidad de los músculos. Los músculos que se ejercitan con regularidad se mantienen firmes y aumentan de tamaño y fuerza, pues forman nuevos filamentos de actina y miosina.

Los ejercicios aeróbicos como correr, caminata rápida, pasear en bicicleta, esquiar, bailar y nadar, incrementan el suministro de sangre oxigenada a los músculos para la respiración celular aeróbica y, por consiguiente, hacen que los sistemas del cuerpo se vuelvan más eficientes. El ejercicio aeróbico ayuda al corazón y pulmones a ser más eficientes y esto aumenta la capacidad para realizar una actividad sin cansancio. Además, este tipo de ejercicio fortalece los huesos, pues los hace más resistentes y fuertes.

Los ejercicios de resistencia como levantar pesas, dependen en mayor medida de la producción anaeróbica de ATP a través de la glucólisis. Estas actividades anaeróbicas estimulan la síntesis de proteínas musculares y originan, con el tiempo, el aumento del tamaño muscular y la fuerza de los músculos, también disminuye la grasa corporal y aumentan la masa muscular (hipertrofia muscular).

En resumen, el ejercicio aeróbico aumenta la resistencia para las actividades prolongadas, mientras que el ejercicio anaeróbico aumenta la fuerza muscular para los desafíos breves.



Desgarro muscular

Es la rotura de un músculo a causa de un fuerte impacto, acompañado de sangrado y dolor intenso. Por lo regular ocurre en los deportistas de contacto, afectando al músculo cuádriceps femoral. Se trata con reposo, aplicación de hielo en el momento en que se produce la lesión, compresión con vendas y elevación del miembro.



Esteroides anabólicos

Muchos atletas del mundo usan estas hormonas, similares a la testosterona, y las consumen para aumentar el tamaño muscular y, de este modo, tener mayor fuerza durante competencias atléticas. Las altas dosis que se requieren para surtir efecto tienen efectos secundarios dañinos: cáncer de hígado, insuficiencia renal, mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, alteraciones del crecimiento y cambios súbitos del estado de ánimo. Las mujeres que toman estos fármacos pueden sufrir atrofia mamaria y uterina, irregularidades menstruales, esterilidad, crecimiento de vello facial y cambios del tono de voz. Los hombres pueden padecer una menor secreción de testosterona, atrofia testicular, esterilidad y calvicie.



Figura 4.5. Fotografía del actor Arnold Schwarzenegger, en la que se observa que los esteroides anabólicos aumentaron el tamaño de sus músculos (izquierda). A la derecha, otra fotografía del mismo artista donde ya no consume esteroides anabólicos.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. El tejido muscular _____ se localiza en las paredes de las estructuras huecas internas (vasos sanguíneos y vísceras).
2. El _____ es estriado y de acción involuntaria.
3. Las fibras musculares esqueléticas tienen una longitud desde 1 mm hasta unos _____ cm.
4. La mayoría de los músculos esqueléticos se unen a los huesos por medio de _____.
5. Cada fibra lisa posee _____ núcleo, de forma _____.
6. El músculo _____, visto al microscopio, presenta bandas oscuras y claras alternadas.
7. Cada músculo esquelético está constituido por una gran cantidad de _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

8. Los tipos de tejido muscular se basan en su localización, presencia de estrías y el tipo de control nervioso. ()
9. Los músculos esqueléticos se llaman así porque son los responsables del movimiento del esqueleto y, por consiguiente, del cuerpo. ()
10. Los núcleos de las fibras musculares lisas se localizan en la periferia de la célula debajo de la membrana celular. ()
11. Cada fibra muscular esquelética está constituida por miofibrillas. ()
12. La actina y la miosina son carbohidratos que constituyen a los filamentos dentro de las miofibrillas. ()

Contesta las siguientes preguntas:

13. ¿Cómo explicas el proceso de la contracción de los músculos esqueléticos?

14. ¿A qué se debe el nombre del “músculo liso”?

15. ¿Qué beneficios tienen el ejercicio aeróbico y el anaeróbico?

16. ¿Cuál es el músculo que nos permite girar la cabeza hacia los lados?

17. ¿Cómo contribuye el sistema muscular a la conservación de la homeostasis?

Elige la opción correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

18. Fibras musculares que tienen forma de huso.

- | | |
|----------------|-----------------|
| a) Cardiacas | b) Lisas |
| c) Voluntarias | d) Esqueléticas |
| e) Estriadas | |

19. Las actividades anaeróbicas estimulan la síntesis de:

- a) Lípidos musculares.
- b) Polisacáridos (glucógenos) musculares.
- c) Disacáridos (sacarosas) musculares.
- d) Proteínas musculares.
- e) Monosacáridos (glucosas) musculares.

20. Es el número aproximado de músculos esqueléticos en el cuerpo humano.

- | | | |
|--------|--------|-------|
| a) 300 | b) 900 | c) 45 |
| d) 90 | e) 600 | |

21. Músculo que nos permite cruzar la pierna.

- | | |
|------------------|---------------|
| a) Sartorio | b) Deltoides |
| c) Trapecio | d) Cigomático |
| e) Serrato mayor | |

22. Este músculo se localiza en el muslo.

- a) Gemelo interno
- d) Aductor mayor

- b) Gemelo externo
- e) Oblicuo mayor

c) Radial

Rotula la figura:

23. Señala los músculos que a continuación se mencionan: dorsal ancho, trapecio, deltoides, tríceps, glúteo mayor y gemelos.



Aplicación de conceptos

24. Durante un estiramiento facial (lifting), el cirujano plástico accidentalmente dañó el nervio facial del lado derecho de la cara. ¿Qué consecuencias puede ocasionar esto sobre la paciente y que músculos serían afectados?

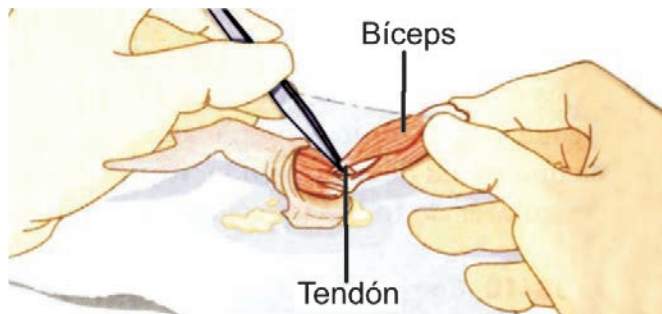
25. Marcela es una gran deportista. Hace unos meses empezó a presentar irregularidades menstruales, crecimiento del vello facial, cambios en el tono de su voz y atrofia mamaria. ¿A que crees que se deba esto?

26. Si alguno de tus compañeros deportistas sufriera un desgarro muscular, ¿qué harías para ayudarlo?

Construye y aprende

27. Aunque el ejercicio aumenta tu fuerza y resistencia, el exceso de ejercicio tiene algunos efectos adversos en el cuerpo. Investiga cuales son estos efectos y elabora un resumen.

28. Compra dos alas de pollo en el mercado. Enseguida ponte guantes, coloca una sobre una toalla de papel. Retira la piel y la grasa del segmento más grande del ala. Este músculo se llama *bíceps*. Busca el tendón que une al bíceps con los huesos del segmento intermedio del ala. Los tendones son cuerdas blancas, duras y lustrosas que unen los músculos a los huesos. Con una pinza, jala el tendón del bíceps y observa lo que pasa con el ala del pollo.



Contesta las siguientes preguntas:

¿Qué sucedió cuando jalaste el tendón?, en un pollo vivo, ¿qué estructura jalaría el tendón para mover el ala? _____.

Mueve cada uno de tus dedos, observa el dorso de tu mano. ¿En qué se parece el movimiento del ala y el de tus dedos? _____.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

5

Sistema nervioso



Introducción

El ser humano posee dos sistemas que regulan o controlan las funciones de todos los aparatos y sistemas del organismo. Uno de los sistemas es el sistema endocrino; el otro el sistema nervioso.

El sistema endocrino, constituido por las glándulas endocrinas, responde de manera más lenta que el sistema nervioso, aunque no menos efectiva, mediante la liberación de hormonas. Esto se estudiará en la siguiente unidad.

El sistema nervioso regula las actividades respondiendo con rapidez (casi instantáneamente) mediante **impulsos nerviosos**, a los estímulos que recibimos tanto del medio externo como del interno. Los dos sistemas regulan todos los procesos celulares de los distintos órganos del cuerpo para mantener la homeostasis.

El sistema nervioso, además de contribuir al mantenimiento de la homeostasis, tiene también a su cargo nuestras percepciones (mediante los sentidos), conductas e inicia todos los movimientos voluntarios del cuerpo que nos permiten caminar, correr, hablar, bailar, etc. Aunado a esto, el sistema nervioso nos da la posibilidad de pensar, aprender, recordar, crear, imaginar, soñar, etc.

El sistema nervioso es el sistema más complejo del organismo. Consiste en una red intrincada y altamente organizada

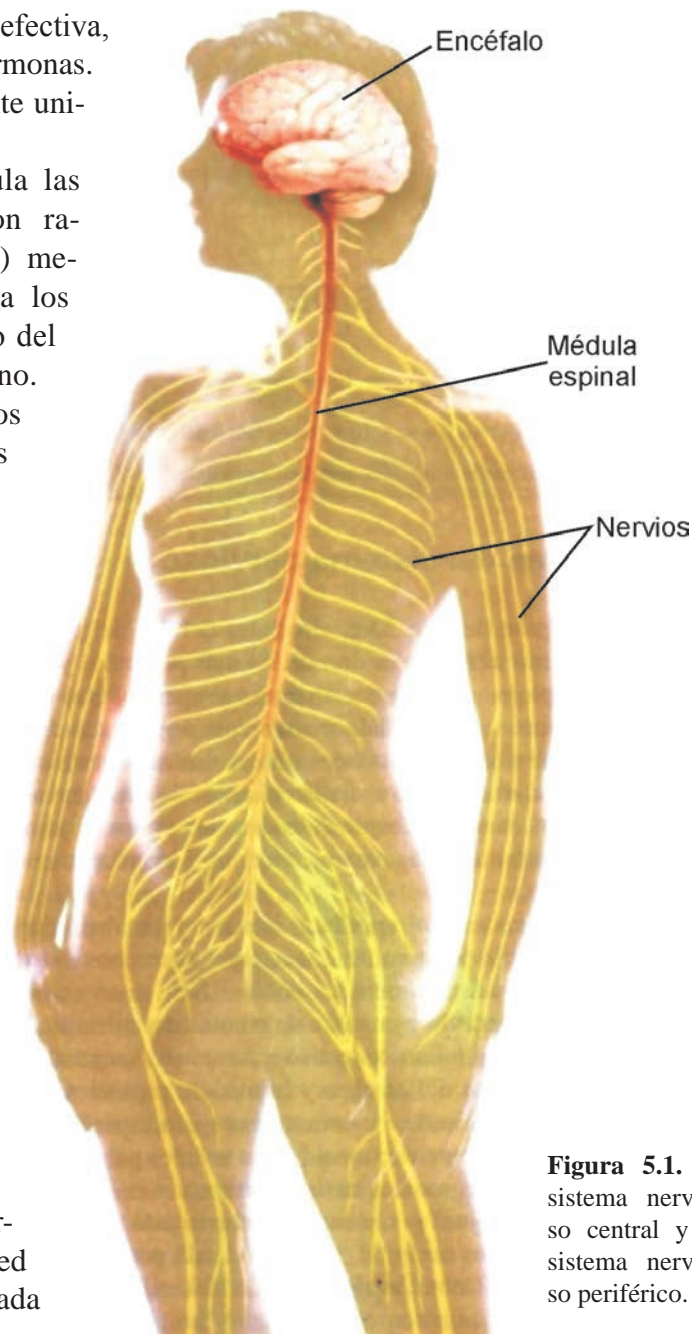


Figura 5.1. El sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

de miles de millones de células. Este sistema tiene dos subdivisiones principales: el **sistema nervioso central** (SNC), formado por el encéfalo y la médula espinal, y el **sistema nervioso periférico** (SNP), que abarca a todos los tejidos nerviosos situados por fuera del SNC.

Células del sistema nervioso

El sistema nervioso está constituido por dos tipos de células: las neuronas y las células de la neuroglia.

Neuronas

Las **neuronas** o **células nerviosas** son responsables de la mayoría de las funciones propias del sistema nervioso como la sensibilidad, el pensamiento, los recuerdos, el control de la actividad muscular y la regulación de la secreción glandular. Al igual que las células musculares, las neuronas tienen excitabilidad eléctrica, que es la capacidad de responder a un estímulo y convertirlo en un impulso nervioso.

Estructura

Aunque las neuronas varían en forma y tamaño, poseen ciertas características en común que permiten describir a la neurona “típica” (ver figura 5.2). Casi todas las neuronas están constituidas por tres partes bien diferenciadas: **cuerpo celular**, **dendritas** y **axón**. El cuerpo celular contiene al núcleo rodeado por el citoplasma, en el cual se hallan los organelos celulares como los lisosomas, mitocondrias y complejo de Golgi. De esta región sobresalen muchas prolongaciones finas y muy ramificadas, semejantes a raíces llamadas **dendritas**, cuya función es la de recibir estímulos y transmitirlos al cuerpo celular. De este también sale una sola y larga prolongación citoplásmica, el **axón**, cuya función es transmitir impulsos nerviosos desde el cuerpo celular a otra neurona, una fibra muscular o una célula glandular. El axón se ramifica cerca de su extremo en muchas prolongaciones delgadas llamadas **terminales del axón**, cada una de las cuales termina en un ensanchamiento llamado **botón sináptico** que contiene gran número de **vesículas sinápticas**, que almacenan **neurotransmisores**, sustancias químicas de las que depende que ocurra o no la transmisión del impulso nervioso.

La longitud de un axón varía desde unos cuantos milímetros en el encéfalo, hasta más de un metro en los axones que van de la médula espinal a los dedos de los pies. Generalmente el axón está cubierto por una **vaina de mielina**, producida por células gliales conocidas como células de Schwann. Los axones que poseen este recubrimiento reciben el nombre de **mielínicos**, y los que no lo tienen, el de **amielínicos**. Las funciones de la vaina de mielina es la de incrementar la velocidad con la que los impulsos nerviosos viajan a través de la célula y aislar y proteger el axón. La vaina de mielina no es continua, deja muchos espacios vacíos llamados **nudos**. Cuando un impulso recorre el axón, salta de un nudo al siguiente, lo que aumenta la velocidad a la que viaja el impulso, la cual puede llegar a ser hasta de unos 100 m/s. La mielina es la causa del color de la sustancia blanca de nervios, encéfalo y médula espinal.



Esclerosis múltiple

Esta enfermedad se debe a la destrucción progresiva de las vainas de mielina (desmielinización) de las neuronas del SNC. En este caso, la transmisión de los impulsos es más lenta y el resultado es que la persona va perdiendo agilidad en los movimientos musculares, hasta quedar paralizada parcial o totalmente. Generalmente comienza entre los 20 y 40 años de edad y afecta con más frecuencia a las mujeres que a los hombres. Es el propio sistema inmunitario del organismo el que destruye las vainas de mielina.

Clasificación

Las neuronas se clasifican en tres tipos, según la dirección en la que viaja el impulso nervioso.

- ❖ Neuronas sensitivas. Transmiten impulsos de los receptores de piel, órganos de los sentidos y vísceras al encéfalo y médula espinal.
- ❖ Neuronas motoras. Transmiten impulsos de encéfalo y médula espinal a los órganos efec-tores, que pueden ser músculos o glándulas.
- ❖ Neuronas de asociación (o interneuronas). Transmiten impulsos de neuronas sensoriales a las motoras y se localizan en el encéfalo y médula espinal.

Las prolongaciones de neuronas sensitivas y motoras están dispuestas en haces llamados **ner-vios**. Dado que éstos se localizan fuera del sistema nervioso central, forman parte del sistema nervioso periférico.

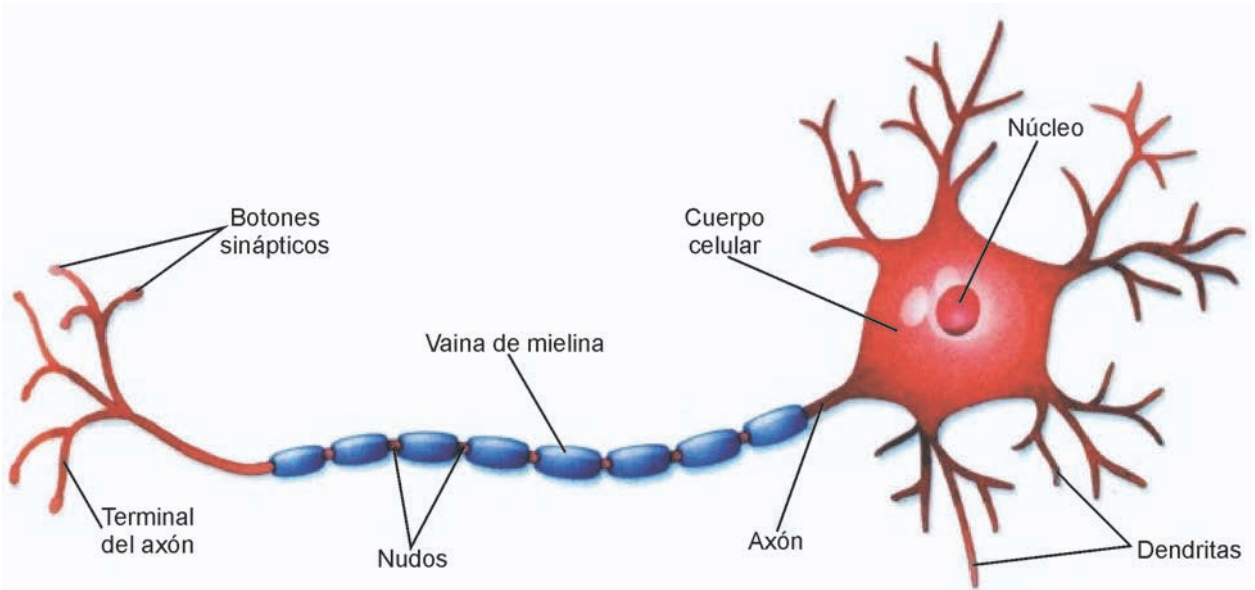


Figura 5.2. La estructura de una neurona “típica” muestra muchas dendritas cortas y un sólo y alargado axón.



Regeneración del tejido nervioso

Las neuronas tienen una capacidad muy limitada de **regeneración**, es decir, la capacidad de replicarse o de repararse a sí mismas. Hacia los seis meses de edad, las neuronas pierden su aparato mitótico (centríolos y husos mitóticos) y, con esto, su capacidad para reproducirse. Una neurona destruida o muerta se pierde de manera permanente, y sólo es posible la regeneración de ciertos tipos de lesiones. Por eso, cuando una persona se daña la médula espinal, la comunicación con el cerebro queda cortada y se pierde la sensibilidad y la capacidad de moverse. La magnitud de la parálisis dependerá del sitio donde se haya producido el daño. Las lesiones de algunos tipos de axones mielínicos por lo común pueden repararse si el cuerpo celular permanece intacto y la célula de Schwann continúa viva.

Neuroglia (células gliales)

Las células del sistema nervioso que auxilian la actividad de las neuronas son las células gliales, también conocidas como **neuroglia**. Las células gliales son en términos generales, más pequeñas que las neuronas y mucho más numerosas que éstas. Existen seis tipos de células gliales, cuatro en el SNC (astrocitos, oligodendrocitos, microglia y células endoteliales) y dos en el SNP (células de

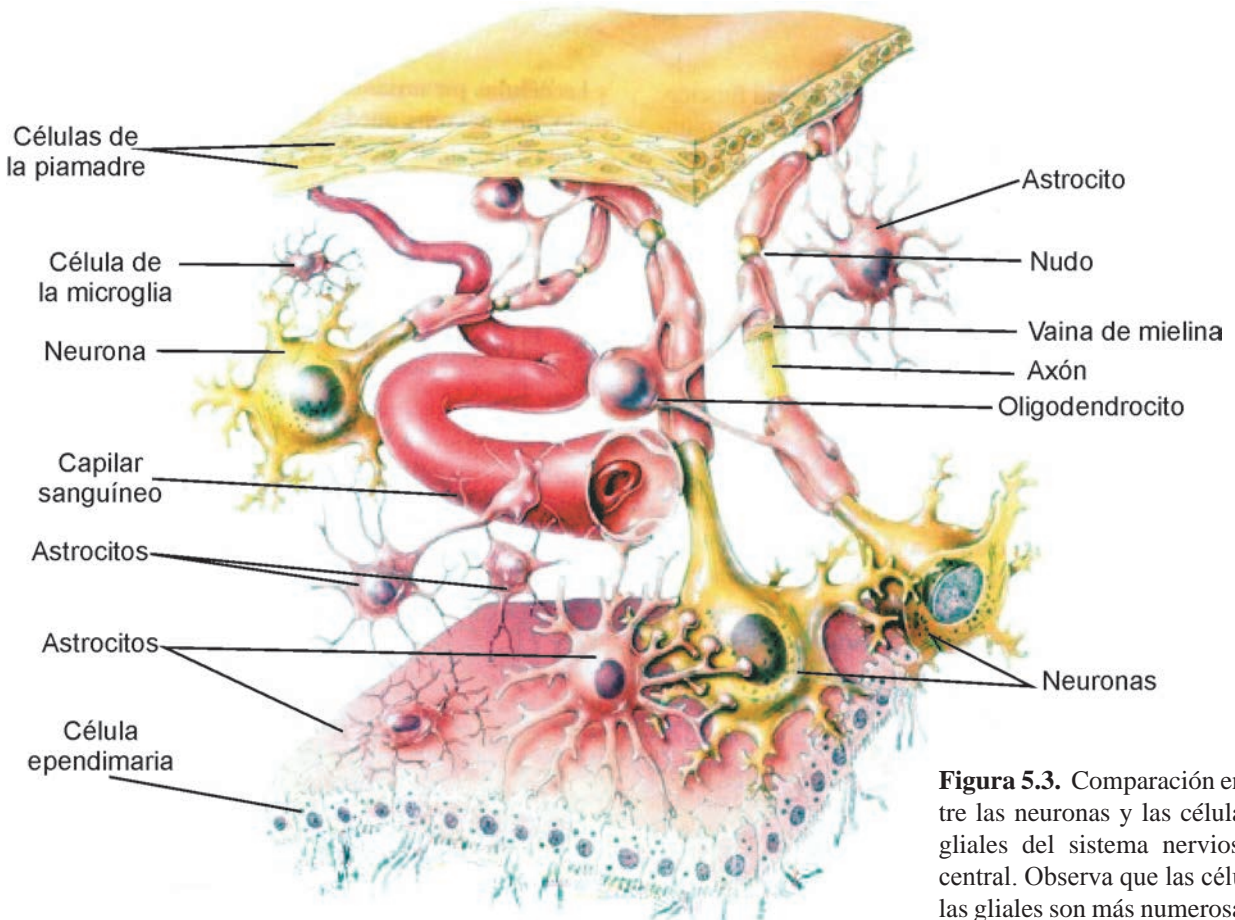


Figura 5.3. Comparación entre las neuronas y las células gliales del sistema nervioso central. Observa que las células gliales son más numerosas y pequeñas que las neuronas.

Schwann y células satélite). Cada tipo de célula glial realiza diferente función, por ejemplo, los astrocitos proporcionan sostén a las neuronas y las unen con los vasos sanguíneos, los oligodendrocitos y las células de Schwann producen la vaina de mielina y las células de la microglia fagocitan microorganismos y tejido nervioso dañado. A diferencia de las neuronas, las células gliales no generan ni propagan impulsos nerviosos, y se pueden multiplicar y dividir en el sistema nervioso ya maduro.

El impulso nervioso

Un **impulso nervioso** es una señal eléctrica que se propaga a lo largo de la superficie de una neurona, es decir, recorre la célula desde las dendritas hasta el axón. Se inicia y se desplaza como consecuencia del movimiento de iones (como los de sodio y potasio) entre el líquido intersticial y el interior de la neurona a través de la membrana plasmática.

Estado de reposo de las neuronas

Una neurona por la que no pasa un impulso nervioso se dice que está en **estado de reposo**. Sabemos que cuando estas células están en reposo presentan diferencias considerables entre las concentraciones de iones potasio (K^+) y sodio (Na^+) por fuera y dentro de la membrana, por lo que también hay diferencia entre las cargas eléctricas a ambos lados de la membrana. Cuando una neurona está en reposo, su exterior tiene una carga positiva y la parte interna tiene una carga negativa. En tal situación se dice que la membrana está **polarizada**.

El impulso en movimiento

Una neurona permanece en estado de reposo hasta que recibe un estímulo suficientemente grande para iniciar un impulso nervioso. Cuando se estimula una neurona, se conduce un impulso desde el lugar del estímulo hasta la terminal opuesta de la neurona. Algunas clases comunes de estímulos son los cambios de presión, temperatura y composición química del ambiente externo o del ambiente interno del cuerpo.

Cuando llega un estímulo a la neurona, se produce un cambio en las cargas de la membrana y por un momento se invierte la polaridad, es decir, ahora el interior es positivo y el exterior es negativo. En tal situación se dice que la membrana está **despolarizada**. La

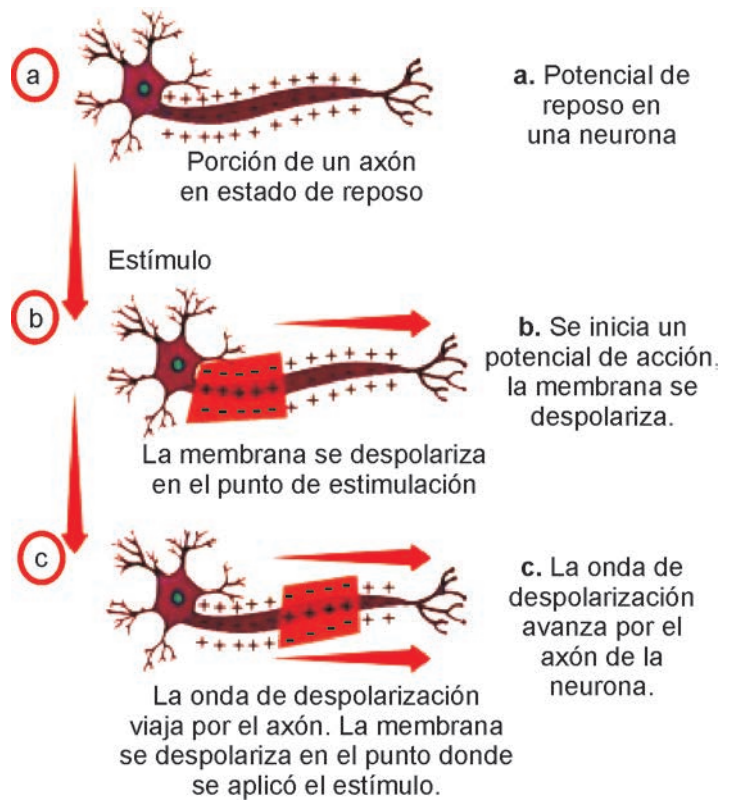


Figura 5.4. Transmisión de un impulso nervioso.

membrana celular de la neurona se despolariza primero en el punto del estímulo. La despolarización de la membrana viaja sobre la neurona como una onda.

La despolarización causa un disturbio en las partes siguientes de la neurona haciéndolas permeables al sodio, y por lo tanto, despolarizándolas. Desde el punto de estimulación se dispersa una onda de despolarización. Esta onda de despolarización es el **impulso nervioso** o **potencial de acción**. A medida que el potencial de acción se mueve, el área de la membrana que se despolarizó primero comienza a recuperarse. La polarización del estado de reposo se restaura en una onda que sigue detrás del potencial de acción.

Sinapsis

La **sinapsis** es el lugar en que una neurona transfiere un impulso nervioso a otra célula, esta puede ser otra neurona, una fibra muscular o una célula glandular. En la sinapsis entre neuronas, la neurona que envía el impulso se llama neurona **presináptica** y la neurona que lo recibe es la neurona **postsináptica**. A pesar de la cercanía entre las dos neuronas, generalmente existe un espacio de unos 20 a 50 nanómetros llamado **espacio sináptico**. En este lugar se lleva a cabo la transmisión química del impulso nervioso. Cuando el impulso nervioso llega al botón sináptico, las vesículas liberan un compuesto químico que es un **neurotransmisor**, el cual se difunde a través del espacio sináptico y se une a los receptores de la neurona postsináptica. La neurona postsináptica recibe la señal química y, como resultado, produce un nuevo impulso nervioso. De esta manera el impulso se va transmitiendo de una neurona a otra.

Apenas una fracción de segundo después de unirse a sus receptores, el neurotransmisor se separa de éstos dejándolos libres y regresa a las vesículas para volverse a reutilizar.

Los neurotransmisores que se liberan en la sinapsis son indispensables para que el impulso nervioso siga su recorrido. Éstos tienen funciones y efectos distintos en la neurona. Algunos ejemplos de neurotransmisores son:

- ❖ Acetilcolina: estimula la contracción de los músculos voluntarios y contribuye a la memoria.
- ❖ Noradrenalina: estimula las emociones y mejora el estado de ánimo y la coordinación muscular.
- ❖ Dopamina: mejora la coordinación muscular y su escasez causa el mal de Parkinson.
- ❖ Serotonina: se relaciona con el sueño y calma las emociones.

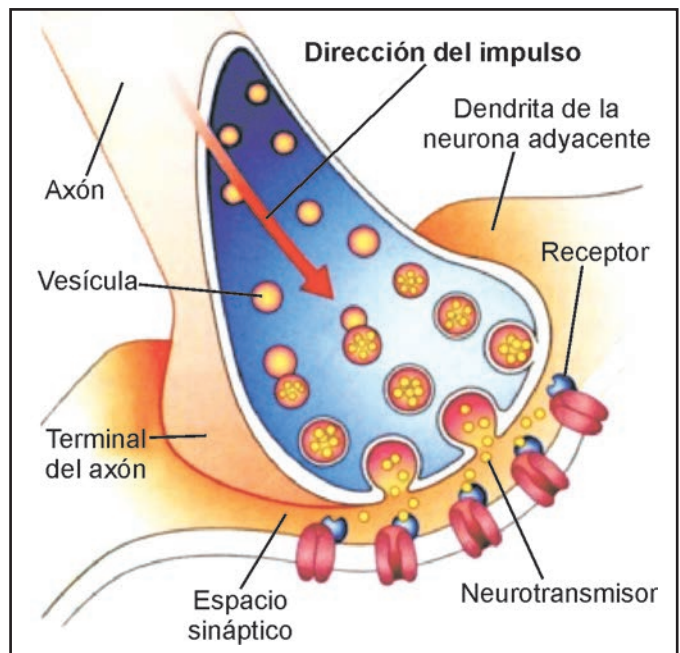


Figura 5.5. En la sinapsis, la neurona presináptica convierte una señal eléctrica (impulso nervioso) en una señal química (liberación del neurotransmisor). Después, la neurona postsináptica convierte esta señal química nuevamente en una señal eléctrica.

Sistema nervioso central

El sistema nervioso central (SNC) está formado por el **encéfalo** y la **médula espinal**, las cuales se encuentran protegidas por el cráneo y la columna vertebral, respectivamente. Ambas estructuras están envueltas por tres membranas protectoras llamadas **meninges**. El espacio entre la segunda y tercera membrana está lleno de **líquido cefalorraquídeo**. Este líquido es transparente y actúa como un amortiguador de impactos que protege al SNC. También permite el intercambio de nutrientes y productos de desecho entre la sangre y el tejido nervioso.

Encéfalo

El encéfalo, como ya se mencionó anteriormente, se localiza dentro del cráneo; lo forman alrededor de 100 mil millones de neuronas y entre 10 y 50 billones de células gliales. El encéfalo comprende varias partes: **cerebro**, **cerebelo**, **tronco cerebral**, **tálamo** e **hipotálamo**.

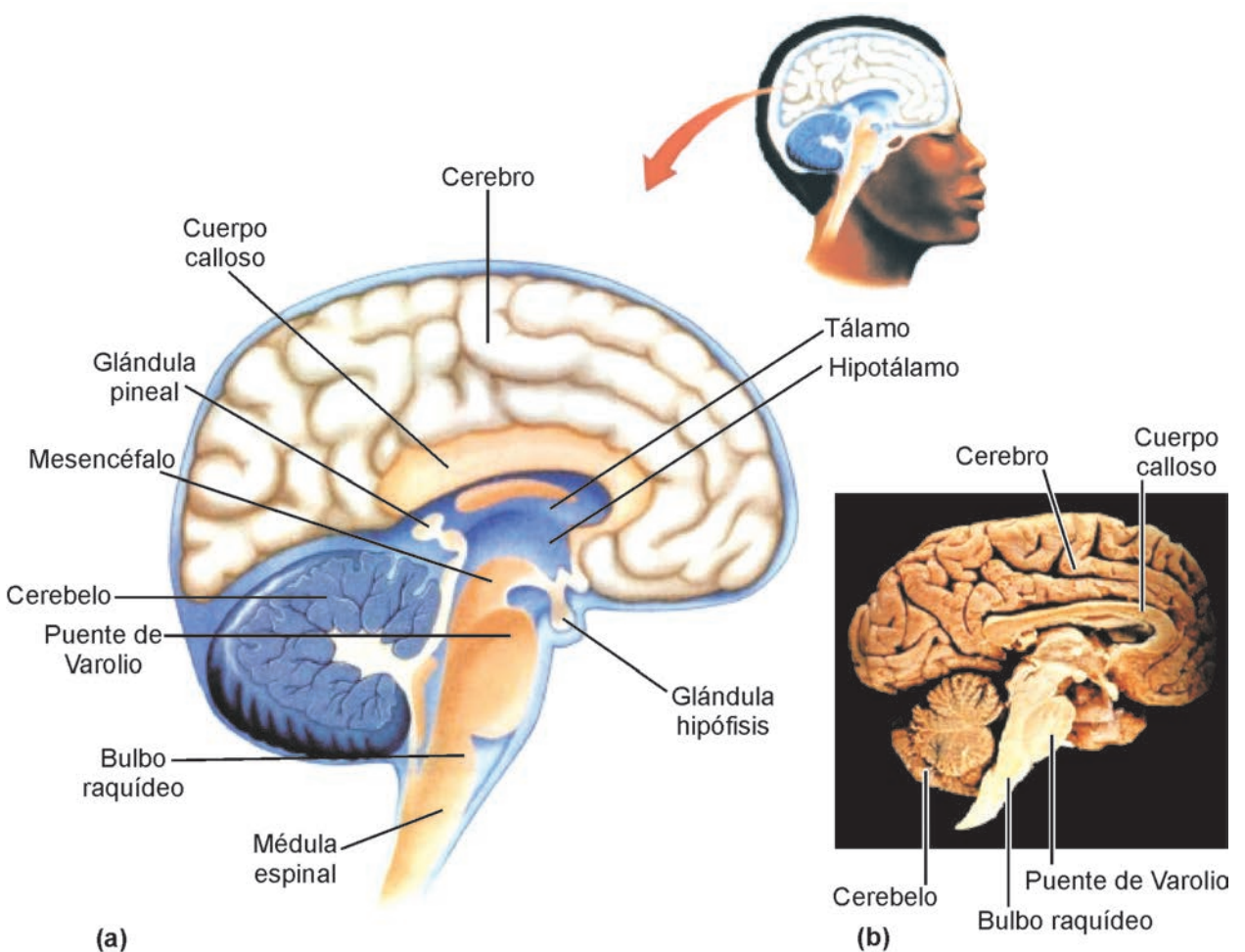


Figura 5.6. Partes principales del encéfalo vistos en corte sagital. Compara el dibujo (a) con la fotografía de un encéfalo humano real (b).

Cerebro

El **cerebro** es la estructura más grande del encéfalo; es liso, gris y lleno de surcos. Pesa aproximadamente 1 200 g, tiene forma ovoide y ocupa casi toda la totalidad de la cavidad craneana. El cerebro tiene dos capas: la externa, llamada corteza cerebral, mide de 2 a 4 mm de espesor y consta de materia gris, la cual está formada principalmente por cuerpos celulares densamente agrupados. En la corteza cerebral se encuentran tres zonas principales: una **motora**, que controla los movimientos voluntarios; la **sensorial**, que recibe información proveniente de los órganos de los sentidos, y la de **asociación**, que abarca los centros de memoria, pensamiento y aprendizaje, y que conecta a las áreas sensitiva y motora.

La capa interna del cerebro consiste de materia blanca, que está formada por haces de axones con vainas de mielina, las cuales le dan su color blanco característico.

Durante el desarrollo embrionario, en que hay un rápido aumento en el tamaño del encéfalo, la sustancia gris de la corteza aumenta en forma desproporcionada en relación con la sustancia blanca. Como resultado de esto, la corteza se pliega sobre sí misma, lo que origina los **giros** o **circunvoluciones**. Las grietas más profundas reciben el nombre de **fisuras**, mientras que las más superficiales se conocen como **surcos**.

La depresión más profunda, la **fisura longitudinal**, divide al cerebro en dos mitades, los **hemisferios cerebrales** derecho e izquierdo. Los hemisferios se conectan internamente mediante el **cuerpo caloso**, una ancha banda de sustancia blanca. Otras fisuras son la central, la lateral y la parietooccipital. Estas subdividen a cada hemisferio cerebral en cuatro lóbulos: frontal, temporal, parietal y occipital, según el hueso, que se encuentra por encima. Son áreas que se utilizan como puntos de referencia.

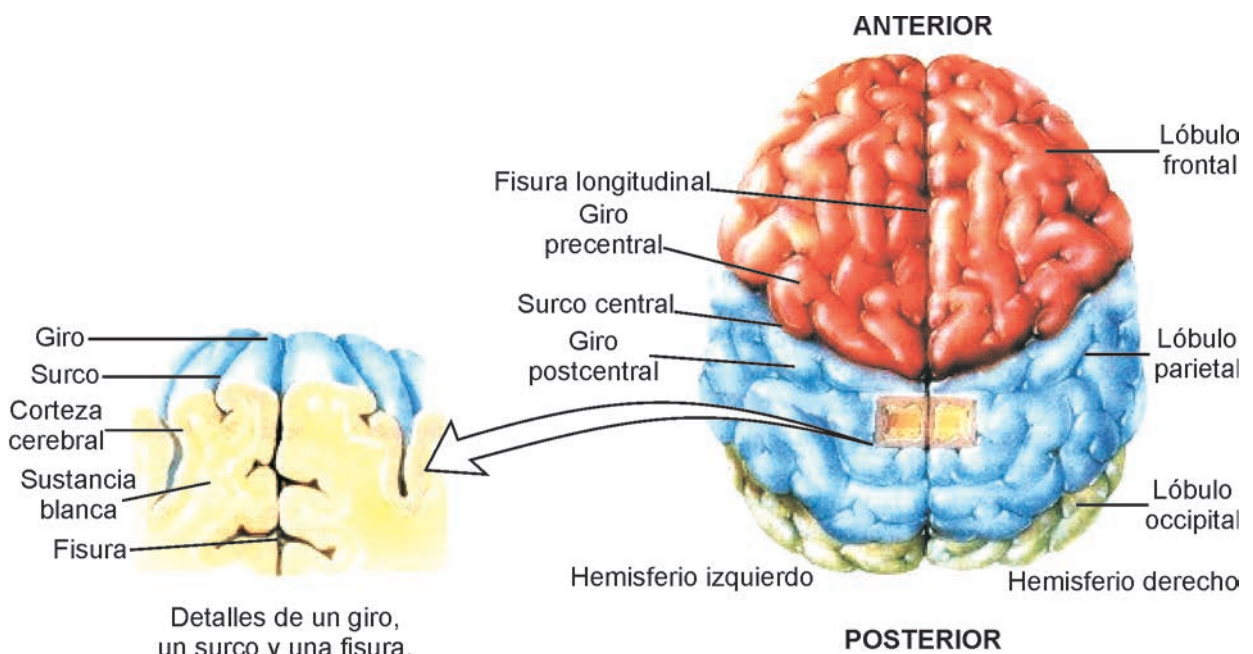


Figura 5.7. Lóbulos y fisuras del cerebro.

Cerebelo

El **cerebelo** es la segunda región más grande del encéfalo. Está ubicado en la parte inferior y posterior del cráneo. La superficie del cerebelo o **corteza** consiste en **sustancia gris**, por debajo de ésta, se encuentra la **sustancia blanca** o árbol de la vida del cerebelo, de aspecto arborescente. El cerebelo se encarga de coordinar los movimientos musculares y el equilibrio. Ayuda a mantener la postura del cuerpo y el tono muscular. Estas funciones del cerebelo hacen posible la realización de todos los movimientos voluntarios que nos permiten realizar cualquier deporte, bailar y hasta hablar.

Cuando una persona bebe alcohol en exceso, presenta incapacidad de mantener el equilibrio o de realizar movimientos de precisión, como insertar una llave en la cerradura. Esto es debido a que el alcohol inhibe la actividad del cerebelo.

Tronco cerebral

El **tronco** o **tallo cerebral** conecta el encéfalo y la médula espinal. Está ubicado por debajo del cerebelo e incluye tres regiones conocidas como mesencéfalo, el puente de Varolio (protuberancia) y el bulbo raquídeo. Los dos primeros actúan como sistemas de conducción y como centros para algunos reflejos como los de la pupila y otros movimientos oculares. El bulbo raquídeo controla algunas de las funciones más importantes del cuerpo tales como: frecuencia cardíaca, respiración y presión sanguínea.



Lesión bulbar

Un golpe o daño en el bulbo raquídeo, ocasionado, por ejemplo, en un accidente, puede ocasionar la muerte inmediata ya que se detienen las funciones básicas de la vida, la respiración y el latido cardíaco. Por esta razón son tan peligrosos los golpes en la nuca.

Tálamo e hipotálamo

El **tálamo** y el **hipotálamo** se encuentran entre el tronco cerebral y el cerebro. El tálamo es el principal centro de retransmisión sensorial para conducir información entre la médula espinal y el cerebro. El hipotálamo se encuentra debajo del tálamo y es el centro de control para la temperatura corporal, el apetito, metabolismo de grasas y algunas emociones como la ira.

Médula espinal

La **médula espinal** se inicia como continuación del bulbo raquídeo y ocupa la cavidad intravertebral. En los adultos, se extiende a partir del bulbo raquídeo, hasta el nivel de la segunda vértebra lumbar. Su forma es alargada y cilíndrica, con una longitud que varía de unos 42 a 45 cm en el adulto. La médula no llena por completo la cavidad intravertebral, pues también contiene

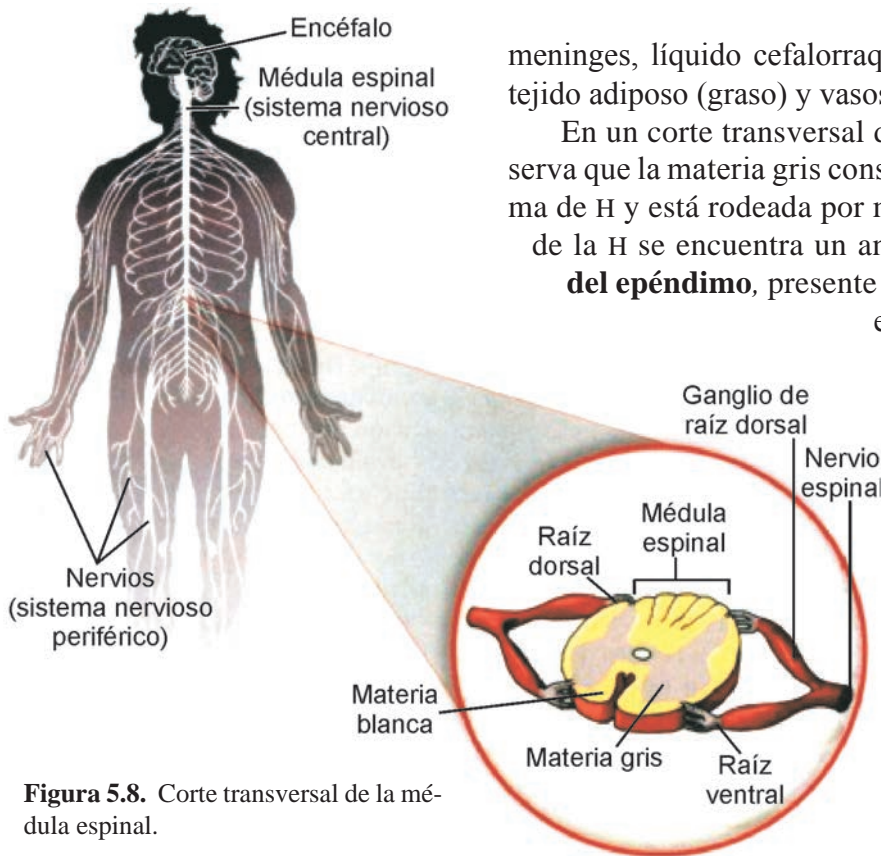


Figura 5.8. Corte transversal de la médula espinal.

meninges, líquido cefalorraquídeo, un acojinamiento de tejido adiposo (graso) y vasos sanguíneos.

En un corte transversal de la médula espinal, se observa que la materia gris constituye un área que tiene forma de H y está rodeada por materia blanca. En el centro de la H se encuentra un angosto canal llamado **canal del epéndimo**, presente a lo largo de toda la médula espinal y por el que circula **líquido cefalorraquídeo**.

Los cuatro extremos de la H reciben el nombre de **astas**. Hay dos **astas posteriores**, que se dirigen hacia nuestra espalda y dos **astas anteriores**, dirigidas hacia nuestro vientre.

La sustancia gris está constituida por cuerpos celulares y axones amielínicos. La sustancia blanca está formada

de haces de axones mielínicos de neuronas sensoriales y motoras.

Desde la médula espinal salen 31 pares de nervios espinales, que pasan los orificios que hay entre las vértebras y se ramifican una y otra vez para inervar las extremidades y el torso. Los nervios espinales forman junto con los nervios craneales el sistema nervioso periférico.

La médula espinal tiene dos funciones: la primera consiste en transmitir señales del cuerpo hacia el cerebro y enviar respuestas del cerebro hacia las distintas partes del cuerpo. La segunda función importante de la médula espinal es ser centro de acciones reflejas, es decir, puede enviar respuestas rápidamente sin la intervención del cerebro.

Un **reflejo** o **acción refleja** es una respuesta rápida e involuntaria a un estímulo. Son respuestas para nuestra protección contra peligros súbitos en el medio que nos rodea.

Se conoce como **arco reflejo** a la trayectoria que sigue un impulso desde su origen (receptor) en una parte del cuerpo hasta su destino (efector) en cualquier otra parte del mismo, durante un reflejo. Por ejemplo, alguien se quema con una vela, una neurona sensitiva de la mano envía la señal hacia la médula espinal, de allí esta señal llega hasta una interneurona y puede regresar inmediatamente, en forma de reflejo (retirar la mano). Así que una neurona motora hace que se mueva un músculo y quitamos la mano (observa la figura 5.9).

Sistema nervioso periférico

El **sistema nervioso periférico** está constituido por los **nervios** que se extienden desde el encéfalo y la médula espinal a todas las partes del cuerpo. Los nervios que salen del encéfalo se

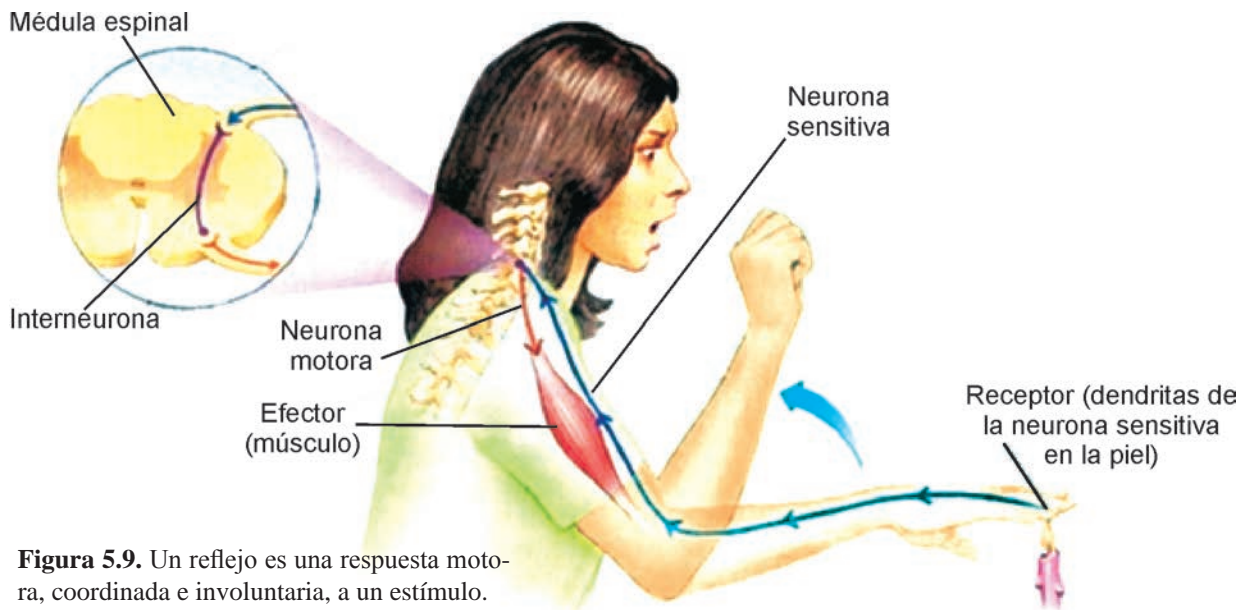


Figura 5.9. Un reflejo es una respuesta motora, coordinada e involuntaria, a un estímulo.

llaman **nervios craneales** y son 12 pares; los que salen de la médula espinal se conocen como **nervios espinales** y son 31 pares. Este sistema está dividido en **sistema somático** y **sistema autónomo**.

Antes de estudiar estos dos sistemas revisaremos los nervios craneales y los nervios espinales.

Nervios craneales

De diferentes partes del encéfalo salen **doce pares de nervios** que se dirigen a distintos órganos de la cabeza (órganos de los sentidos, músculos y glándulas), menos uno, que va al corazón y al estómago. Todos salen del cráneo por los orificios de la base de este último. Algunos nervios craneales sólo contienen fibras sensitivas, por lo que se les llama **nervios sensitivos**. Otros están constituidos por fibras motoras, se conocen como **nervios motores**; a los que están constituidos por ambas fibras se les nombra **nervios mixtos**.

Los nervios craneales se designan con números romanos y nombres. Los números indican el orden en que los nervios salen del encéfalo, de adelante hacia atrás, mientras que los nombres corresponden a su distribución o función.

- ❖ Par I. Nervio olfatorio (sensitivo). Es el nervio del sentido del olfato. Recoge y transmite las sensaciones olfativas. Surge de neuronas de la mucosa olfatoria, en la cavidad nasal, y termina en el área olfatoria de la corteza cerebral.
- ❖ Par II. Nervio óptico (sensitivo). Es el nervio del sentido de la vista. Recoge y transmite las impresiones visuales. Se origina en la retina y termina en el área visual de la corteza cerebral.
- ❖ Par III. Nervio oculomotor (motor). Tiene como función el movimiento de los párpados y el globo ocular.
- ❖ Par IV. Nervio troclear (motor). Tiene como función el movimiento del globo ocular.

- ❖ Par V. Nervio trigémino (mixto). Controla el movimiento de los músculos masticadores y es el nervio de la sensibilidad general de las regiones superficiales y profundas de la cara.
- ❖ Par VI. Nervio abducens (motor). Estimula el movimiento del músculo externo del ojo.
- ❖ Par VII. Nervio facial (mixto). Su porción motora gobierna los movimientos de los músculos faciales (expresión facial) y su porción sensitiva recoge la sensibilidad de la mucosa de la lengua (sentido del gusto).
- ❖ Par VIII. Nervio auditivo (sensitivo). Capta y transmite las impresiones sonoras (sentido auditivo).
- ❖ Par IX. Nervio glossofaríngeo (mixto). Su porción motora gobierna los músculos de la faringe en la deglución (tragar) y su porción sensitiva recoge las sensaciones gustativas del tercio posterior de la lengua.
- ❖ Par X. Nervio neumogástrico o vago (mixto). Es el único que no va a la cabeza. Es el nervio de más amplia distribución, ya que envía fibras a la faringe, laringe y vísceras torácicas y abdominales. Tiene como funciones las sensaciones y movimientos de los órganos en que se distribuye, por ejemplo: disminuye la frecuencia cardíaca y aumenta el peristaltismo.
- ❖ Par XI. Nervio accesorio (motor). Regula los movimientos de deglución y los de la cabeza.
- ❖ Par XII. Nervio hipogloso (motor). Gobierna los movimientos de la lengua durante el habla y la deglución.

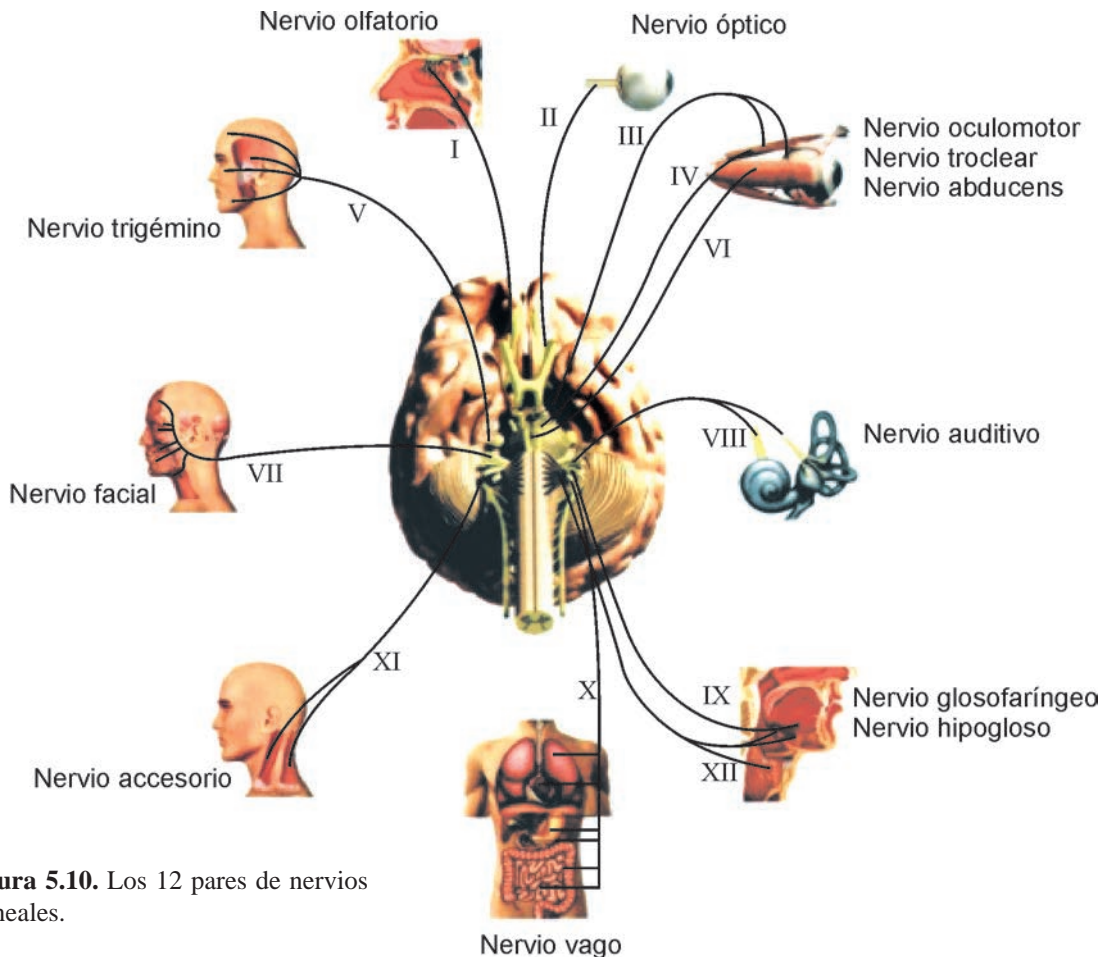


Figura 5.10. Los 12 pares de nervios craneales.

Nervios espinales

Reciben este nombre en virtud de proceder directamente de la médula espinal. Son 31 pares y se denominan según la región de la columna vertebral por la que emergen:

- ❖ Nervios cervicales 8 pares
- ❖ Nervios dorsales 12 pares
- ❖ Nervios lumbares 5 pares
- ❖ Nervios sacros 5 pares
- ❖ Nervios coccígeos 1 par

Total: 31 pares

El primer par cervical deja la médula entre el atlas y el occipital, mientras que los demás pares salen de la columna vertebral por los agujeros invertebrales que hay entre cada par de vértebras.

Todos los nervios espinales son **mixtos** ya que están constituidos por fibras sensitivas y motoras. Las fibras sensitivas entran a la médula por la raíz posterior y las fibras motoras salen por la raíz anterior. Las raíces posterior y anterior se unen antes de salir por el agujero invertebral formando un nervio espinal. Después de que un nervio espinal sale por el agujero invertebral, se divide en tres ramas:

- ❖ Rama dorsal (posterior). Inerva los músculos profundos y la piel de la cara dorsal del tronco (espalda).
- ❖ Rama ventral (anterior). Inerva los músculos dorsales superficiales, todas las estructuras de los miembros, y las caras laterales y ventrales del tronco.
- ❖ Rama autónoma. Es la que inerva a las vísceras y forman parte del sistema nervioso autónomo.

Sistema somático

El **sistema somático** regula las actividades que se controlan conscientemente, como el movimiento de los músculos esqueléticos.

Los nervios craneales están relacionados con las sensaciones de la vista, audición, olfato y el gusto, y con respuestas motoras con movimiento voluntario de los ojos. Los nervios espinales llegan a todos los músculos esqueléticos generando respuestas de movimiento en cualquier parte del cuerpo.

Sistema autónomo

El **sistema autónomo** es aquella porción del sistema nervioso periférico que regula las actividades de nuestras vísceras (corazón, pulmones, riñones, intestinos, etc.) sin la participación de la voluntad (inconscientemente) y en forma automática. Los ejemplos de tales actividades

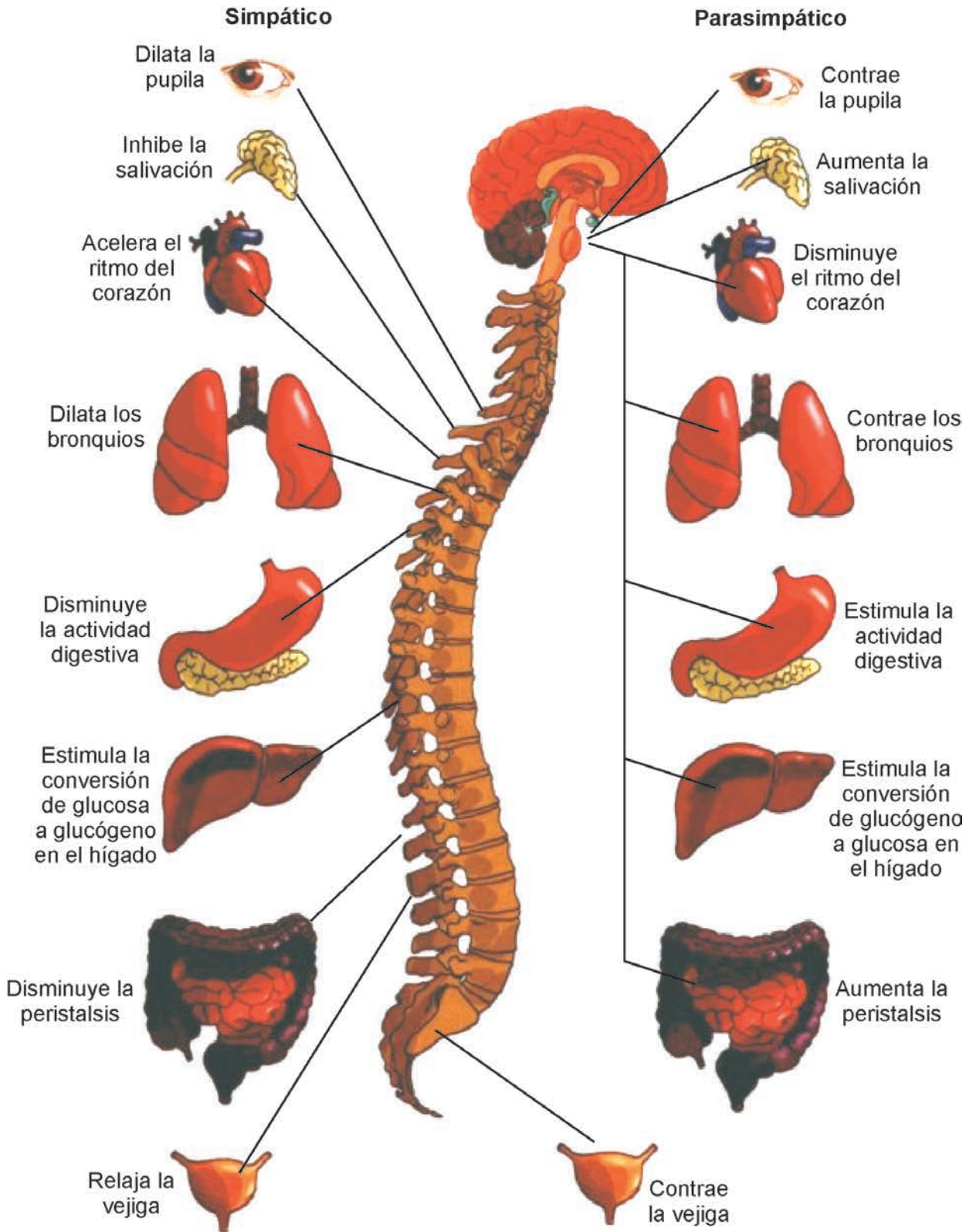


Figura 5.11. Acciones de los sistemas simpático y parasimpático. La mayoría de los órganos está inervada tanto por nervios simpáticos como parasimpáticos.

incluyen los cambios en el tamaño de las pupilas, dilatación y constricción de los vasos sanguíneos, ajuste de la frecuencia del latido cardíaco, movimientos del sistema digestivo y secreción de muchas glándulas.

El sistema autónomo se divide en dos sistemas con funciones antagónicas: **sistema nervioso simpático** y **sistema nervioso parasimpático**.

La mayor parte de los órganos controlados por el sistema nervioso autónomo están bajo control de las neuronas simpáticas y parasimpáticas. Los sistemas nerviosos simpático y parasimpático ejercen efectos contrarios en el mismo sistema orgánico. Los efectos opuestos de ambos sistemas ayudan al cuerpo a mantener la homeostasis. Por ejemplo, el sistema nervioso simpático acelera el ritmo cardíaco, pero el sistema nervioso parasimpático lo reduce.

Algunas drogas y sus efectos en el sistema nervioso

Una droga es cualquier molécula distinta a la que se encuentra en los alimentos, que al entrar al organismo altera su funcionamiento y desempeño normal, en especial del sistema nervioso, causando un grado de dependencia ya sea física, psicológica o ambas.

A las **drogas** también se les llama **fármacos**. En México llamamos farmacia a la tienda donde venden fármacos o medicamentos, en Estados Unidos, se le conoce como drug store (tienda de drogas). Por lo tanto, droga o fármaco es lo mismo. Las drogas difieren en la manera como afectan al cuerpo: algunas matan a las bacterias (antibióticos) y son útiles en el tratamiento de enfermedades infecciosas, por ejemplo, la penicilina, que sólo puede usarse bajo la supervisión de un médico. Mientras que otras las consideradas más fuertes provocan cambios en el sistema nervioso sobre todo en el encéfalo y la sinapsis (zona de comunicación química entre una neurona y otra), e interfieren con la acción de los neurotransmisores. Algunas son muy parecidas a ellos y sustituyen su lugar en los receptores de las neuronas. Al hacer esto, las estimulan exageradamente, o por el contrario, las inhiben, esto depende del tipo de droga que se trate.

Estas drogas pueden ser legales e ilegales. Dentro de las drogas legales se encuentran las anfetaminas, el alcohol, la nicotina del tabaco, la cafeína y ciertas sustancias contenidas en productos alimenticios como el chocolate.

Se consideran drogas ilegales las que están prohibidas por la ley, es decir, está prohibido producirlas, poseerlas, comercializarlas y consumirlas. Algunas de estas son: la cocaína, heroína, marihuana, metanfetaminas, etc.

La adicción a estas drogas (**drogadicción**) es un grave problema social que implica el uso compulsivo de una droga a pesar de las consecuencias negativas para la salud y de los efectos negativos sobre la capacidad de desempeñarse social y laboralmente.

El consumo habitual de drogas que modifican el estado de ánimo puede propiciar dependencia psicológica o adicción, es decir, que el usuario se hace emocionalmente dependiente de la droga. Cuando es privado de la droga, el sujeto experimenta el deseo vehemente de sentir “gran bienestar” que la droga induce. Por ejemplo, cuando se suspende el uso de heroína o alcohol, el adicto sufre síntomas de supresión característicos como la disminución de los sentidos y el equilibrio. Es posible que ocurra adicción física cuando una droga como la morfina tiene componentes similares a sustancias que las células corporales normalmente producen por sí mismas.

Muchos fármacos, cuando se consumen durante varios días o semanas, inducen tolerancia, en la que la respuesta del organismo a la droga disminuye, y por tanto, son necesarias cantidades cada vez mayores de esta droga para obtener el efecto deseado. La tolerancia se debe a que las células del hígado son estimuladas para producir mayor cantidad de las enzimas encargadas de metabolizar y desactivar la droga.

Cuando una persona es adicta, paulatinamente esta matando sus neuronas, causando un daño irreversible. Recuerda que las neuronas son células que en las primeras etapas del desarrollo humano pierden su capacidad de reproducirse. Por tal motivo, cada neurona que muere a causa de las drogas ya no puede ser reemplazada por otra.

Drogas estimulantes

Estas drogas incrementan las acciones que regula el sistema nervioso tales como aumentar el ritmo cardiaco, la presión sanguínea y la frecuencia respiratoria, además de incrementar la liberación de neurotransmisores en algunas sinapsis del encéfalo. Esta liberación genera una sensación de energía y bienestar, pero cuando se desvanecen los efectos de los estimulantes, la provisión de neurotransmisores del encéfalo se reduce y es cuando el consumidor pronto sufre depresión y cansancio. El consumo prolongado de estimulantes genera en el adicto problemas circulatorios, alucinaciones y depresión psicológica, además de graves problemas familiares y sociales, de tal manera que la drogadicción debe ser considerada un problema de salud pública.

Son drogas estimulantes las anfetaminas, la cocaína, la nicotina (en cigarrillos) y la cafeína (en café, té, chocolate y productos de cola).



Figura 5.12. Las consecuencias de la drogadicción son: la aparición de una amplia gama de trastornos psicológicos, estados de ánimo negativos e irritabilidad, actividades defensivas, pérdida de autoestima e intenso sentimiento de culpa así como alucinaciones visuales y auditivas, disminución de la capacidad intelectual, lenguaje confuso, y la destrucción de neuronas.

Drogas depresivas

Disminuyen el ritmo de las funciones que regula el encéfalo tales como reducir el ritmo cardiaco y la presión sanguínea, relajar los músculos y aliviar la tensión. En consecuencia, el consumidor llega a depender de la droga para aligerar las ansiedades de la vida diaria, las cuales le parecerían insoportables sin la droga.

Son drogas depresivas, los tranquilizantes (como los barbitúricos) y el alcohol.

Cuando se consumen los tranquilizantes junto con alcohol, el resultado es fatal porque al combinarse deprimen la actividad del sistema nervioso central hasta detener la respiración.

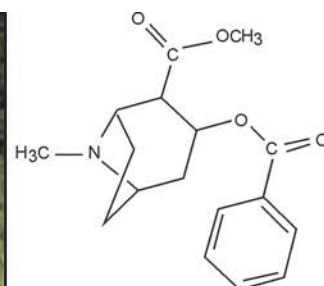


Figura 5.13. Cultivo del arbusto de coca, de cuyas hojas se obtiene la cocaína. A la derecha, su estructura química.

Cocaína

La **cocaína** se obtiene de las hojas del arbusto de coca (*Erythroxylum coca*), que es una planta originaria de sudamérica. La cocaína se presenta usualmente como polvo blanco, inodoro y esponjoso; su aspecto le ha valido el nombre de “nieve”. Otros nombres comunes son “coca”, “talco”, “polvo blanco”, “pase”, “perico”, etc. Esta droga provoca la liberación repentina en el encéfalo de un neurotransmisor llamado **dopamina**, compuesto que es liberado normalmente cuando se satisface una necesidad básica como el hambre o la sed. Al engañar al cerebro para que libere dopamina, la cocaína produce intensas sensaciones de satisfacción y placer. La liberación de dopamina es tan abundante cuando se consume la droga, que la provisión de dopamina se agota, al desvanecerse la droga. La dependencia psicológica que produce la cocaína es difícil de vencer porque sus efectos son tan fuertes que provocan un deseo incontrolable de más droga.

La cocaína estimula el ritmo cardíaco y la presión sanguínea de manera tan drástica que se lesiona el corazón. Existen ocasiones que al consumirla por primera vez causa un ataque cardíaco. Con el consumo a largo plazo, el tabique nasal se perfora dando lugar a hemorragias frecuentes, el hígado se daña y hay alteraciones neurológicas como agresividad, disminución de la memoria e ideas paranoicas y paranoia (por ejemplo, delirios de persecución y de celos).

Crack

El **crack** se trata de una droga desarrollada en las últimas décadas, a partir de la coca. Es una forma muy concentrada y en extremo potente de cocaína, es 5 a 10 veces más adictiva

que otras formas de dicha droga. Se elabora en laboratorios improvisados ilegales, que convierten cocaína (polvo) en “pequeñas piedras”, que son hasta 80% cocaína pura.

El crack se fuma en pipas o se adiciona a cigarrillos de tabaco o marihuana. El uso de esta droga provoca una breve e intensa “elevación” que comienza en 4 a 6 segundos y tiene una duración de 5 a 7 minutos. Fisiológicamente, estimula una liberación masiva de noradrenalina y dopamina en el encéfalo y bloquea su recaptación por neuronas postsinápticas. Es excitado el sistema nervioso simpático y los consumidores mencionan que experimentan sensaciones de confianza en sí mismos, poder y euforia, pero cuando los neurotransmisores se agotan, la “elevación” es seguida por un “desplome”, que consiste en un periodo de profunda depresión. El adicto experimenta un intenso deseo de otro “toque” de crack para obtener más estimulación.

Algunos adictos pasan días fumando crack sin detenerse a comer o dormir. Muchos consumidores desarrollan tal adicción que llegan a gastar en una semana miles de pesos. Para mantener este costoso vicio, muchos llegan a prostituirse, a dedicarse ellos mismos al tráfico de drogas o a desarrollar otras actividades delictivas.



Figura 5.14. Pequeñas piedras de crack.

Opiáceos

Los **opiáceos** son una poderosa clase de drogas analgésicos narcóticos, provenientes de la goma (opio), que se extrae del fruto de la **amapola** o adormidera (*Papaver somniferum*), nativa de Europa, Asia y Norte de África. Narcótico proviene del griego *narkosis*, que significa entorpecimiento, que tiene la facultad de producir el sueño.

La palabra “opio” proviene del griego *opion*, que significa “jugo de amapola”. Desde la época de los griegos, el jugo de amapola y sus derivados, como la morfina, se han utilizado para controlar el dolor. Los opiáceos imitan a sustancias químicas naturales del encéfalo, conocidas como **endorfinas**, que normalmente ayudan a vencer las sensaciones de dolor. Por esta razón, los opiáceos se usan médicamente como analgésicos. Son los analgésicos más potentes que se conocen y sus efectos fisiológicos son intensificados por el hecho de que producen euforia. Son altamente adictivos.

Las primeras dosis de opiáceos generan fuertes sensaciones de placer y seguridad, pero el cuerpo pronto se adapta a los elevados niveles de endorfinas. Cuando el consumidor trata de detener el consumo de estas drogas, sufre dolores y malestares incontrolables porque el organismo no puede producir ese elevado nivel de endorfinas de forma natural (sin las drogas). Ejemplos de opiáceos son la **morfina**, **codeína** y la **heroína**.

La morfina y la codeína son naturales. La heroína se prepara a partir de la morfina, sustancia que se encuentra naturalmente en los conductos lactíferos de la cápsula (fruto) de la amapola, desde donde se extrae mediante cortes superficiales, por donde supura látex (opio). El efecto de la heroína es más potente que el de la morfina, pero menos duradero.

La heroína es una de las drogas más adictivas, su consumo provoca alucinaciones y vómito. Es una sustancia extremadamente nociva que se administra fundamentalmente inyectada, pero también inhalada o fumada. Una dosis muy alta puede provocar paro respiratorio y, en consecuencia, la muerte. Al administrarse por vía intravenosa con agujas no estériles y por varios usuarios, estos se convierten en sujetos de riesgo para infecciones como hepatitis y SIDA. Como es difícil de dosificar, abundan las sobredosis, las cuales pueden ocasionar la muerte del adicto o heroinómano.

Esta droga relaja, elimina el dolor y la ansiedad, induce el sueño, disminuye el estado de alerta y funcionamiento mental.

Existe una gran variedad de opciones terapéuticas para la adicción a la heroína. La metadona es un opiáceo sintético (elaborado en laboratorio a partir de la amapola) que obstaculiza los efectos de la heroína durante 24 horas. Tiene una historia de éxitos probados cuando se receta en concentraciones suficientemente altas para las personas adictas a la heroína.

Marihuana

La **marihuana** o **mariguana** es la droga ilegal que más se consume. Proviene de una planta de la India, cuyo nombre científico es *Cannabis sativa*. Las hojas se desecan y se fuman en cigarros preparados a mano; a veces se combina con tabaco.

El **hachís** es una forma potente de la mariguana, hecha con las flores de la planta. El principio activo de todas las formas de marihuana es el tetrahidrocanabinol (THC).

Fumar o ingerir THC puede producir una sensación de euforia, desinhibición, relajación, falta de coordinación muscular, afecta la percepción de la profundidad y el sentido del tiempo, altera la memoria y capacidad para concentrarse a corto plazo. Las sensaciones auditivas y visuales son más intensas, hay taquicardia, enrojecimiento de las conjuntivas, sed, deseo de comer alimentos dulces. En grandes dosis, provoca alucinaciones, disminución del número de espermatozoides



Figura 5.15. Fotografías de la flor de la amapola (arriba) y del fruto de ésta (abajo) el cual presenta las incisiones para que secrete el opio (goma o jugo de amapola).

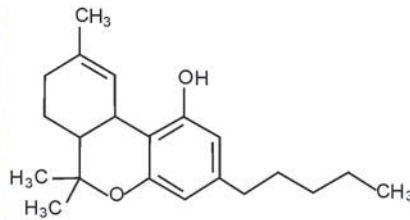


Figura 5.16. Cultivo de marihuana. A la derecha, estructura de su principio activo el tetrahidrocanabinol.

y reducción de los niveles de testosterona.

Fumar marihuana daña más los pulmones y al organismo que el tabaco. Al igual que el humo del tabaco, el de marihuana contiene cantidad de sustancias tóxicas y cancerígenas. De hecho, parece que el efecto promotor de cáncer del humo de marihuana es mayor que el del tabaco.

Anfetaminas

Las **anfetaminas** son estimulantes poderosos de la actividad cerebral en forma análoga a los neurotransmisores excitadores en la sinapsis. Esta droga estimula la liberación de **dopamina** y **noradrenalina**, por consiguiente incrementa la frecuencia cardíaca, aumenta la presión arterial, dilata las pupilas. Los efectos que ocasiona en el estado de ánimo son: euforia, estimulación e hiperactividad. Previene y suprime la fatiga y el sueño. Su consumo es frecuente en los conductores de vehículos para largas distancias o recorridos nocturnos. Cuando se interrumpe la administración de la droga después de un tiempo prolongado, el sueño puede tardar hasta dos meses en normalizarse. También inhiben el apetito, razón por la cual se han usado en el tratamiento de la obesidad, causando tolerancia.

Hoy día se sintetizan las **metanfetaminas**, conocidas vulgarmente unas como “cristal” o “ice” y otras como “tachas” o “éxtasis”. El éxtasis es una sustancia altamente adictiva, que elimina la sensación de cansancio, disminuye las inhibiciones, aumenta la temperatura corporal y la presión arterial. Provoca también taquicardias muy fuertes, ataques de pánico y convulsiones. Todos estos efectos pueden llegar a causar la muerte.

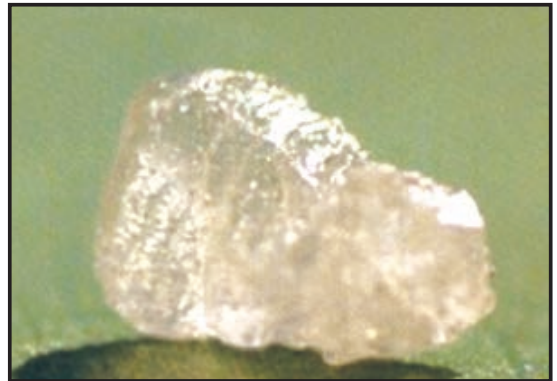


Figura 5.17. “Cristal” de metanfetamina.

Alcohol

El **alcohol etílico** o **etanol** ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) es la única sustancia del grupo de los alcoholes susceptible de ser ingerida por los seres humanos. Es la droga legal más peligrosa y más consumida (de la que más se abusa). Después del tabaco, el alcohol es la principal causa de muerte prematu-

ra. En México, el consumo de bebidas alcohólicas representa un grave problema de salud pública; se calcula que cerca de seis millones de personas beben en exceso esos productos, esto según la *Encuesta Nacional sobre Adicciones* (2002).

El alcohol reduce las funciones del SNC (es depresivo), por lo que disminuye los reflejos, perturba la coordinación y el juicio. El alcohol se acumula en la sangre porque no necesita llegar al intestino delgado para ser absorbido, sino que lo absorbe el estómago, además esta absorción es muy rápida, mientras que su oxidación y excreción es lenta. Cada célula del organismo puede captar alcohol de la sangre.

Una concentración de etanol o alcohol étlico en sangre de 100 mg/cada 100 ml de sangre, se representa 0.10%, esto significa que un décimo, el 1.0 por ciento del líquido en la sangre es alcohol.

Una persona que pesa 70 kg alcanza esta concentración si bebe 2 ó 3 cervezas en una hora. Con esta concentración de alcohol en la sangre, se considera legalmente en estado de ebriedad y en este estado no puede caminar o hablar de modo apropiado. También se le afecta la visión, por lo que no puede conducir con seguridad un automóvil.

La persona que es adicta al alcohol sufre de una enfermedad llamada **alcoholismo**. Algunos alcohólicos sienten a diario la necesidad de beber antes de ir al trabajo o a la escuela. Otros pueden beber hasta perder el conocimiento y no recordar lo que hicieron mientras bebían.

El consumo prolongado de alcohol destruye las células hepáticas porque en estas células es donde el alcohol se metaboliza. Al disminuir el número de hepatocitos, se vuelven insuficientes para metabolizar grandes cantidades de alcohol. La formación de tejido cicatrizado (**cirrosis hepática**) se presenta después. El tejido cicatrizado bloquea el flujo de sangre en el hígado e interfiere en otras funciones importantes. Muchos alcohólicos han muerto de insuficiencia hepática. El alcohol también lesiona al páncreas y el estómago. Asimismo, causa *delirium tremens*, una psicosis que constituye un trastorno de la personalidad, donde hay desconexión de la realidad, irritabilidad, sudación, hipertemia, temblor generalizado, ilusiones y alucinaciones de todo tipo, que puede ocasionar el coma y la muerte.

Se ha demostrado recientemente que tres bebidas alcohólicas a la semana incrementan 50% el riesgo de cáncer mamario.

En los bebedores crónicos, las células del SNC se adaptan a la presencia de la droga. Esto causa tolerancia (se requiere cada vez más alcohol para experimentar el mismo efecto) y dependencia física. Una dosis muy elevada de alcohol ingerida rápidamente puede causar estado de coma o la muerte instantánea.

El abuso en el consumo de alcohol provoca daños fisiológicos, psicológicos y sociales para quien lo consume y tiene graves consecuencias negativas para su familia, sus amistades y la sociedad. El alcoholismo ocasiona:

- ❖ Más del 50% de todas las muertes en accidentes de tráfico.
- ❖ Más del 50% de todos los crímenes violentos y más del 60% de maltrato de los hijos y el cónyuge (violencia intrafamiliar).
- ❖ Más del 50% de los suicidios.

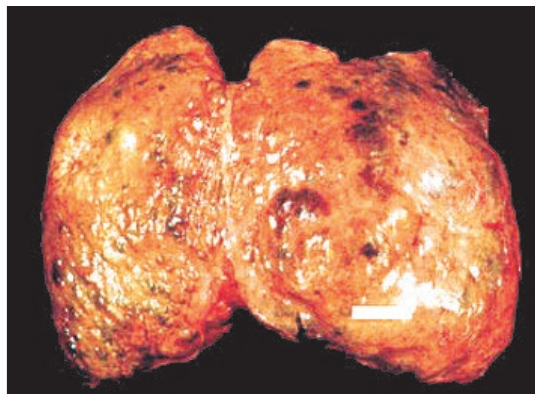


Figura 5.18. Hígado con cirrosis.

En Estados Unidos nacen alrededor de 50,000 niños cada año con graves defectos congénitos debido a que sus madres bebieron alcohol durante el embarazo. Los bebés que nacen con SAF (Síndrome alcohólico fetal) padecen defectos cardiacos, malformaciones faciales, retraso en el crecimiento y retardo mental.

Ahora bien, la supresión abrupta puede causar trastornos del sueño, ansiedad grave, temblor, convulsiones, alucinaciones y psicosis.

El tratamiento de los problemas de alcoholismo incluye diversas formas de psicoterapia que ayudan a prevenir recaídas y se alienta a estos enfermos a no considerar como fracasos el no poder abstenerse de tomar. El apoyo de grupo ofrecido por **Alcohólicos Anónimos** (AA) ha tenido muy buenos resultados por una gran cantidad de personas que desean librarse del alcoholismo.

De acuerdo con informes de la SSA, 3% de la población de México consume 5 copas o más por lo menos una vez por semana, y 90% es menor de edad. El consumo de alcohol en los jóvenes ha ido en aumento, hasta un 30% en el Distrito Federal. Esto es preocupante ya que el abuso del alcohol es la puerta para la experimentación con otras drogas.

A pesar de todos los efectos nocivos mencionados anteriormente, muchas drogas son utilizadas en dosis adecuadas y precisas para tratamientos de algunas enfermedades o ciertos síntomas. Por ejemplo, el componente activo de la marihuana (el THC), es empleado en forma de píldora, por vía oral, para aumentar el apetito en enfermos de cáncer y de SIDA para que aumenten de peso. Además, es utilizada para disminuir las náuseas y vómitos producidos por la quimioterapia en enfermos de cáncer. En el caso de la morfina, se utiliza para aliviar el dolor en pacientes con cáncer, la reuma inflamatoria y todas las enfermedades que provoquen dolor crónico. Para propósitos terapéuticos y médicos, deben usarse las dosis exactas, para evitar la posibilidad de que se genere una adicción en los pacientes.



Figura 5.19. Una embarazada alcohólica es una futura madre de un bebé con Síndrome Alcohólico Fetal (SAF).



Actividad de laboratorio

Realizar la actividad 3 “Actos reflejos” que se encuentra en la p. 292.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. Las dos subdivisiones del sistema nervioso son:
_____ y _____.
2. El _____ de una neurona contiene el núcleo y los organelos celulares.
3. Tienen como función la de recibir estímulos y transmitirlos al cuerpo celular _____.
4. Cada terminal del axón presenta un ensanchamiento llamado _____, que contiene gran número de _____, que almacenan _____.
5. La _____ es la que origina el color de la sustancia blanca de nervios, encéfalo y médula espinal.
6. Es el lugar en que una neurona trasfiere un impulso nervioso a otra célula _____.
7. El sistema nervioso central está formado por: _____ y _____.
8. Los hemisferios cerebrales están conectados internamente por una ancha banda de sustancia blanca conocida como _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

9. El líquido cefalorraquídeo actúa como un amortiguador de impactos que protege al SNC. ()
10. La sustancia gris de la médula espinal está formada de haces de axones mielínicos de neuronas sensoriales y motoras. ()
11. El bulbo raquídeo controla la frecuencia cardíaca, la respiración y la presión sanguínea. ()
12. Desde la médula espinal salen 31 pares de nervios espinales. ()
13. El cerebro es la segunda región más grande del encéfalo. ()

- 14. La médula espinal se inicia como continuación del bulbo raquídeo y ocupa la cavidad intravertebral. ()
- 15. Un reflejo es una respuesta rápida y voluntaria a un estímulo. ()
- 16. El sistema nervioso periférico está dividido en sistema somático y sistema autónomo. ()
- 17. Todos los nervios espinales son mixtos. ()

Contesta las siguientes preguntas:

18. ¿Qué es un impulso nervioso?

19. ¿De qué está lleno el espacio entre la segunda y tercera membranas del encéfalo y médula espinal?

20. ¿Por qué son tan peligrosos los golpes en la nuca?

21. ¿Cuál es el centro de control para la temperatura corporal, el apetito, el metabolismo de grasas y algunas emociones como la ira?

22. ¿Cuál es la función del sistema somático?

Elige la opción correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

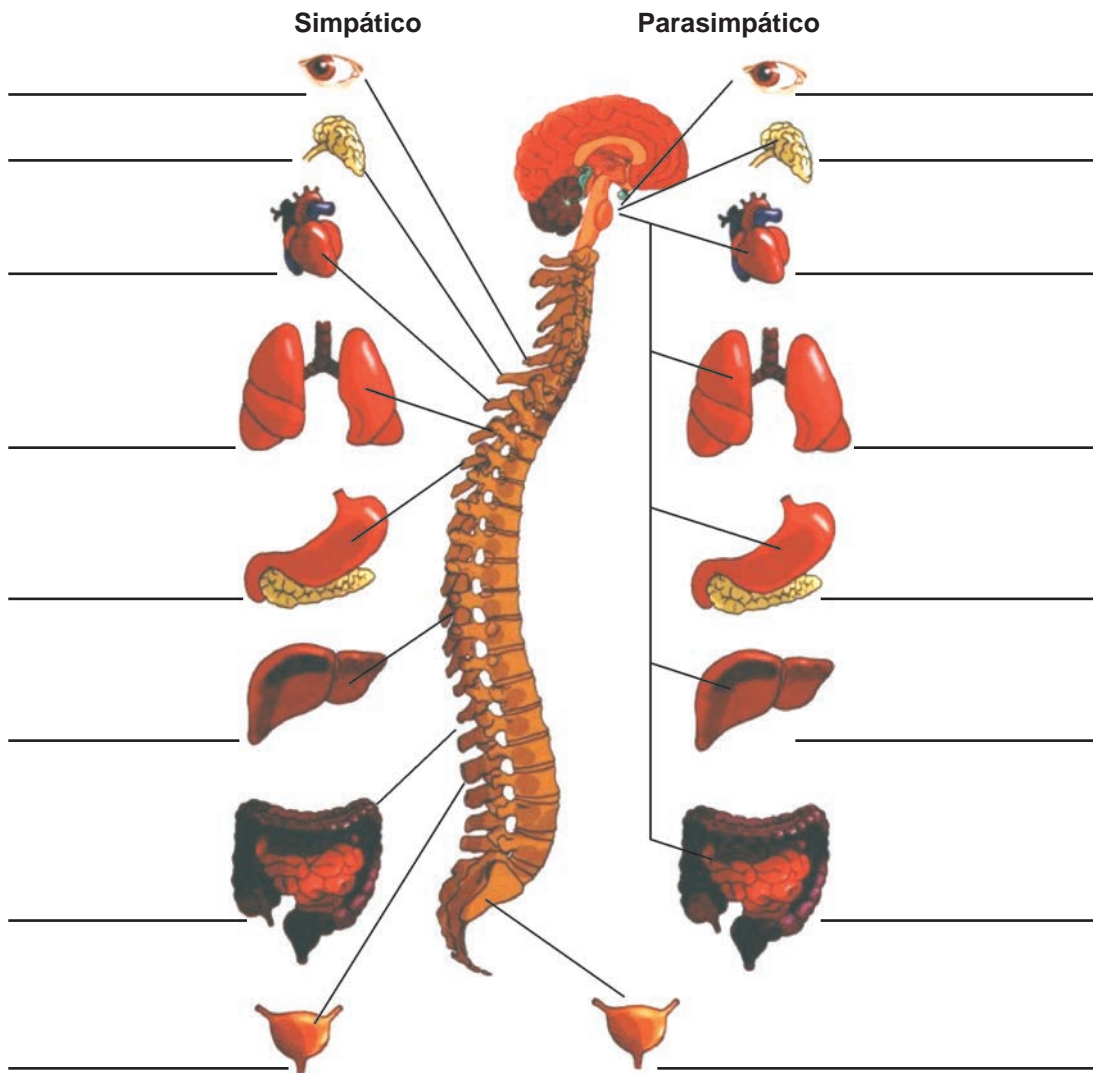
23. Estas células nerviosas son las responsables de la sensibilidad, el pensamiento, los recuerdos, el control de la actividad muscular y la regulación de la secreción glandular.

- a) Neuroglías
- b) Gliales
- c) Axones
- d) Neuronas
- e) a y b son correctas

24. Tiene como función incrementar la velocidad con que los impulsos nerviosos viajan a través de la neurona y aislar y proteger el axón.
- a) Vaina de mielina
 - b) Cuerpo celular
 - c) Dendritas
 - d) Células de Schwan
 - e) Ninguna es correcta
25. Son las neuronas que transmiten impulsos de encéfalo y médula espinal a los órganos efectores como músculos o glándulas.
- a) Sensitivas
 - b) Motoras
 - c) De asociación
 - d) Interneuronas
 - e) c y d son correctas
26. Las células gliales:
- a) Proporcionan sostén a las neuronas, las unen con los vasos sanguíneos.
 - b) Producen la vaina de mielina (células de Schwan).
 - c) Fagocitan microorganismos y tejido nervioso dañado.
 - d) Son mucho más numerosas que las neuronas y más pequeñas.
 - e) Todas las anteriores son correctas.
27. Neurotransmisor que estimula la contracción de los músculos y contribuye a la memoria.
- a) Serotonina
 - b) Dopamina
 - c) Noradrenalina
 - d) Acetilcolina
 - e) Penicilina
28. El lugar en el que la neurona transfiere un impulso a otra célula es el/la.
- a) Sinapsis
 - b) Dendrita
 - c) Vaina de mielina
 - d) Receptor
 - e) Cuerpo celular
29. Las actividades voluntarias o conscientes del cuerpo las controla.
- a) Bulbo raquídeo
 - b) Cerebelo
 - c) Cerebro
 - d) Tronco cerebral
 - e) Tallo cerebral

Rotula la siguiente figura:

30. Anota las acciones del sistema nervioso simpático y parasimpático.



Aplicación de conceptos

31. Un bebé de nombre Diego está aprendiendo a gatear. Por descuido de sus padres, mordió la madera de una ventana de su casa mientras miraba hacia fuera. En los últimos días, su mamá, una estudiante de medicina, percibió que Diego tenía un comportamiento extraño y lo llevó al pediatra. Los análisis de sangre determinaron que Diego tenía niveles altos de plomo, los cuales había ingerido mientras mordía la madera pintada con antiguas pinturas que contenían plomo. El médico indicó que la intoxicación por plomo es un tipo de trastorno desmielinizante. ¿Por qué debería preocuparse la mamá de Diego?

32. El examen rutinario de un médico normalmente incluye una prueba de los reflejos de las rodillas. ¿Cuál es el propósito de esta prueba? ¿Qué indicaría la ausencia de respuesta?

33. ¿Por qué las drogas depresivas y el alcohol son una combinación mortal?

34. ¿Por qué cuando tomas bebidas alcohólicas no debes manejar?

35. Explica por qué una mujer embarazada debe evitar beber alcohol:

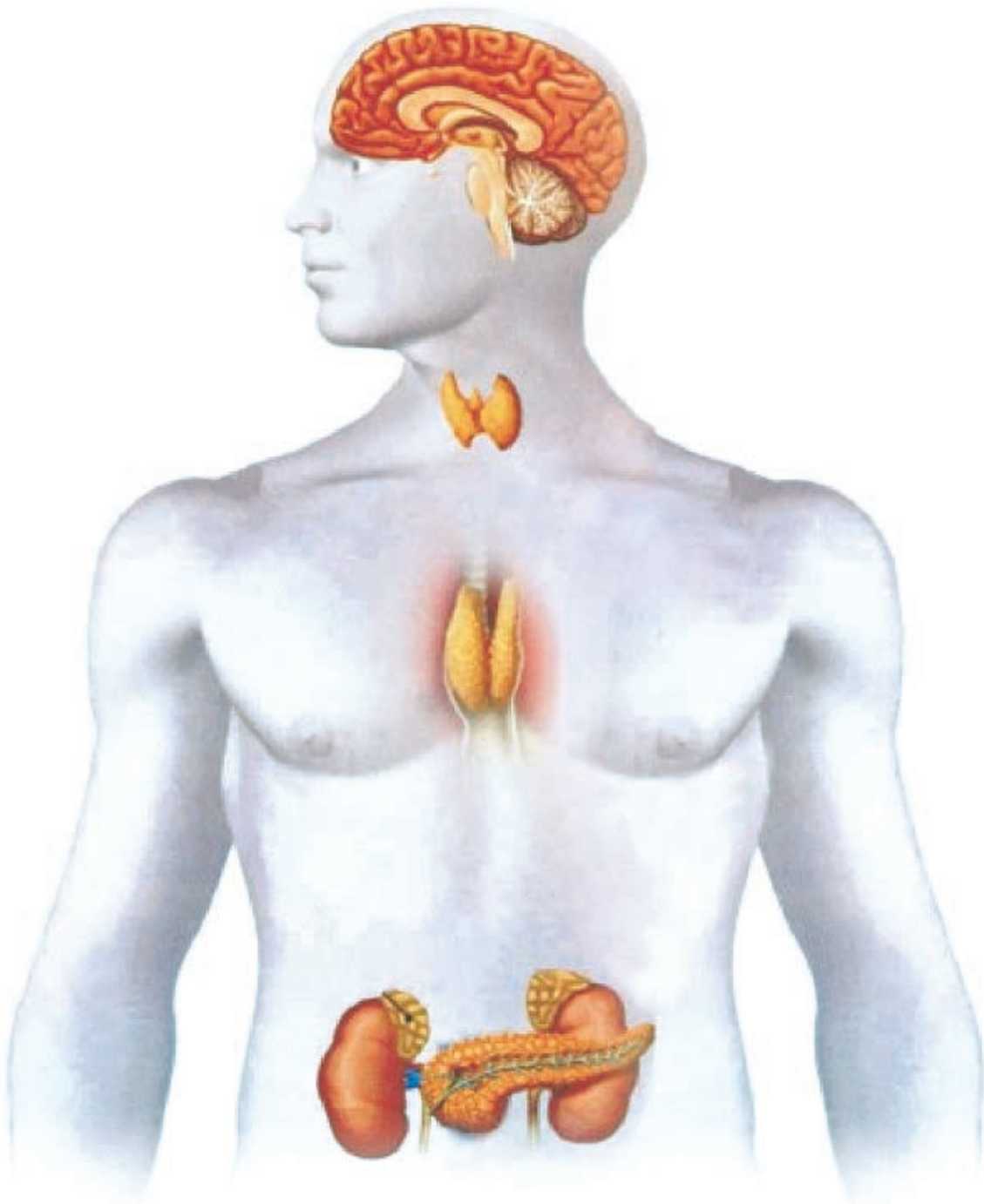
Construye y aprende

36. Investiga una de las drogas mencionadas en esta unidad para saber más sobre sus efectos en el cuerpo, a corto y largo plazo. Además, elabora un folleto informativo en el que trates de persuadir a alguien de que no consuma la droga. Asegúrate de incluir hechos específicos.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

6

Sistema endocrino



Introducción

El sistema endocrino actúa junto con el sistema nervioso para regular o controlar las funciones de todos los aparatos y sistemas del cuerpo. Recuerda que el sistema nervioso actúa a través de impulsos nerviosos conducidos por los axones de las neuronas. El sistema endocrino controla las funciones corporales mediante la liberación de **hormonas**. Estas contribuyen a la homeostasis regulando el metabolismo y crecimiento de las células blanco.

Las respuestas del sistema endocrino a menudo son más lentas que las respuestas del sistema nervioso; aunque algunas hormonas actúan en segundos, la mayoría requiere varios minutos o más para producir una respuesta. Los efectos del sistema nervioso son, por lo general, de menor duración que los del sistema endocrino.

Hormonas

Las hormonas son sustancias secretadas por las glándulas endocrinas que viajan por la sangre para regular las actividades de diversos órganos. Actúan acelerando o inhibiendo la actividad del órgano en el que ejercen su acción, se conoce como “órgano blanco” ya que es el objetivo de la hormona. Sus células son las “células blanco”.

La mayoría de las hormonas pasan al líquido intersticial y después a la circulación sanguínea. La sangre circulante distribuye las hormonas entre las células de todo el organismo. Para que una hormona pueda ejercer su acción sobre un órgano, las células de éste deberán poseer en su membrana receptores específicos para dicha hormona. Sólo así podrá actuar. Por ejemplo, la tirotrofina producida por la hipófisis se une a receptores en las células de la glándula tiroides (en este caso su órgano blanco), pero no se unen a células de los ovarios porque las células ováricas no tienen receptores para la tirotrofina.

Las hormonas son sustancias químicas muy diversas. Algunas son proteínas pequeñas como la insulina, otras son aminoácidos modificados, como la adrenalina, y otras son esteroides, como las hormonas sexuales.

Glándulas endocrinas

Una glándula es un órgano que produce y secreta una sustancia. El cuerpo posee dos tipos de glándulas, **exocrinas** y **endocrinas**.

Las exocrinas envían sus secreciones a través de conductos hacia el exterior o superficie del cuerpo, o hacia cavidades interiores. Son ejemplos de glándulas exocrinas las glándulas mamarias (leche), las sudoríparas (sudor), las sebáceas (sebo), las lagrimales (lágrimas), las salivales (saliva) y las digestivas (jugos digestivos). En cambio, las glándulas endocrinas vierten sus secreciones (hor-

monas) directamente en el torrente sanguíneo. Cada una de las glándulas endocrinas produce diferentes hormonas.

Este tipo de glándulas ejercen control sobre funciones como el crecimiento y el desarrollo, la regulación de la actividad de los tejidos y la reproducción. El mal funcionamiento de una glándula endocrina puede llevar a serios trastornos, debido, ordinariamente, a su baja producción (hiposecreción) o a su alta producción (hipersecreción). Las causas son múltiples: dieta, enfermedad, tumores, trastornos genéticos y otras.

Las glándulas endocrinas son la **hipófisis**, la **tiroides**, la **paratiroides**, las **suprarrenales** y la **pineal**. Además, hay tejido endocrino en varios órganos más que no son considerados exclusivamente como glándulas endocrinas como lo son el hipotálamo, el timo, el páncreas, los ovarios y los testículos. La siguiente figura muestra dónde se encuentran las glándulas endocrinas en el cuerpo.

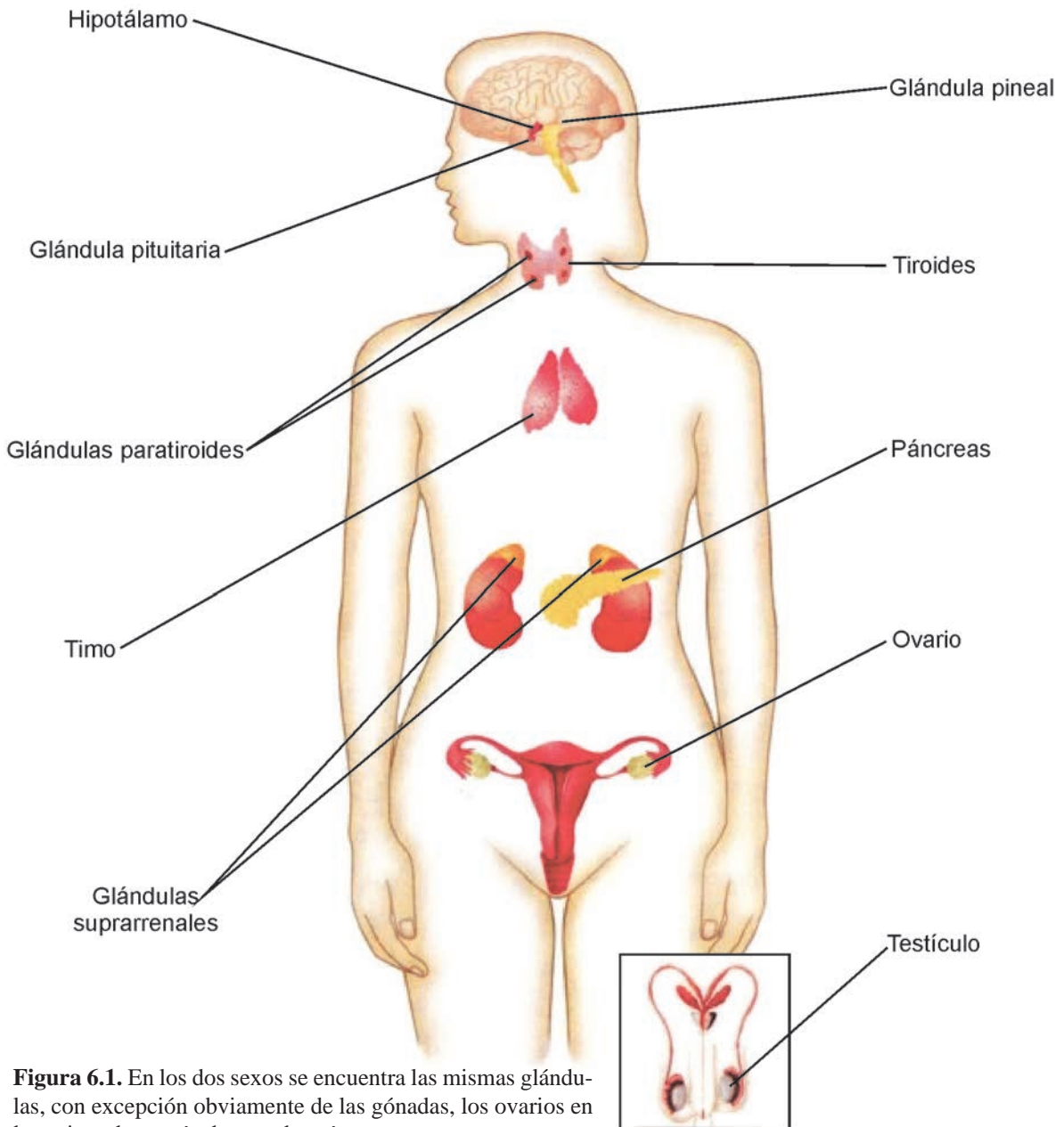


Figura 6.1. En los dos sexos se encuentra las mismas glándulas, con excepción obviamente de las gónadas, los ovarios en la mujer y los testículos en el varón.

El hipotálamo y la glándula hipófisis

La **glándula hipófisis** conocida también como **glándula pituitaria**, es muy pequeña, tiene el tamaño de un frijol y está formada por dos lóbulos: el anterior o **adenohipófisis**, y el posterior o **neurohipófisis**. La adenohipófisis produce siete hormonas que regulan una amplia gama de actividades corporales, desde el crecimiento hasta la reproducción. De estas siete hormonas, cuatro controlan a otras glándulas endocrinas. Por esta razón se le consideraba a la hipófisis como la glándula endocrina maestra. Actualmente se sabe que la hipófisis tiene a su vez quien la controle: el **hipotálamo**. Esta pequeña región del encéfalo, situado arriba de la hipófisis, es la conexión principal entre los sistemas nervioso y endocrino.

El hipotálamo es un centro regulador en el sistema nervioso así como una glándula endocrina crucial (posee neuronas con capacidad secretora). Las células en el hipotálamo sintetizan nueve hormonas distintas, estas liberan o inhiben, a su vez, las hormonas de la adenohipófisis.

El lóbulo posterior de la hipófisis o neurohipófisis no sintetiza hormonas, tiene una función de depósito o almacén de dos hormonas sintetizadas en el hipotálamo, que son: la **hormona antidiurética**, que controla la reabsorción de agua en los túbulos del riñón, y la **oxitocina**, que estimula las contracciones de los músculos del útero durante el parto y también la liberación de la leche de las glándulas mamarias cuando se amamanta al bebé.

Tabla 6.1. Hormonas de la hipófisis.

Hormonas de la glándula pituitaria		
Glándula pituitaria	Hormona	Acción
Pituitaria posterior	Hormona antidiurética (ADH, por sus siglas en inglés)	Estimula los riñones para que reabsorban agua de los túbulos recolectores
	Oxitocina	Estimula las contracciones del útero durante el parto; produce leche en las madres que amamantan
Pituitaria anterior	Hormona estimuladora de folículos (FSH, por sus siglas en inglés).	Estimula la producción de óvulos y espermatozoides maduros
	Hormona luteinizante (LH, por sus siglas en inglés).	Estimula los ovarios y testículos; prepara el útero para la implantación del óvulo fertilizado
	Hormona estimuladora de la tiroides (TSH, por sus siglas en inglés).	Estimula la síntesis y liberación de tiroxina de la glándula tiroides
	Hormona adrenocorticotrópica (ACTH, por sus siglas en inglés).	Estimula la secreción de algunas hormonas de la corteza suprarrenal
	Hormona del crecimiento (GH, por sus siglas en inglés).	Estimula la síntesis de proteínas y el crecimiento en las células
	Prolactina	Estimula la producción de leche en madres que amamantan
	Hormona estimuladora de los melanocitos (MSH, por sus siglas en inglés.)	Estimula los melanocitos de la piel para que produzcan más del pigmento melanina

Hormona del crecimiento

La **hormona del crecimiento**, una de las hormonas de la adenohipófisis, es necesaria para tener un crecimiento normal. Esta hormona aumenta la velocidad del crecimiento del esqueleto durante los años de la niñez y la adolescencia. En los adultos, ayuda a mantener la masa muscular y los huesos, a promover la curación de heridas y la reparación de los tejidos. Esta hormona es secretada durante toda la vida de la persona.



Enanismo hipofisario

La hiposecreción de la hormona del crecimiento durante la niñez y la adolescencia reduce el crecimiento de los huesos produciendo el **enanismo hipofisario**. Un enano hipofisario pese a su corta estatura (algunos con menos de 90 cm de altura) tiene inteligencia normal y suele estar bien proporcionado. El tratamiento es posible si el estado se diagnostica a temprana edad e incluye la inyección de hormona del crecimiento, la cual ya se sintetiza a nivel comercial mediante técnicas del ADN recombinante. El enanismo también puede ser resultado de otras anomalías, en cuyo caso no se corrige con la administración de hormona del crecimiento.



Gigantismo y acromegalia

La hipersecreción de la hormona del crecimiento durante la niñez origina **gigantismo**, un aumento anormal en la longitud de los huesos largos. En consecuencia, la persona tiene estatura excesiva, aunque sus proporciones corporales son casi normales.

En cambio la hipersecreción de esta hormona durante la edad adulta origina **acromegalia**. Esta enfermedad provoca engrosamiento de los huesos de manos, pies y cara, así como crecimiento de otros tejidos. Se agrandan los labios, párpados, lengua y nariz.



Figura 6.2. Fotografía de hermanos gemelos de 22 años, donde el de la izquierda presenta gigantismo hipofisario, a causa de un tumor en la hipófisis; junto a él, su gemelo. A la derecha la fotografía de un hombre con acromegalia.



Figura 6.3. El ucraniano Leonid Stadnik, el hombre más alto del mundo, que mide 2.57 m. Esto es debido a que a los 14 años fue operado de un tumor benigno en el cerebro dañándosele la glándula hipófisis, lo cual lo ha hecho seguir creciendo sin parar.

Glándula tiroides

La **glándula tiroides** es una masa de tejido en forma de mariposa que se localiza en el cuello, justo delante de la tráquea y por debajo de la laringe. Es de consistencia blanda, de color gris rosado y pesa unos 30 g. La glándula tiroides es activada por la hormona estimuladora de la tiroides, secretada por la glándula hipófisis. La tiroides produce tres hormonas: **tiroxina, triyodotironina y calcitonina**. Las dos primeras hormonas reciben el nombre conjunto de **hormonas tiroideas** ya que ambas desempeñan funciones similares. Además, las dos se sintetizan a partir del aminoácido tirosina y de yodo. Su principal función es regular el crecimiento y el metabolismo. La calcitonina

disminuye la concentración de calcio en sangre y acelera su absorción por parte de los huesos. El mal funcionamiento de la glándula tiroides causa algunos trastornos como el cretinismo y el bocio.



Cretinismo

El hipotiroidismo congénito, es decir, la hiposecreción de hormonas tiroideas después del nacimiento, causa en los bebés cretinismo, condición médica en la que ni el sistema esquelético ni el sistema nervioso se desarrollan de manera correcta. Dos efectos del cretinismo son el enanismo y el retraso mental. Un diagnóstico oportuno y tratamiento que consiste en la administración de hormonas tiroideas previene sus efectos.



Bocio

El **bocio** es un crecimiento anormal de la tiroides, por lo general se debe a la deficiencia de yodo. Diminutas cantidades de yodo en la dieta (4 g al año) evitan el desarrollo del bocio. La introducción de la sal yodatada ha reducido notablemente la frecuencia de bocio en muchas partes del mundo.

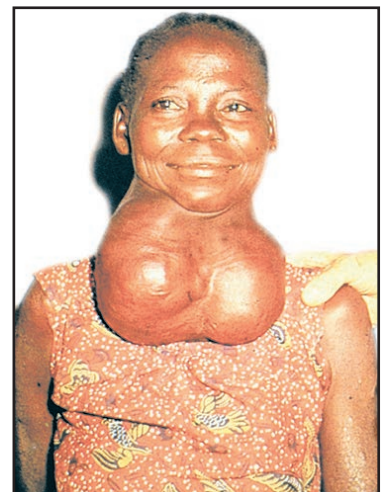


Figura 6.4. Observa el exagerado crecimiento de la tiroides en esta mujer africana.

Glándulas paratiroides

Las **glándulas paratiroides** son cuatro pequeñas glándulas ovales de aproximadamente 6 mm de diámetro, situadas en la cara posterior de la tiroides. Producen la hormona paratiroidea que ayuda a regular la concentración de calcio en sangre y lí-

quido intersticial. Esta hormona estimula la liberación de calcio de los huesos, mientras que la calcitonina secretada por la tiroides tiene el efecto opuesto, es decir, inhibe la extracción de calcio de los huesos. Las dos hormonas trabajan juntas para mantener los niveles de calcio en la sangre, en la homeostasis.

La concentración normal de calcio en los líquidos extracelulares es necesaria para el funcionamiento normal de las neuronas.

La deficiencia de calcio como resultado de hipoparatiroidismo causa **tetania**, padecimiento que se caracteriza por contracciones espasmódicas y convulsiones que, de no corregirse rápidamente, la persona muere por espasmos en los músculos respiratorios. El hipoparatiroidismo puede surgir a raíz de extirpación quirúrgica de las paratiroides o lesiones de estas últimas, por infecciones, hemorragias, traumatismos u otros padecimientos.

El hiperparatiroidismo provoca descalcificación ósea, que ocasiona que los huesos se deformen y tiendan a fracturarse.

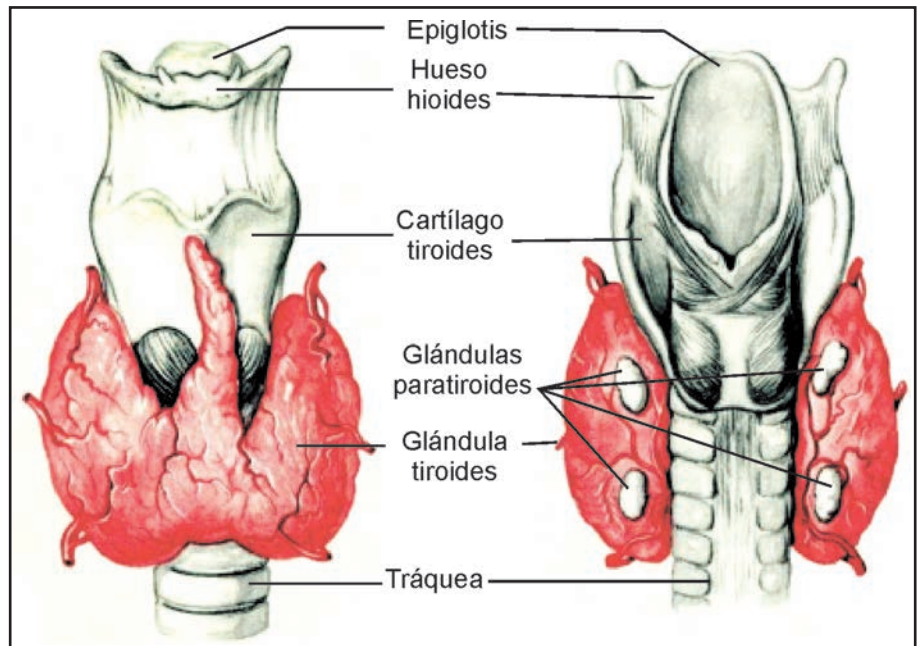


Figura 6.5. Las glándulas paratiroides, del tamaño de una pasa, están ubicadas por detrás de la glándula tiroides.

Glándulas suprarrenales

Las **glándulas suprarrenales** son dos y se localizan sobre la parte superior de cada riñón. Tienen forma de pirámide aplastada. Las suprarrenales se diferencian estructural y funcionalmente en dos regiones: una capa exterior (la corteza) y una capa interior (la médula).

Médula suprarrenal

La **médula suprarrenal** secreta dos hormonas: la **adrenalina** y la **noradrenalina**. A la primera corresponde un 80% de la secreción total de la médula suprarrenal, además de que sus efectos son más potentes que los de la noradrenalina.

En situaciones de estrés, el cerebro envía mensajes hacia la médula suprarrenal a través de nervios simpáticos, con lo que se inicia una **reacción de alarma** (o lucha o huye). Esa respuesta permite que la persona piense con mayor rapidez, luche con más fuerza o corra más aprisa de lo ordinario. La intensidad del metabolismo se incrementa hasta un 100%. Las hormonas de

la médula suprarrenal estimulan al corazón para que palpite más aprisa y se eleve la presión arterial. También abren más o dilatan las vías respiratorias, permitiendo una respiración mucho más eficaz.

Las hormonas de la médula hacen que la sangre se desvíe hacia los órganos que son esenciales para la acción de emergencia. Los vasos sanguíneos de la piel, órganos digestivos y riñones, se constriñen, mientras que los que bombean sangre hacia el cerebro, músculos y corazón, se dilatan. La constricción de los vasos sanguíneos de la piel tiene la ventaja extra de reducir la pérdida de sangre en caso de una hemorragia; este fenómeno explica también la palidez asociada con el terror o la furia. La adrenalina y noradrenalina también incrementan la concentración de glucosa en la sangre al estimular la glucogenólisis en el hígado. Dichas hormonas elevan las concentraciones de ácidos grasos en la sangre, al movilizar las reservas de grasa del tejido adiposo. Esas acciones generan un mayor número de moléculas combustibles para las células musculares en rápido metabolismo.

Estas actividades de respuesta de alarma de la médula suprarrenal se parecen a las que produce el sistema nervioso simpático. La similitud se explica fácilmente porque los nervios simpáticos secretan noradrenalina en sus extremos. Debido a esto, la pérdida de la médula suprarrenal no es mortal, es sustituida por una actividad compensadora de las fibras nerviosas del sistema simpático, y el cuerpo puede funcionar normalmente.

Corteza suprarrenal

La **corteza suprarrenal** secreta varias hormonas conocidas como **corticosteroides** de las cuales hay dos grupos: los **glucocorticoides** y los **mineralocorticoides**.

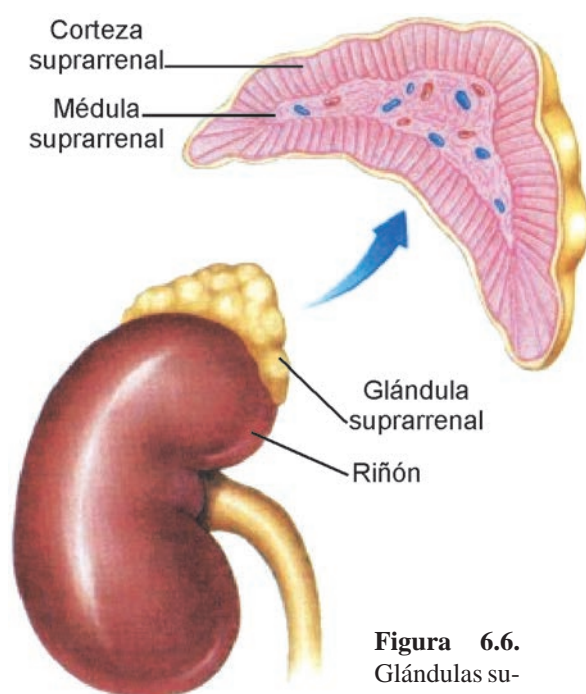


Figura 6.6.
Glándulas suprarrenales.

Glucocorticoides

El nombre *glucocorticoides* se deriva de los efectos que éstos tienen en los niveles de azúcar en la sangre. La hormona **cortisol**, la más importante de este grupo de hormonas, estimula la producción de glucosa a partir de grasas y de aminoácidos, así aumenta el nivel de glucosa en la sangre. Esta producción de glucosa aumenta la disponibilidad de energía en momentos de tensión. El cortisol también reduce la inflamación de los tejidos. La secreción de cortisol está bajo el control de la hormona adrenocorticotrópica producida por el lóbulo anterior de la hipófisis.

La hiposecreción de glucocorticoides origina la **enfermedad de Addison**, cuyos síntomas clínicos incluyen torpeza mental, disminución de peso e hipoglucemia. El **síndrome de**

Cushing es resultado de la hipersecreción de glucocorticoides, en especial cortisol y cortisona. Este trastorno se caracteriza por la redistribución de la grasa, adelgazamiento de los miembros y acumulación de la grasa en la cara, parte superior de la espalda y abdomen.

Mineralocorticoides

Ayudan a regular el balance mineral del cuerpo. La **aldosterona**, la más importante de estas hormonas, actúa sobre los túbulos de los riñones para estimular la absorción del sodio por la sangre.

Glándula pineal

La **glándula pineal** se encuentra en la cabeza, entre los dos hemisferios cerebrales, y produce la hormona **melatonina**. Actualmente todavía no está claro si influye sobre la función reproductiva humana. Esto continúa siendo asunto de controversia. Lo que se sabe es que la melatonina promueve el sueño. Durante éste, los niveles en sangre de melatonina aumentan diez veces y luego declinan otra vez a un nivel bajo antes de despertar. Pequeñas dosis de melatonina administradas de forma oral pueden inducir el sueño, lo que contribuye a regular el reloj biológico del cuerpo.

Timo

El **timo** se localiza detrás del esternón, entre los pulmones. Sintetiza una hormona llamada **timosina** que es necesaria para la producción normal de linfocitos T. Recuerda que los linfocitos T o células T son un tipo de glóbulo blanco sanguíneo que destruye microbios y otras sustancias extrañas. Por su papel en la inmunidad, esta glándula se estudiará con detalle en la unidad correspondiente al sistema inmunitario.

Páncreas (islotos pancreáticos)

El **páncreas** es una glándula grande (mide alrededor de 12 a 15 cm de longitud) que se localiza debajo del estómago. Este órgano es tanto una glándula endocrina como una glándula exocrina. El páncreas está constituido por pequeñas agrupaciones o racimos de células llamadas **ácinos**. Casi 99% de los ácinos constituyen la porción exocrina de la glándula, la cual secreta una mezcla de líquido y enzimas digestivas llamada jugo pancreático. Este se estudiará en la unidad correspondiente al aparato digestivo.

El 1% restante de los ácinos forman la porción endocrina del páncreas. Estos racimos de células son llamados **islotos pancreáticos** o **islotos de Langerhans**, ya que se encuentran dispersos como pequeñas islas por todo el páncreas. Existen aproximadamente de 1 a 2 millones de islotos pancreáticos, cada uno incluye células beta, que secretan una hormona llamada **insulina**, y células alfa, que secretan otra hormona llamada **glucagón**. Ambas ayudan a mantener estable el nivel de glucosa en la sangre.

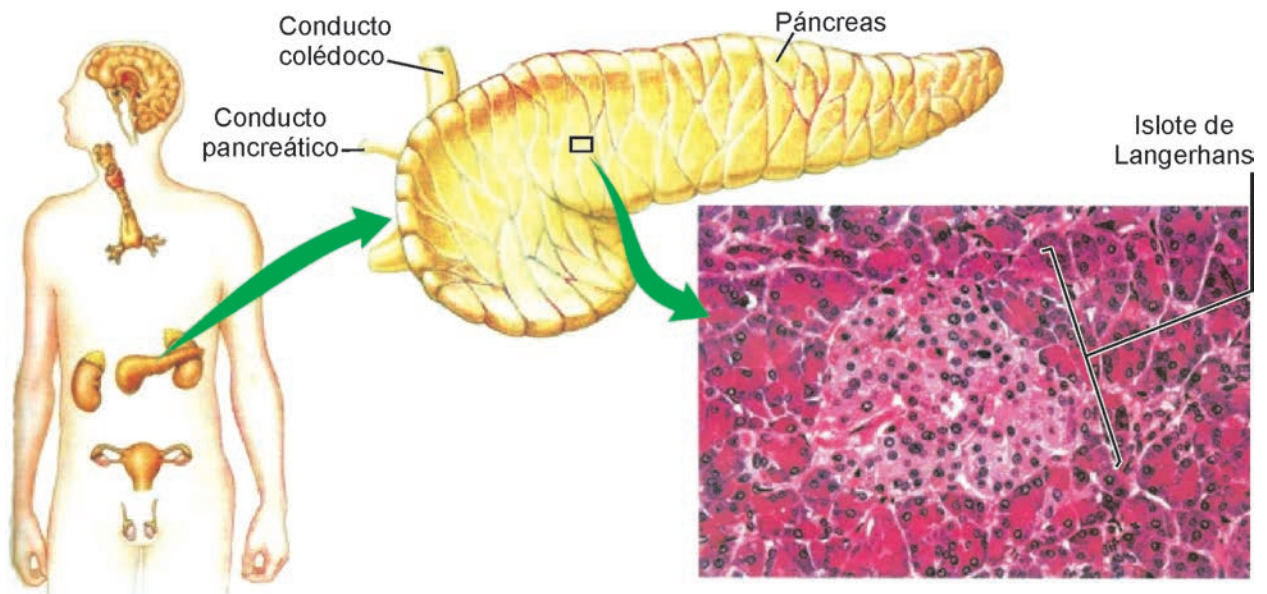


Figura 6.7. El islote pancreático que se observa en la micrografía es un racimo de células endocrinas productoras de las hormonas insulina y glucagón. El páncreas contiene de 1 a 2 millones de estos islotes.

Un alto nivel de glucosa en la sangre, como el que puede haber después de que se digiere una comida, estimula la producción de insulina. Las principales células blanco de la insulina están en el hígado, los músculos esqueléticos y el tejido adiposo o graso. La insulina estimula las células de estos tejidos a captar glucosa de la sangre por difusión facilitada a través de la membrana plasmática. Una vez que la glucosa entra a las células musculares, se usa de inmediato como combustible o se almacena como glucógeno. El hígado almacena también como glucógeno, mientras que las células adiposas convierten la glucosa en lípidos. Esta es una de las causas por las que las personas aumentan de peso. Cuando los niveles de glucosa en la sangre bajan a niveles normales o por debajo de lo normal, disminuye la secreción de insulina.

La otra hormona, el **glucagón**, se libera cuando el nivel de glucosa en la sangre es bajo. La acción principal del glucagón es la de aumentar la concentración de glucosa en la sangre, estimulando las células hepáticas y las del músculo esquelético a convertir glucógeno en glucosa. Cuando la glucosa en la sangre alcanza los niveles normales o sobre lo normal, las células alfa de los islotes disminuyen la secreción de glucagón. La insulina y el glucagón son un par de hormonas con efectos antagónicos o contrarios.

El mantener constante la concentración de glucosa en la sangre es una parte importante de la **homeostasis**. La glucosa es el combustible que se usa en muchos órganos y tejidos. Mientras otros tejidos pueden usar otras fuentes de energía, el cerebro está limitado a usar la glucosa. De esta manera, el control del nivel de glucosa en la sangre por la insulina y el glucagón asegura una fuente constante de energía para el cerebro.

Diabetes mellitus

La **diabetes mellitus** (*mellitus*, significa “de miel”) es el trastorno endocrino más común, causado por la incapacidad de secretar o usar la insulina. Es un problema mundial de salud;

en Estados Unidos y en nuestro país es la cuarta causa de muerte. Se calcula que cerca de 10 millones de mexicanos padecen diabetes. Actualmente es la primera causa de ceguera y de amputaciones.

En un diabético, la cantidad de glucosa en la sangre puede subir tanto que los riñones excretan glucosa en la orina. Los tres signos de la diabetes son: excesiva producción de orina, mucha hambre y sed. Hay dos tipos de diabetes mellitus: tipo 1 y tipo 2. Los factores genéticos y ambientales influyen en su aparición.

La **diabetes tipo 1** también es llamada **diabetes mellitus insulino-dependiente**, debido a que se requiere, de la administración diaria de insulina, es decir, depende de ella para no morir. Es una enfermedad autoinmune que, por lo general, se presenta antes de los quince años de edad. En este tipo de diabetes hay poca o ninguna secreción de insulina porque el sistema inmunitario del paciente destruye las células beta. La deficiencia de insulina hace que la glucosa se acumule en la sangre en lugar de ser transportada a las células. Esta glucosa no utilizada es eliminada por la orina. Para compensar la falta de combustible disponible (glucosa) y, por lo tanto, de energía para las actividades celulares, la mayoría de las células usa ácidos grasos (provenientes de los triglicéridos) para producir ATP. La degradación de los ácidos grasos produce cetonas (cuerpos cetónicos) que se acumulan, por lo que el pH sanguíneo baja, provocando un trastorno conocido como **cetoacidosis**, que puede ocasionar la muerte si no es tratada con rapidez.

La degradación de los triglicéridos produce pérdida de peso. A medida que los lípidos son transportados por la sangre desde sus depósitos a las células, éstos quedan adheridos en las paredes de las arterias, lo cual produce **arterosclerosis** (engrosamiento y falta de elasticidad de las paredes de las arterias) y múltiples problemas cardiovasculares, dentro de los cuales están la **insuficiencia cerebrovascular** y **gangrena**. Otras complicaciones importantes son la pérdida de la visión debido a las cataratas (por unión excesiva de las glucosas con las proteínas del cristalino, lo que provoca opacidad), daño de los vasos sanguíneos de la retina y problemas renales debido al daño de los vasos sanguíneos renales.

Las personas que padecen este tipo de diabetes deben seguir una dieta estricta, ejercicio e inyectarse insulina a diario (hasta tres veces por día) para controlar los niveles de glucosa en la sangre. Actualmente existen bombas implantables para proveer insulina sin la necesidad de inyecciones repetidas.



Shock insulínico

El **hiperinsulinismo** es frecuente cuando un diabético se inyecta demasiada insulina, el síntoma principal es la **hipoglucemia** (nivel bajo de glucosa en la sangre). Los síntomas son ansiedad, sudoración, temblor, aumento de la frecuencia cardíaca, hambre y debilidad. Una sobredosis de insulina provoca el **shock insulínico** y al menos que se eleve el nivel de glucosa, se puede evitar la muerte.

Desde el punto de vista clínico, los diabéticos que están sufriendo una crisis de hiperglucemia o de hipoglucemia pueden presentar síntomas muy parecidos: alteraciones mentales, coma, convulsiones y demás, por lo que es muy importante identificar con rapidez la causa de los síntomas y tratarlos adecuadamente.

La **diabetes tipo 2** o **diabetes mellitus no insulínico-dependiente**, aparece más frecuentemente en personas obesas de más de 40 años. Sin embargo, el número de niños y adolescentes obesos con diabetes tipo 2 está aumentando. Este tipo de diabetes es la más frecuente, más del 90% de los diabéticos la padecen. A pesar de que algunos diabéticos de tipo 2 necesitan insulina, muchos tienen una concentración normal (o mayor de lo normal) en la sangre. En estos pacientes, la diabetes no se debe a la falta de insulina, sino a que las células blanco no pueden usarla, un problema llamado **resistencia a la insulina**, es decir, que el cuerpo no usa de manera eficiente la insulina que produce. En sus primeras etapas, la diabetes tipo 2 generalmente puede controlarse mediante dieta, disminución de peso y ejercicio regular. Cuando este tratamiento no es eficaz, estos pacientes se tratan con medicamentos que estimulan la secreción de insulina y promueven la acción de ésta. Tratados adecuadamente, la mayoría de los diabéticos lleva una vida activa y normal.

Gónadas (ovarios y testículos)

Las gónadas son las glándulas reproductoras del cuerpo. Tienen dos funciones:

- ❖ Producir gametos (espermatozoides en los hombres y óvulos en las mujeres).
- ❖ Secretar hormonas sexuales.

Las gónadas femeninas, los **ovarios**, son dos órganos de forma oval, que se localizan en la cavidad pélvica y producen las hormonas sexuales femeninas, o sea, los **estrógenos** y la **progesterona**. Estas hormonas son las causantes del crecimiento y conservación de las características sexuales secundarias de la mujer y, junto con las hormonas foliculoestimulante y luteinizante de la hipófisis, regulan el ciclo menstrual, conservan el embarazo y preparan las glándulas mamarias para la lactancia.

Las gónadas masculinas, los **testículos**, son glándulas ovaladas situadas en el escroto. La hormona principal producida y secretada por los testículos es la **testosterona** u hormona sexual masculina. La testosterona regula la producción de espermatozoides y estimula el desarrollo y mantenimiento de los caracteres sexuales masculinos como el engrosamiento de la voz.

Las hormonas sexuales serán estudiadas en detalle en la unidad correspondiente a los aparatos reproductores femenino y masculino.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. El sistema endocrino controla las funciones corporales mediante la liberación de _____.
2. Las glándulas endocrinas vierten sus secreciones directamente en _____.
3. La glándula hipófisis es también conocida como _____.
4. El cortisol es una hormona _____ que estimula la producción de _____, a partir de grasas y de _____.
5. El timo se localiza detrás del _____, entre los _____. Sintetiza una hormona llamada _____, que es necesaria para la producción normal de _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

6. Los efectos del sistema nervioso son por lo general de menor duración que los del sistema endocrino. ()
7. Las hormonas actúan acelerando o inhibiendo la actividad del “órgano blanco” en el que ejercen su acción. ()
8. Algunas hormonas son proteínas pequeñas (insulina), otras son aminoácidos modificados (adrenalina) y otras son ácidos nucleicos. ()
9. El lóbulo posterior de la hipófisis no sintetiza hormonas, solo es almacén de las que sintetiza el hipotálamo. ()
10. La glándula tiroides es una masa de tejido en forma de mariposa que se localiza en el cuello, justo por detrás de la tráquea y por arriba de la laringe. ()
11. Los efectos de la adrenalina son más potentes que los de la noradrenalina. ()
12. La insulina es producida por las células alfa de los islotes pancreáticos o de Langerhans. ()

Contesta las siguientes preguntas:

13. La hormona glucagón se libera cuando el nivel de glucosa en la sangre ¿es bajo o alto?

14. ¿Por qué los diabéticos tipo 1 requieren de la administración diaria de insulina para poder vivir?

15. ¿Qué diferencia existe entre glándulas exocrinas y endocrinas?

16. ¿Cuáles son las 7 hormonas que secreta la adenohipófisis?

17. ¿Cuáles son las hormonas que secretan las gónadas femeninas?

18. Anota la hormona que interviene en cada situación.
Una mamá amamantando a su bebé _____
Cambios físicos visibles en un adolescente varón _____
Una persona se encuentra en situación de peligro o miedo _____
Actúa cuando comemos azúcares _____
Cambios físicos cuando una niña llega a la pubertad _____
La falta de esta hormona produce enanismo _____

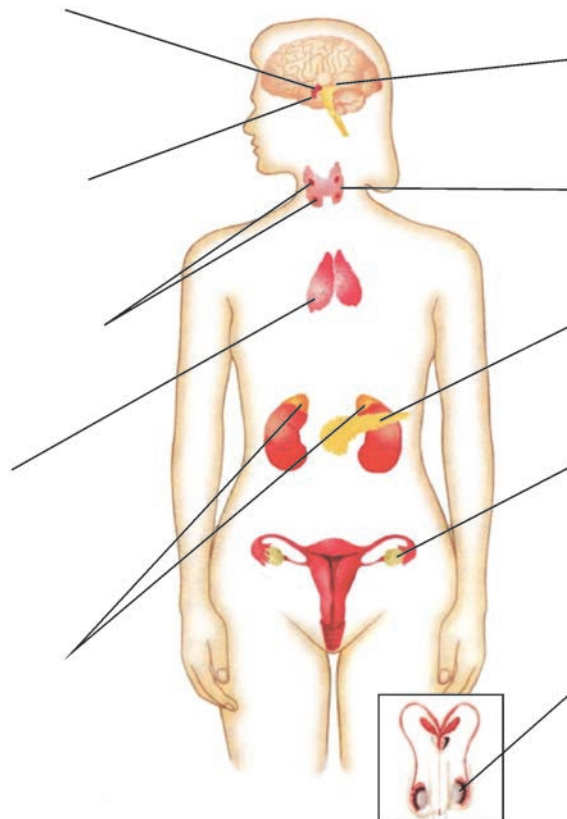
Elige la opción correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

19. La hormona paratiroidea estimula la liberación de calcio de los huesos, la hormona que tiene efecto antagónico (contrario) es:
- La calcitonina secretada por la glándula tiroides.
 - La adrenalina secretada por la médula suprarrenal.
 - El cortisol secretado por la suprarrenal.
 - La melatonina secretada por la glándula pineal.
 - Ninguna de las anteriores es correcta.
20. Hormona que estimula las contracciones de los músculos del útero durante el parto.
- | | | |
|------------------|--------------------|--------------|
| a) Antidiurética | b) Del crecimiento | c) Oxitocina |
| d) Tiroxina | e) Paratiroidea | |

21. La hipersecreción de la hormona del crecimiento durante la edad adulta origina:
- a) Gigantismo
 - b) Bocio
 - c) Enanismo
 - d) Acromegalia
 - e) Cretinismo
22. La diabetes tipo 2 se debe a:
- a) La falta de insulina.
 - b) Las células blanco no pueden usar la insulina que las células beta de los islotes de Langerhans producen.
 - c) Mal funcionamiento del tubo digestivo.
 - d) Están dañadas las células beta de los islotes pancreáticos.
 - e) Todas las anteriores son correctas.
23. Son las hormonas producidas por la glándula tiroides:
- a) Tiroxina, triyodotironina y calcitonina
 - b) Adrenalina y noradrenalina
 - c) Glucocorticoides y mineralcorticoides
 - d) Melatonina y timosina
 - e) c y d son correctas

Rotula la siguiente figura:

24. Escribe el nombre de cada una de las glándulas señaladas.



25. Localiza los nombres de algunas hormonas en esta sopa de letras y anótalos abajo indicando su función.

O	L	T	P	R	O	L	A	C	T	I	N	A
X	L	O	A	F	L	E	H	T	O	R	I	D
I	E	P	J	I	D	P	R	P	A	I	J	R
T	R	A	O	U	E	G	A	T	F	L	E	E
O	I	R	I	N	S	U	L	I	N	A	P	N
C	T	V	L	K	T	E	O	R	Y	S	I	A
I	E	I	A	W	R	B	E	O	F	L	A	L
N	F	N	O	C	O	R	I	X	U	S	E	I
A	C	T	H	E	G	O	F	I	D	A	H	N
U	L	P	O	R	E	D	A	N	P	E	U	A
Z	S	Y	R	A	N	H	I	A	P	L	E	V
O	T	E	S	T	O	S	T	E	R	O	N	A
G	E	P	T	A	S	I	N	O	S	I	N	E
R	A	T	O	X	C	O	R	T	I	S	O	L

Aplicación de conceptos

26. Clara va manejando su carro desde la escuela, escuchando su música favorita cuando un perro aparece súbitamente en la calle, frente a su auto. Ella se las arregla para virar el volante bruscamente y evadir el perro. Mientras continúa su camino, nota que su corazón está latiendo muy rápidamente, tiene “piel de gallina” y sus manos están sudorosas ¿por qué está experimentando esto?

27. Rodolfo padece la enfermedad de Addison. ¿Cuáles son los signos o síntomas que presenta?

28. A Victoria no le gusta la foto de su nueva credencial de estudiante porque su cabello se mira seco y su cuello grueso. De hecho tiene una horrible tumefacción en forma de mariposa en la parte inferior de su cuello. Además, se ha estado sintiendo cansada y mentalmente “apagada”. Asiste a la clínica y el médico ordena un análisis de sangre. Los resultados demuestran que sus niveles de T4 (tiroxina) y de TSH son bajos. Enseguida se le hace una prueba de estimulación con TSH en la cual se le inyecta TSH y sus niveles de T4 suben. ¿Amelia tiene problemas con su glándula hipófisis o con su glándula tiroides?
-
-

29. Juan es un hombre de 30 años que mide 85 cm de estatura; tiene una inteligencia normal y su cuerpo está bien proporcionado. ¿Qué le sucedió a Juan en su niñez?
-
-

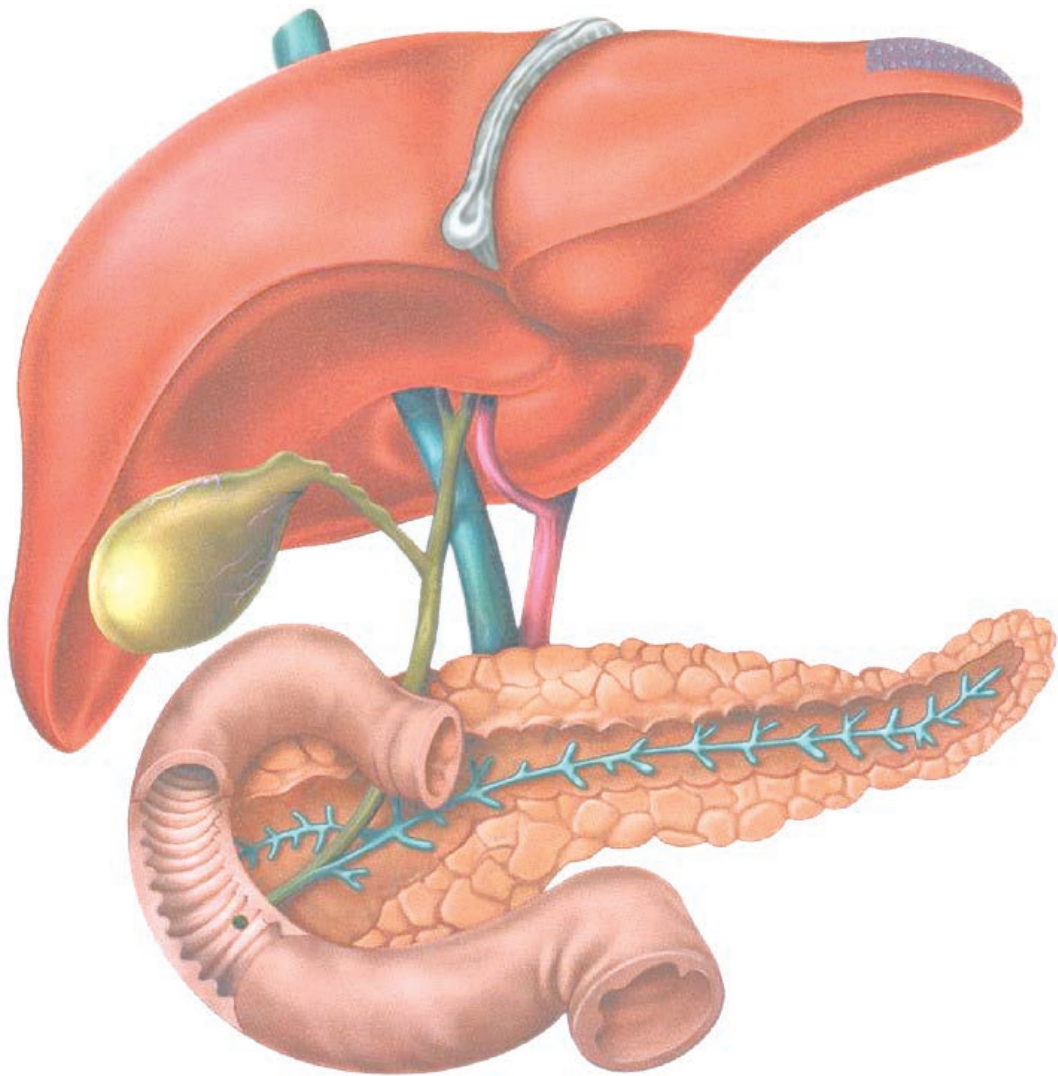
Construye y aprende

30. Elabora un folleto que describe los dos tipos de diabetes. Puedes incluir información acerca de factores de riesgo, tratamiento y posibles medidas preventivas. Usa imágenes de revistas o Internet para ilustrarlo. Asegúrate de elegir imágenes interesantes para que sea un folleto visualmente atractivo.
31. Reúnete en grupo de 3 integrantes y elaboren un esquema grande de la silueta humana en la que se puedan ir pegando dibujos de las glándulas endocrinas, elaborados en papel de colores o fomi. Algunos alumnos pasarán y pegarán las glándulas en el sitio correcto.
32. Investiga si alguno de tus familiares padece diabetes. Reúne tus datos con los de tus compañeros y hagan un cálculo estadístico del número de alumnos con familiares diabéticos. Investiga en el centro de salud más cercano, los cuidados que recomiendan a los diabéticos.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

7

Aparato digestivo



Introducción

Nuestro cuerpo necesita energía para su funcionamiento y por ello debemos alimentarnos. Sin embargo, los alimentos tal y como se consumen no son adecuados para su uso como fuente de energía por parte de las células del cuerpo, por eso se deben digerir o degradar hasta moléculas lo suficientemente pequeñas como para entrar en las células. A este proceso se le conoce como **digestión**. La digestión libera los nutrientes necesarios para mantener la salud y la vida. Los órganos que se encargan de manera colectiva de llevar a cabo este proceso componen el **aparato digestivo**.

Los órganos de la digestión se dividen en dos grupos. En primer término está el tubo digestivo, que comienza en la boca y termina en el ano. Tiene un ensanchamiento intermedio que constituye el estómago a lo largo de este, el alimento se va transformando hasta formar una papilla semilíquida que puede pasar fácilmente a la sangre.

En el segundo grupo se encuentran los **órganos accesorios** o **auxiliares**: **dientes, glándulas salivales, hígado, vesícula biliar y páncreas**.

Los dientes son estructuras que facilitan la degradación física de los alimentos. Los demás órganos accesorios se sitúan por fuera del tubo digestivo y producen o almacenan secreciones que facilitan la degradación química de los alimentos, estas llegan al tubo digestivo por medio de conductos.

La pared del tubo digestivo, desde el esófago hasta el conducto anal, tiene las mismas capas de tejidos; de adentro hacia afuera se localizan la **mucosa, submucosa, muscular y serosa**.

Procesos digestivos

El aparato digestivo prepara los alimentos para su uso o aprovechamiento mediante seis procesos:

- ❖ **Ingestión.** Introducción de alimentos sólidos y líquidos por la boca.
- ❖ **Secreción.** Liberación de agua, ácidos, amortiguadores y enzimas en la luz (espacio interior) del tubo digestivo. Todas estas sustancias son secretadas por las células del tubo digestivo y los órganos accesorios.
- ❖ **Mezcla y propulsión.** Batido y movimiento progresivo de los alimentos a lo largo del tubo digestivo.
- ❖ **Digestión.** Degradación mecánica y química de los alimentos por medio de procesos químicos y mecánicos.
- ❖ **Absorción.** Paso de los alimentos digeridos del tubo digestivo a los vasos sanguíneos y linfáticos, para su distribución a todo el organismo.
- ❖ **Defecación.** Eliminación de la materia fecal o heces del tubo digestivo.

La **digestión mecánica** consiste en la trituración de los alimentos gracias a la masticación y la mezcla de estos con las enzimas digestivas por los movimientos que realiza el estómago y el intestino delgado. Mientras que la **digestión química** consiste en la degradación de los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, de los alimentos, en moléculas más pequeñas que utilizan las células del organismo. Esto es mediante la acción de las diversas enzimas que contienen la saliva, el jugo gástrico, el jugo intestinal, el jugo pancreático y la bilis.

Órganos del aparato digestivo

Boca

La **boca**, también llamada **cavidad bucal** u **oral**, está formada por las mejillas, el paladar duro, el paladar blando y la lengua. En la boca se efectúan la **masticación** y la **insalivación** de los alimentos.

Las **mejillas** conforman las paredes laterales de la boca, su porción anterior termina en los labios superior e inferior. Los **labios** son dos pliegues carnosos que cuando se aproximan cierran el tubo digestivo por su parte superior. La **lengua**, que constituye el suelo de la boca, está formada por músculo estriado cubierto de mucosa. El techo de la boca esta formado por dos partes, una anterior, ósea, que es el **paladar duro**, y otra posterior muscular membranosa, unida a la faringe, que es el **paladar blando**.

Dientes

Los **dientes** son órganos duros, insertados en los alvéolos de los maxilares, cuya misión es masticar los alimentos. Las personas tenemos a lo largo de nuestra vida dos tipos de dentadura, una **temporal** o de

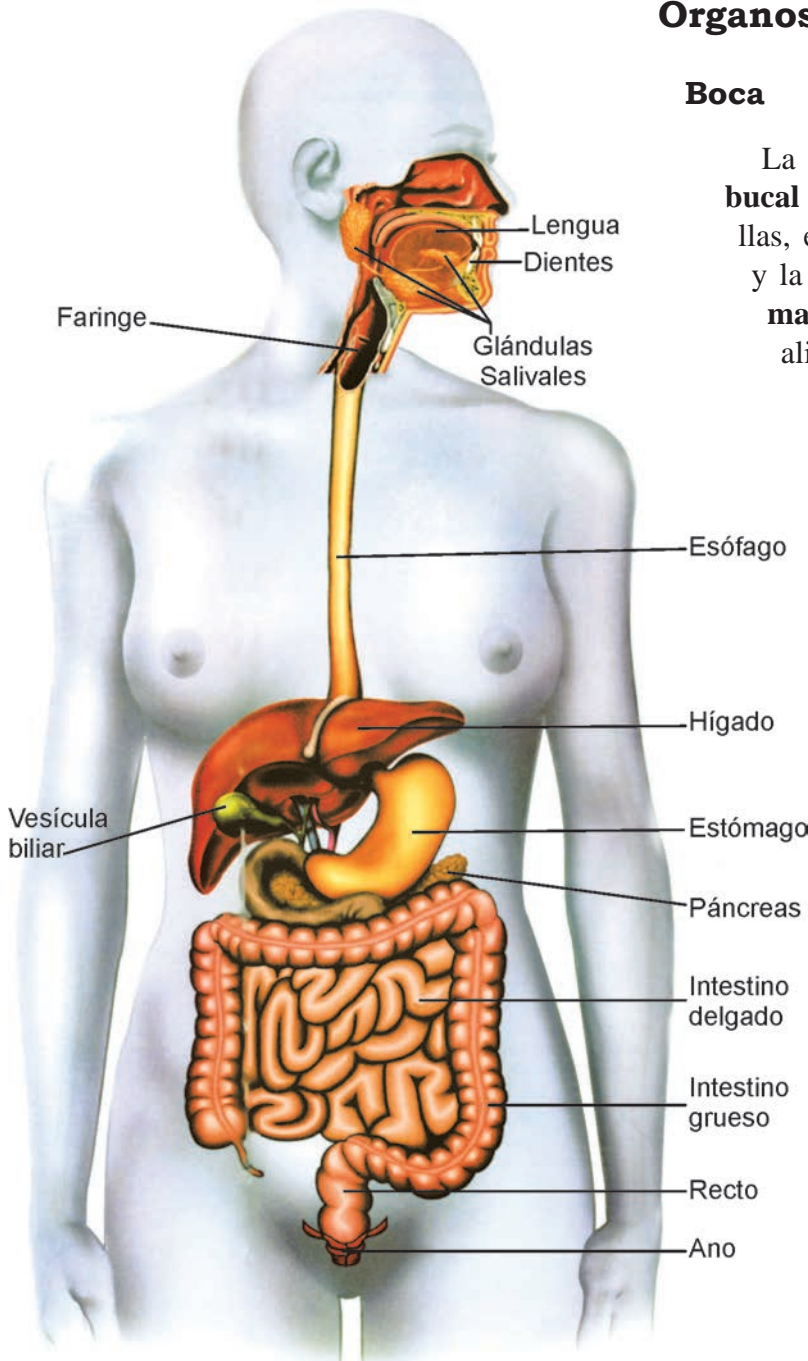


Figura 7.1. Aparato digestivo.

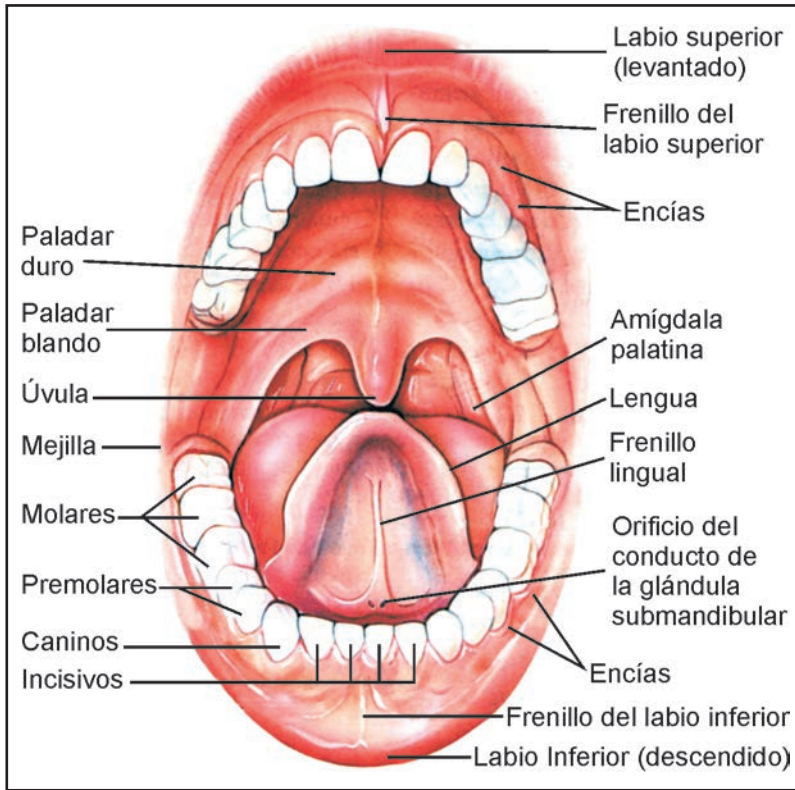


Figura 7.2. Estructuras de la boca.

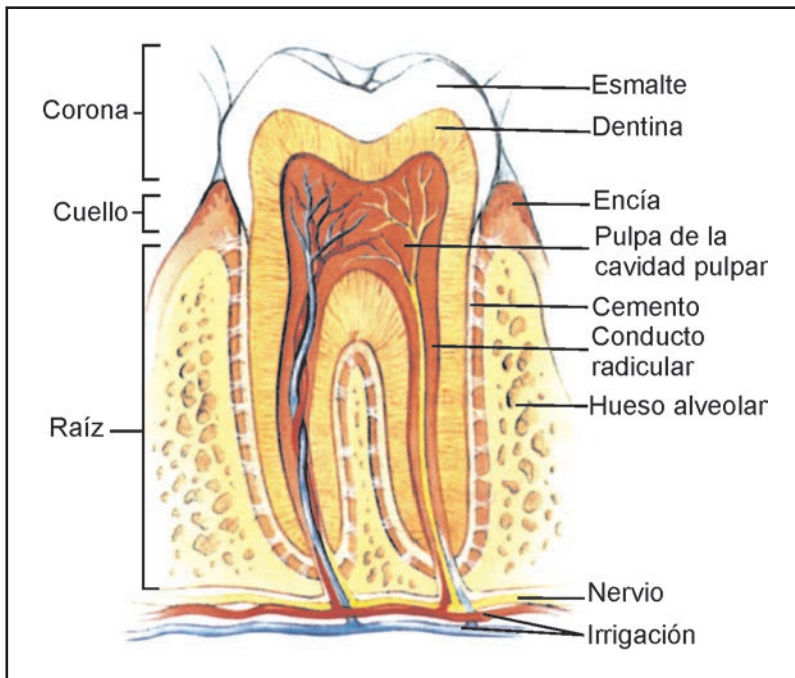


Figura 7.3. Un diente típico presenta tres regiones externas: la corona, la raíz y el cuello. Como se observa en el dibujo, la dentina de la corona está cubierta por el esmalte, la sustancia más fuerte del organismo. A pesar de ello, por falta de higiene bucal las bacterias pueden penetrarla y así causar una caries.

leche, hasta los 6-7 años, y otra definitiva o permanente. La dentadura de leche consta de 20 piezas, mientras que la permanente consta de 32: 8 dientes incisivos, que sirven para cortar; 4 caninos, para desgarrar; 8 premolares y 12 molares, para triturar.



Caries dental

La **caries** se presenta cuando las bacterias que actúan sobre los azúcares forman ácidos que desmineralizan (pican) el esmalte del diente. El dextrán es una sustancia pegajosa que se forma a partir de la sacarosa (azúcar de mesa), la cual provoca que las bacterias se adhieran a los dientes. Las bacterias, el dextrán y otros residuos, constituyen lo que se conoce como **placa dental** o **sarro**. El cepillado de los dientes después de comer, remueve la placa de la superficie dental antes de que las bacterias puedan producir ácidos. Además del cepillado, los odontólogos recomiendan usar hilo dental por lo menos una vez al día, para eliminar la placa interdental.

Glándulas salivales

Las **glándulas salivales** segregan en la cavidad bucal una secreción llamada **saliva**, por lo regular suficiente como para humedecer las mucosas de la

boca y la faringe, y mantener limpios la boca y los dientes. Cuando los alimentos entran en la boca, aumenta la secreción de saliva que lubrica y disuelve los alimentos e inicia su digestión química. La mucosa que reviste la boca y la lengua contiene numerosas glándulas salivales pequeñas que secretan poco volumen de saliva. Sin embargo, la mayor parte de esta se genera en las **glándulas salivales mayores**, órganos accesorios de la digestión situados por fuera de la boca y que vacían su contenido en ella por medio de conductos. Son tres los pares de glándulas salivales mayores: **parótidas**, **submandibulares** y **sublinguales**.

- ❖ Las glándulas parótidas se localizan por debajo y por delante de las orejas, entre la piel y el músculo masetero. Estas glándulas vierten la saliva al interior de la boca mediante el conducto parotídeo, el cual desemboca en cada una de las mejillas a la altura de los segundos molares superiores.
- ❖ Las glándulas submandibulares se sitúan por debajo de la base de la lengua, en la parte posterior del suelo de la boca. Vacían su contenido por medio de los conductos submandibulares, los cuales desembocan a cada lado del frenillo de la lengua.
- ❖ Las glándulas sublinguales se encuentran por delante de las submandibulares y poseen los conductos sublinguales, que se abren en el piso de la boca.

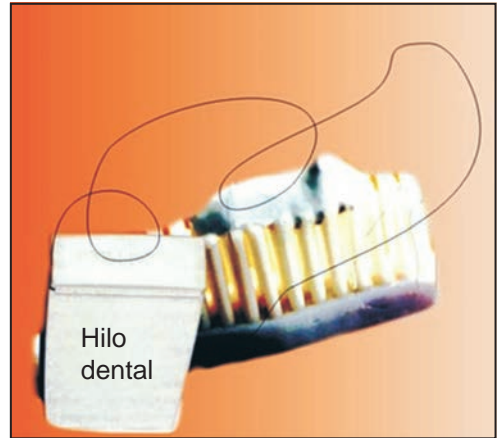


Figura 7.4. Cepillo e hilo dental.



Paperas

Las **paperas** son causadas por una infección viral de las glándulas parótidas, las cuales se inflaman y agrandan. Sus síntomas: fiebre moderada, malestar general, y dolor de garganta intenso, especialmente al deglutir los alimentos o jugos ácidos. En el 30% de los varones pospúberes afectados, los testículos también pueden inflamarse; la esterilidad raramente ocurre. Gracias a la vacuna antiparotiditis, la incidencia de esta enfermedad ha disminuido notablemente.

Saliva

La **saliva** es un líquido opalino, transparente y espumoso. Tiene 99.5% de agua y 0.5% de solutos, entre los que se encuentran iones de sodio, potasio y cloruro, algunos gases disueltos, mucus, la enzima bactericida lisozima y la amilasa salival, enzima digestiva que actúa sobre el almidón. En promedio una persona produce entre 1 y 1.5 litros de saliva al día.

El agua de la saliva es un medio para la disolución de los alimentos, de modo que puedan degustarse (probarse) y se inicien las secreciones digestivas. Los iones cloruro de la saliva activan la amilasa salival, enzima que comienza la digestión o degradación del almidón. El moco lubrica los alimentos para que puedan moverse fácilmente en la boca, formen el bolo alimenticio y sean deglutidos (tragados). La lisozima es una enzima que destruye a las bacterias, pero no se encuentra en una concentración suficiente para eliminar todas las bacterias de la boca.

Digestión en la boca

Digestión mecánica

La digestión mecánica en la boca es el resultado de la **masticación**, en la cual la lengua desplaza los alimentos, los dientes los muelen y la saliva se mezcla con ellos. Como resultado de esto, los alimentos se convierten en una masa blanda llamada **bolo alimenticio** que se deglute con facilidad.

Digestión química

La digestión química que se lleva a cabo en la boca está a cargo de la enzima **amilasa salival**, la cual inicia la digestión o degradación del almidón. Recuerda que los carbohidratos son los monosacáridos, los disacáridos y los polisacáridos, como el almidón. Dado que sólo los monosacáridos (carbohidratos más simples) se absorben en el torrente sanguíneo, los disacáridos y el almidón ingeridos en el alimento deben desdoblarse a monosacáridos. La función de la amilasa salival es romper los enlaces químicos del almidón para obtener moléculas más pequeñas como el disacárido maltosa.

Por lo común deglutimos los alimentos con tanta rapidez que no todo el almidón se degrada en la boca. Sin embargo, la amilasa salival mezclada con los alimentos deglutidos continúa actuando sobre los carbohidratos alrededor de una hora en el estómago, antes de que la inactiven las secreciones ácidas de este.

Faringe

La **faringe** es un tubo musculoso con forma de embudo, de aproximadamente 12 cm de longitud, localizado en la parte posterior de la nariz y la boca. Termina inferiormente en la laringe, por una parte, y en el esófago por otra. Como te darás cuenta, la faringe forma parte de las vías respiratorias y digestivas. Cuando respiramos, el aire pasa de la nariz o la boca a la faringe y de allí se dirige hacia los pulmones. Cuando comemos, el alimento pasa por la faringe y de allí se dirige hacia el esófago. Para evitar que el alimento tome el camino equivocado y se dirija hacia los pulmones, existe una estructura llamada

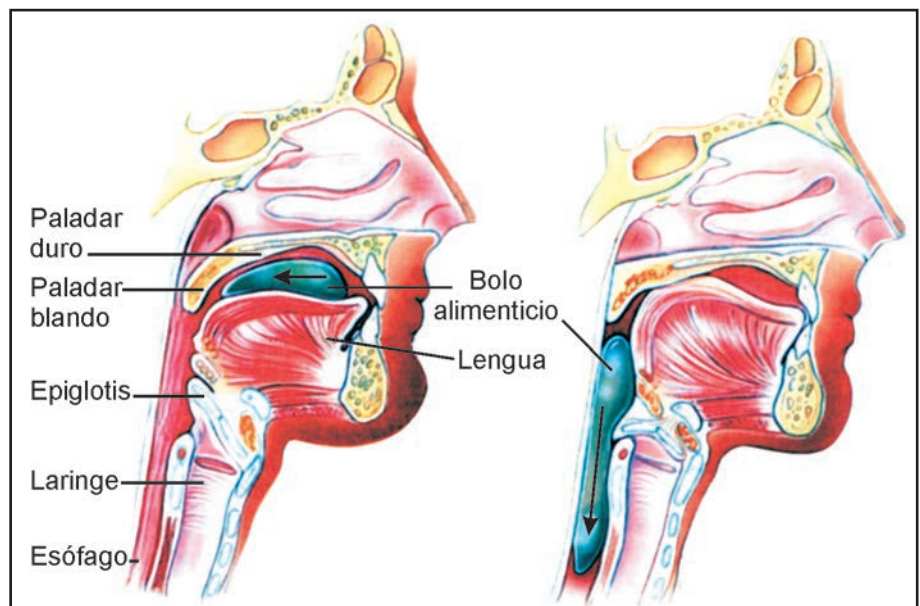


Figura 7.5. Observa como la epiglotis se cierra al paso del bolo alimenticio durante la deglución.

epiglotis, un cartílago con forma de hoja que cubre la laringe al deglutir para evitar que la comida entre a los pulmones. Es muy peligroso que al mismo tiempo que se come se hable ya que la epiglotis se puede abrir y el alimento puede pasar hacia los pulmones causando que la persona se ahogue.

Esófago

El **esófago** es un tubo muscular de unos 25 cm de longitud, recubierto por una mucosa y situado por detrás de la tráquea. Este órgano se encarga de transportar el alimento hacia el estómago mediante una serie de contracciones musculares involuntarias llamadas **movimientos peristálticos**. Secreta moco que lubrica el paso del alimento.



Reflujo gastroesofágico

Se presenta cuando el esfínter esofágico inferior no puede cerrarse adecuadamente después de que los alimentos ingresaron en el estómago, por lo que el contenido gástrico puede refluir (subir) hacia la parte inferior del esófago. El HCl del contenido gástrico puede irritar la pared del esófago y ocasionar una sensación de ardor. El consumo de alcohol y de tabaco causa la relajación del esfínter y acentúa el trastorno. Los síntomas del RGE pueden controlarse evitando alimentos que estimulen fuertemente la secreción ácida gástrica como el café, chocolate, picante y las grasas.

Estómago

El **estómago** es la porción más ancha y distensible del tubo digestivo. Su forma y tamaño varían continuamente; cuando está vacío, tiene la forma y tamaño parecido a la de un *hot dog*. A medida que el alimento llega a él, aumenta su tamaño y toma la forma de una bolsa en "J"; puede llegar a contener hasta 4 litros de alimento.

El estómago se ubica en la porción

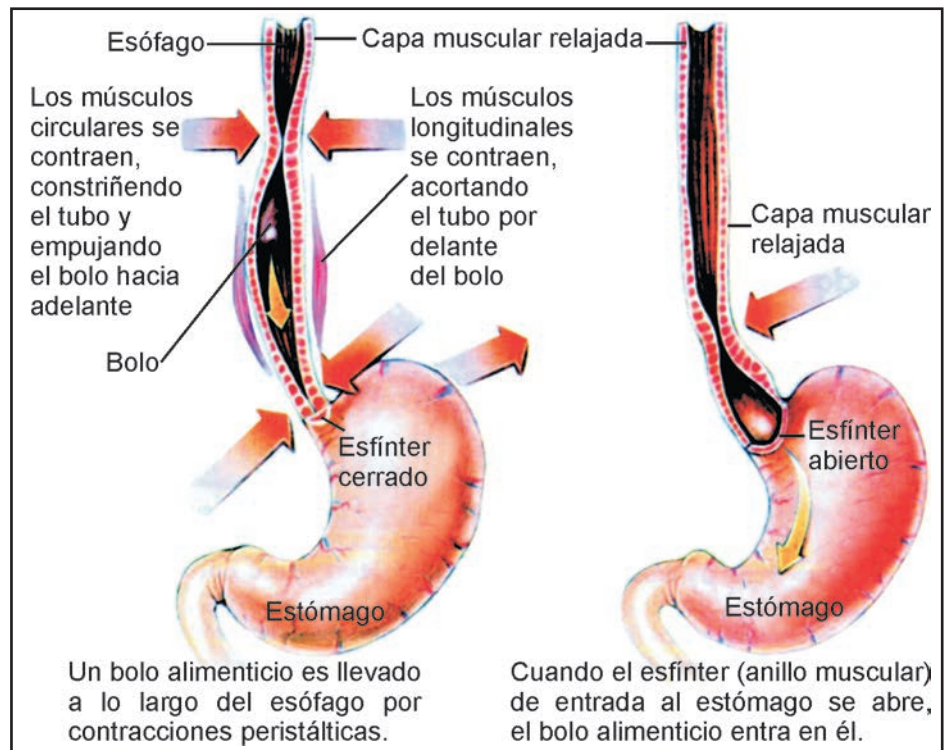


Figura 7.6 Movimientos peristálticos del esófago.

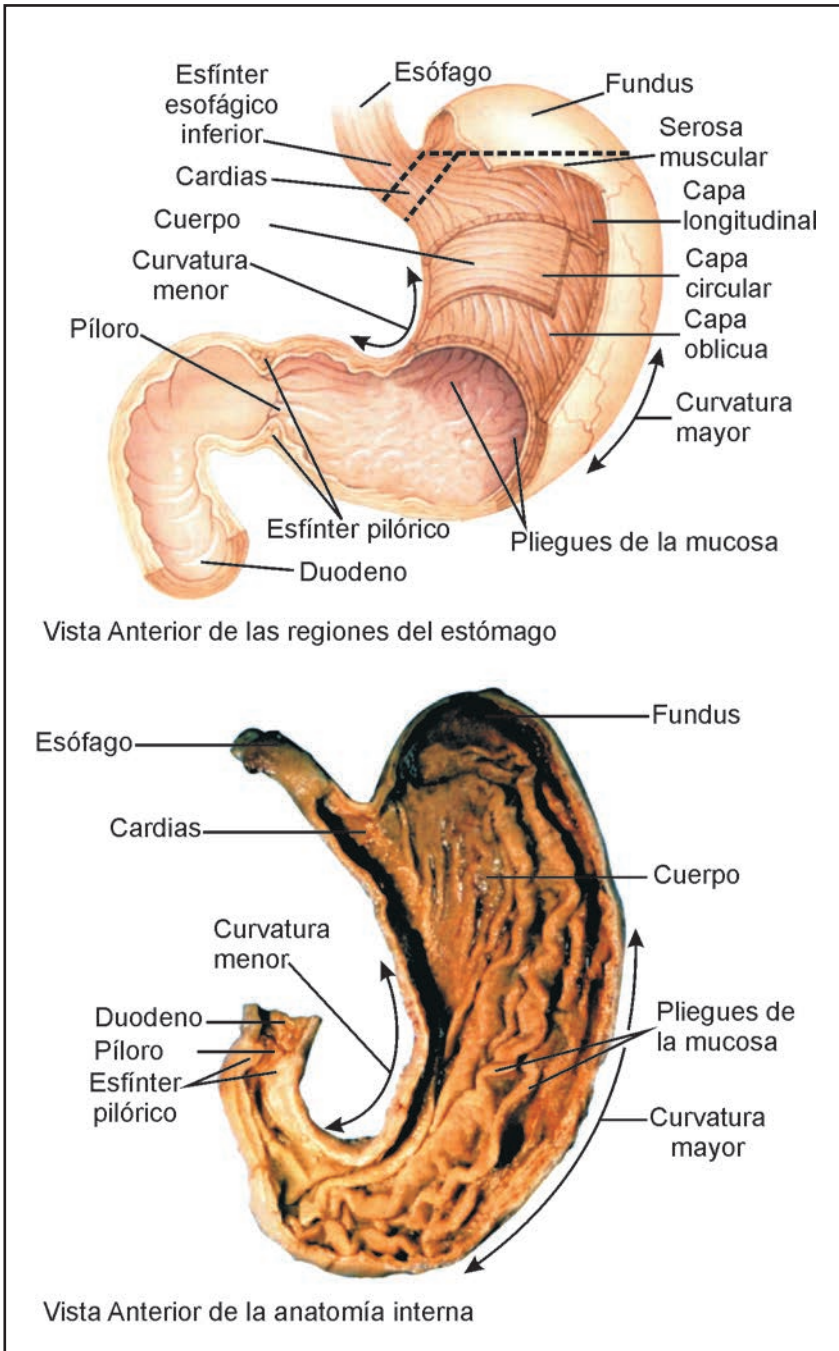


Figura 7.7. Anatomía externa e interna del estómago.

el estómago contiene millones de **glándulas gástricas** que secretan varias sustancias en el estómago. Estas sustancias son: moco, ácido clorhídrico (HCl), pepsinógeno y lipasa gástrica, que en conjunto constituyen el **jugo gástrico** del cual se forman de 2 a 3 litros por día.

Todas las sustancias que constituyen el jugo gástrico tienen diversas funciones. El moco lubrica y protege la pared gástrica. El ácido clorhídrico participa en la conversión del pepsinógeno, a su forma activa, la enzima pepsina. Mientras que el pepsinógeno es el precursor de esta enzima gástrica.

superior izquierda de la cavidad abdominal y, al igual que el resto de los componentes del tubo digestivo, también es un órgano musculoso recubierto por una mucosa. En él se distinguen cuatro regiones principales: el cardias, el fundus, el cuerpo y el píloro. El **cardias** rodea el orificio superior del estómago. La porción redondeada que está por encima y hacia la izquierda del cardias es el **fundus**. Por debajo del fundus se extiende la porción central del estómago, llamado **cuerpo**. La región del estómago que lo conecta con el duodeno es el **píloro**. El píloro comunica con el duodeno a través del **esfínter pilórico**, que impide el paso del alimento hacia el duodeno mientras no haya sido procesado en el estómago.

La pared del estómago se compone de las cuatro capas básicas del tubo digestivo, con ciertas modificaciones. La capa mucosa que recubre

Digestión mecánica y química en el estómago

En el estómago continúa la digestión del almidón, comienza la digestión de proteínas y triglicéridos; el bolo semisólido se convierte en líquido y algunas sustancias se absorben. Todas estas funciones del estómago están implícitas durante la digestión mecánica y química de los alimentos realizadas en este órgano.

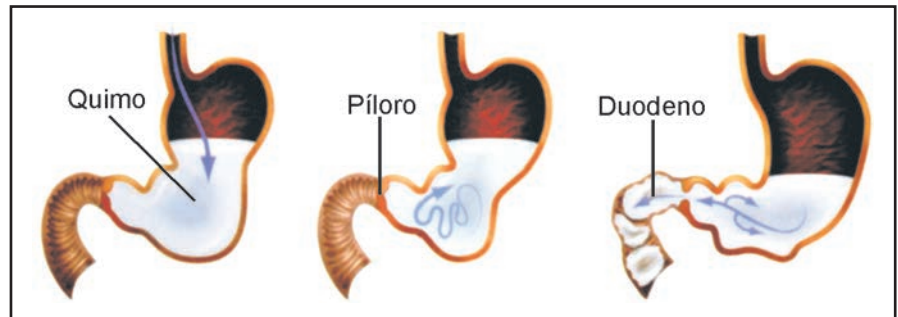


Figura 7.8. Digestión mecánica y química en el estómago.

Digestión mecánica

Unos cuantos minutos después de que los alimentos entran en el estómago, se producen movimientos peristálticos suaves llamados **ondas de mezcla**. Estas ondas maceran los alimentos, los mezclan con el jugo gástrico y los transforman en un líquido llamado **quimo**. Mientras continúa la digestión, surgen ondas de mezclado de fuerza cada vez mayor, que se inician en el cuerpo del estómago y se intensifican en dirección al píloro. En condiciones normales, el esfínter pilórico permanece casi cerrado, pero no en forma completa. Cuando los alimentos llegan al píloro, cada onda de mezclado fuerza el paso de un pequeño volumen del contenido gástrico al duodeno a través del esfínter pilórico.

Digestión química

La actividad química principal del estómago es iniciar la digestión de las proteínas, lo cual se logra gracias a la **pepsina**, enzima que rompe algunos enlaces peptídicos de los aminoácidos que constituyen las proteínas, transformándolos en fragmentos más pequeños, los péptidos.



Úlcera péptica

Una **úlcera péptica** es una llaga abierta que se produce en alguna zona del tubo digestivo. Se ha señalado a la bacteria *Helicobacter pylori* como la principal causante de úlceras. Esta bacteria infecta las células secretoras de moco del revestimiento estomacal, lo que causa una reducción de la cantidad de moco protector que puede llevar a una úlcera péptica. En este caso, el tratamiento es a base de antibióticos. Algunas otras causas productoras de úlceras pueden ser el estrés, el alcohol, los refrescos de cola, el café y algunos fármacos como la aspirina. La complicación más común de las úlceras pépticas es el sangrado, que puede provocar anemia. En los casos agudos, las úlceras pépticas pueden conducir al shock y a la muerte.

Te preguntará ¿Por qué la pepsina no digiere las proteínas de las células gástricas junto con los alimentos? Esto se debe, en primer lugar, a que la pepsina se secreta en forma inactiva, como **pepsinógeno**, de modo que no es posible que digiera las proteínas de las células gástricas o del estómago. La conversión del pepsinógeno en pepsina activa no tiene lugar sino hasta que entra en contacto con el ácido clorhídrico. En segundo lugar, las células del estómago están protegidas por el moco, en especial después de la activación de la pepsina. La capa de moco forma una barrera entre la mucosa y el jugo gástrico.

Otra enzima del estómago es la **lipasa gástrica**, que desdobla los triglicéridos en ácidos grasos y monoglicéridos.

Absorción en el estómago

La pared estomacal es permeable al paso de muy pocas sustancias en dirección a la sangre, de modo que gran parte de la absorción ocurre sólo en el intestino delgado. Sin embargo, el estómago participa en la absorción de agua, iones, ciertos fármacos (en especial, el ácido acetilsalicílico componente de la aspirina) y el alcohol.

Órganos accesorios de la digestión

Después del estómago, el órgano siguiente del tubo digestivo que participa en la digestión de los alimentos es el intestino delgado. La digestión química en éste depende no sólo de sus propias secreciones, sino también de la actividad de tres órganos accesorios de la digestión situados fuera del tubo digestivo que son el **páncreas**, **hígado** y **vesícula biliar**. Por esta razón, estudiaremos primero estos tres órganos para después continuar con el intestino delgado.

Páncreas

El **páncreas** es una glándula alargada que mide alrededor de 15 cm de longitud y 2.5 cm de ancho. Se localiza por detrás del estómago. Está constituido por dos tipos de tejido glandular, uno exocrino y otro endocrino. En el capítulo anterior, correspondiente al sistema endocrino, se estudió su función como glándula endocrina productora de insulina y glucagón. Aquí estudiaremos la porción exocrina del órgano.

Como recordarás, el páncreas está constituido por pequeños racimos de células glandulares llamados ácinos. Aproximadamente el 99% de los ácinos constituyen la porción exocrina del órgano. La función exocrina o digestiva consiste en la producción de **jugo pancreático**, que vierte en el duodeno (primera porción del intestino delgado) a través del conducto de pancreático. De esta manera, el jugo pancreático llega al intestino donde va a participar en la digestión de los alimentos. El páncreas produce al día aproximadamente 1.5 litros de jugo pancreático, líquido transparente e incoloro que consiste principalmente en agua, algunas sales, bicarbonato de sodio y varias enzimas, estas últimas son:

- ❖ La amilasa pancreática, que continúa la degradación del almidón.
- ❖ La tripsina y la quimotripsina, que continúan la digestión de las proteínas.

- ❖ La lipasa pancreática, que degrada las grasas.
- ❖ La ribonucleasa y desoxirribonucleasa, que fragmentan, respectivamente, los ácidos nucleicos ARN y ADN hasta nucleótidos libres.

Tanto la tripsina como la quimotripsina se secretan en forma inactiva como **tripsinógeno** y **quimotripsinógeno**, respectivamente, con lo que se evita que digieran las células pancreáticas. El tripsinógeno se activa en el intestino delgado por acción de la enzima enterocinasa que secreta el intestino delgado. El quimotripsinógeno se activa también en el intestino delgado por acción de la tripsina.

Hígado

El **hígado** es el órgano más grande del cuerpo, excepto por la piel. Es de color rojo oscuro cuya superficie es brillante y de consistencia dura. Está situado justo encima y a la derecha del estómago y tiene un peso aproximado de 1.4 kg en un adulto. Este órgano se divide en dos lóbulos asimétricos, los **lóbulos derecho e izquierdo**, separados por el **ligamento falciforme**.

Los lóbulos del hígado consisten en numerosas unidades funcionales llamadas **lobulillos**. Cada uno se compone de **células hepáticas** o **hepatocitos**, dispuestos en forma radial alrededor de una vena central. Un solo hepatocito puede realizar más de 500 actividades metabólicas es-

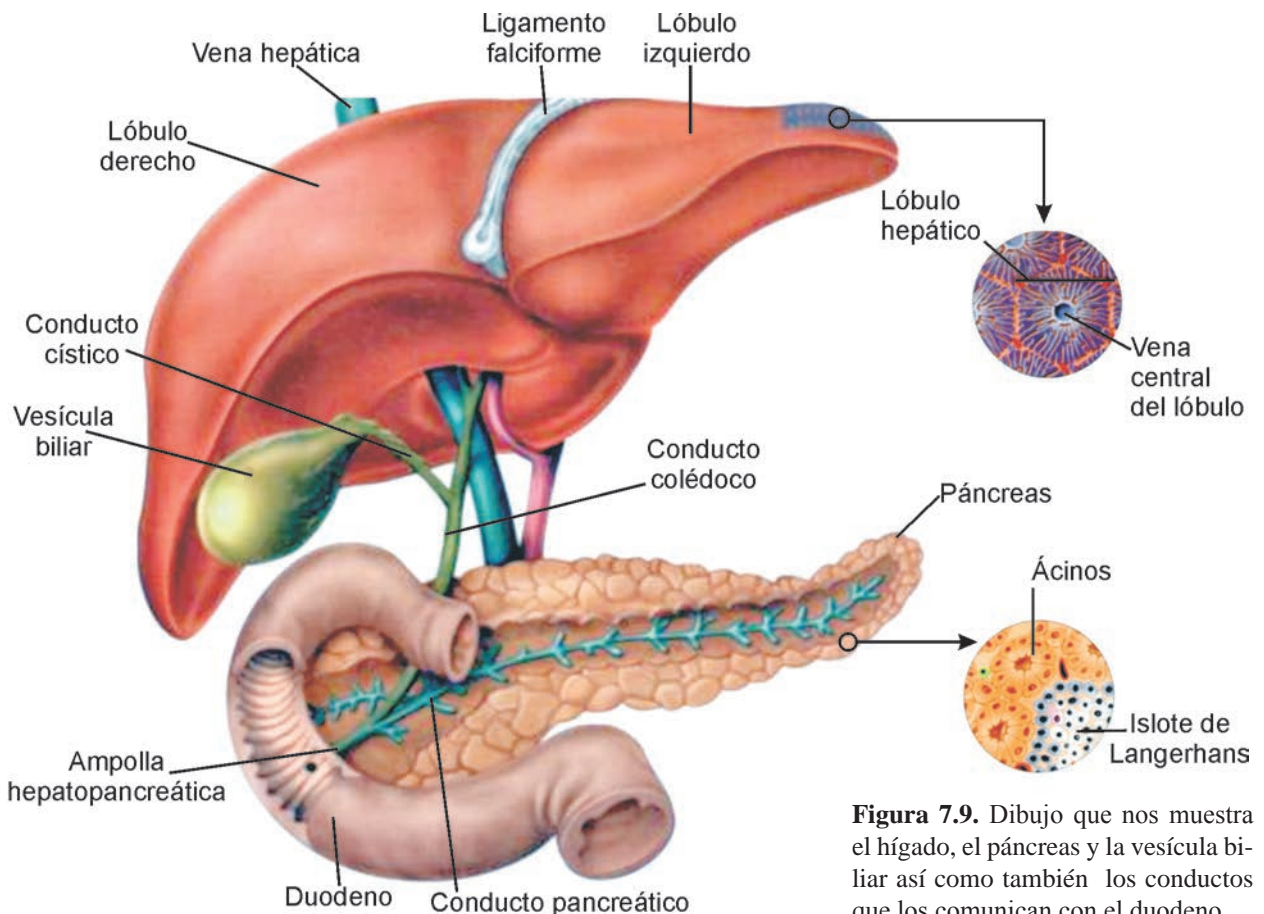


Figura 7.9. Dibujo que nos muestra el hígado, el páncreas y la vesícula biliar así como también los conductos que los comunican con el duodeno.

pecializadas distintas. Los hepatocitos secretan al día aproximadamente un litro de bilis, líquido amarillo-verdoso que emulsifica a las grasas, es decir, las fragmenta en gotitas muy pequeñas. Lo que permite que la enzima lipasa pancreática degrade más rápido las grasas. Además de producir la bilis, el hígado desempeña varias funciones vitales:

- ❖ Produce las proteínas del plasma, como protrombina, fibrinógeno y albúmina.
- ❖ Las células llamadas de Kupffer, localizadas en el hígado, fagocitan los eritrocitos y leucocitos viejos, así como algunas bacterias.
- ❖ Los hepatocitos poseen enzimas que degradan las toxinas o las transforman en compuestos menos nocivos.
- ❖ Los nutrientes recién absorbidos se recolectan en el hígado. De acuerdo con las necesidades del cuerpo, éste transforma los monosacáridos excesivos en glucógeno o grasas, que son almacenables, o el glucógeno, grasas y proteínas en glucosa.
- ❖ Además del glucógeno, el hígado almacena algunas vitaminas (A, B, D, E y K), los minerales hierro y cobre, que se liberan del hígado cuando se requieren en alguna parte del cuerpo.
- ❖ Destoxifica sustancias como el alcohol y excreta fármacos como la penicilina.

Vesícula biliar

La **vesícula biliar** es un órgano de 7 a 10 cm de longitud, localizado en una concavidad del hígado. La función de la vesícula biliar es almacenar y concentrar la bilis, en tanto no se necesite en el intestino delgado.

La bilis proveniente del hígado entra en el intestino delgado por el **conducto colédoco**, que se une al **conducto pancreático** para formar un conducto común que es la **ampolla hepatopancreática**.

Intestino delgado

El **intestino delgado** es un órgano tubular con una longitud de aproximadamente 3 m. Se inicia en el esfínter pilórico del estómago y termina en el esfínter o válvula ileocecal mediante el cual se une al intestino grueso. El intestino delgado se divide en tres regiones: la primera es el **duodeno**, con 25 cm de longitud. La segunda, el **yeyuno**, mide alrededor de 1 m de longitud y se extiende hasta el íleon. El **íleon** es la región final y larga del intestino delgado ya que mide unos 2 m de largo y se une con el intestino grueso mediante el esfínter ileocecal.



Cálculos biliares

Se forman cuando la bilis tiene un contenido insuficiente de sales biliares o un exceso de colesterol. A medida que crecen en tamaño y número, los cálculos pueden ocasionar una obstrucción mínima, intermitente o completa del flujo de la bilis de la vesícula al duodeno. El tratamiento consiste en usar fármacos que disuelvan los cálculos, la litotricia con ondas de choque o la cirugía. La colecistectomía, que consiste en la extirpación de la vesícula biliar y su contenido, es necesaria en aquellas personas con cálculos recurrentes o en quienes el tratamiento farmacológico o la litotricia están contraindicados.

La mayor parte de la digestión y de la absorción de los nutrientes se llevan a cabo en el intestino delgado, por lo que estructuralmente está adaptado para tales funciones. Su longitud, por sí sola, permite disponer de un área de superficie enorme para tales funciones. La capa mucosa presenta numerosas **glándulas intestinales** que secretan **jugo intestinal**. La submucosa del duodeno posee las **glándulas duodenales**, secretoras de **moco** que protege la pared del intestino de la acción de las enzimas. Además, la mucosa presenta unas características estructurales especiales que facilitan ambos procesos: los **pliegues circulares** y las **vellosidades**. Los **pliegues circulares** aumentan la superficie de absorción y hacen que el quimo describa una trayectoria circular en vez de moverse en línea recta, a medida que pasa por el intestino delgado. A su vez estos pliegues están cubiertos por proyecciones digitiformes (en forma de dedo) de 1 mm aproximadamente de altura llamadas **vellosidades**. Además la superficie de las células epiteliales de las vellosidades está cubierta de miles de proyecciones también digitiformes llamadas **microvellosidades**. Observa la figura 7.11. Cada vellosidad contiene una **arteriola**, una **vénula** y un **vaso linfático**. Los nutrientes, que difunden a través de las vellosidades, atraviesan las paredes de los capilares y vasos linfáticos para entrar en el aparato circulatorio y sistema linfático.

Jugo intestinal

El **jugo intestinal** es un líquido amarillento transparente que se secreta en volúmenes de dos a tres litros diarios. Posee las siguientes enzimas: **maltasa**, **sacarasa** y **lactasa**, que degradan carbohidratos; varias enzimas proteolíticas, denominadas **peptidasas**, y dos que digieren ácidos nucleicos, **nucleosidasas** y **fosfatasas**.

Digestión mecánica y química del intestino delgado

Digestión mecánica

Mediante dos tipos de movimiento se inicia la digestión mecánica, la segmentación y la peristalsis. Las segmentaciones son contracciones que permiten mezclar el quimo con el jugo intestinal. Mientras que la peristalsis desplaza al quimo por el intestino hacia la válvula ileocecal. Estos dos movimientos se activan como resultado de la dilatación intestinal y está regulado por el sistema nervioso autónomo.

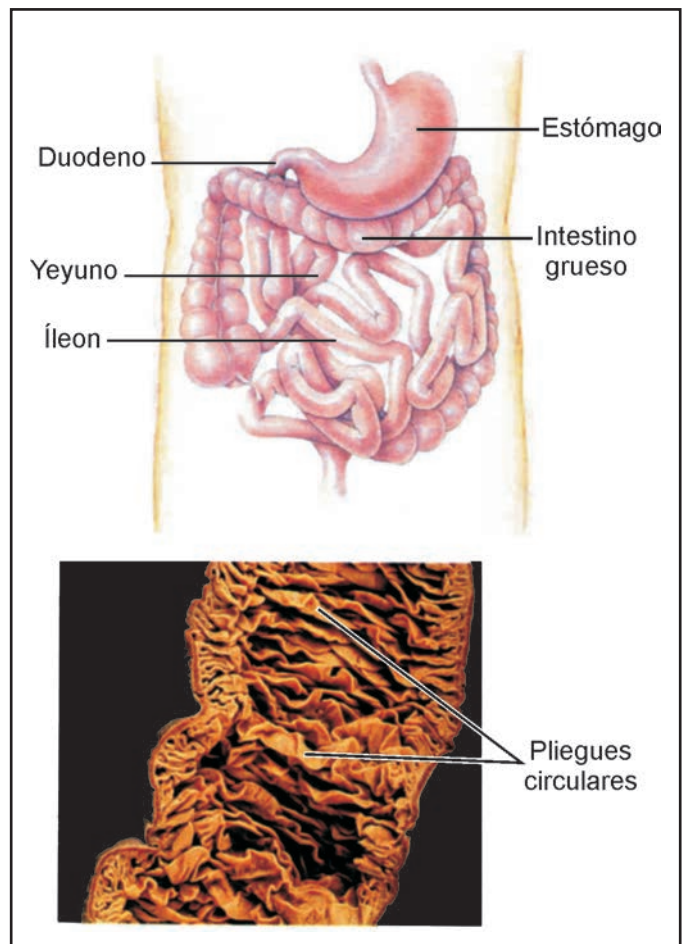


Figura 7.10. Anatomía externa (arriba) e interna del intestino delgado (abajo).

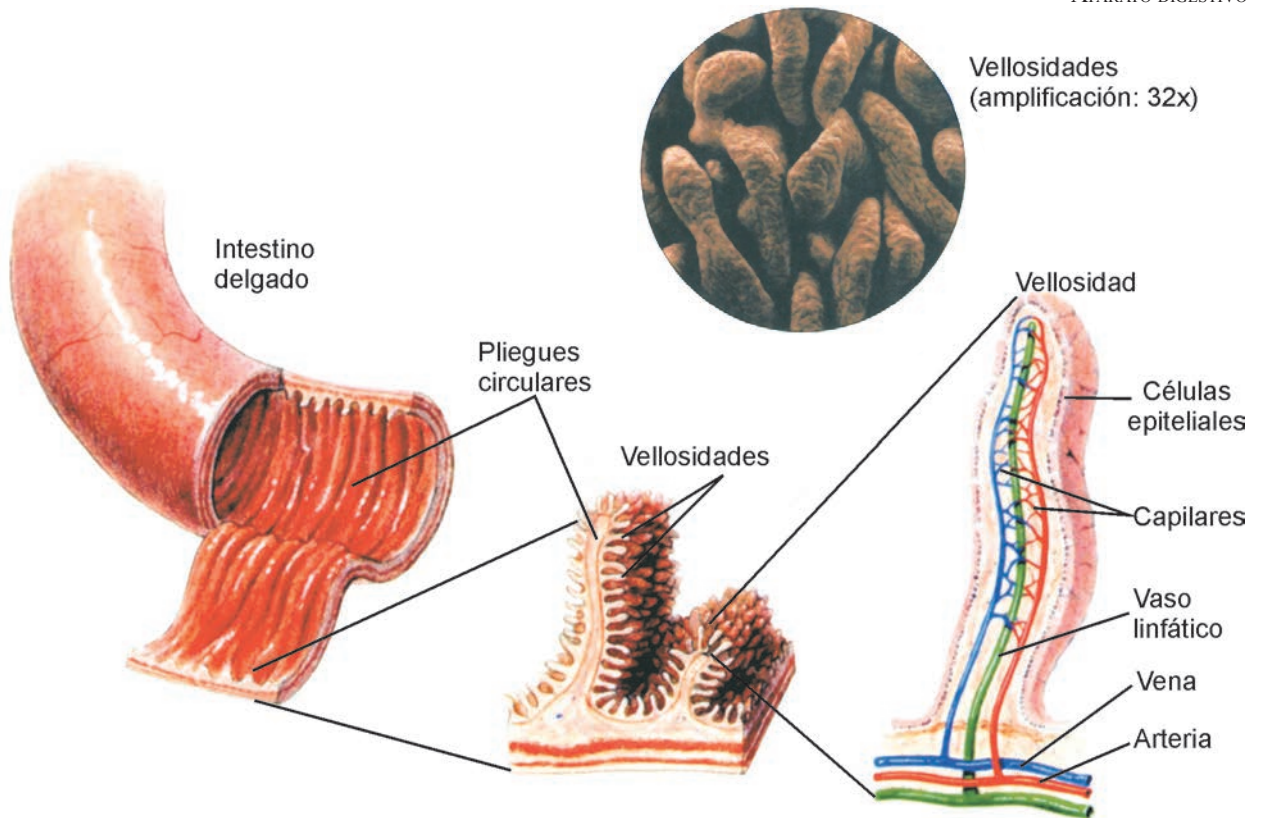


Figura 7.11. Observa en la figura los pliegues circulares y la estructura de las vellosidades intestinales. Existen millones de estas vellosidades que dan a la mucosa intestinal un aspecto aterciopelado.

Digestión química

En la boca, la amilasa salival convierte el almidón en maltosa (un disacárido), y en el estómago, la pepsina transforma las proteínas en péptidos (pequeños fragmentos de proteínas pequeñas), por lo que el quimo que llega al intestino delgado incluye proteínas y carbohidratos parcialmente digeridos, además de lípidos casi no sometidos a digestión. La digestión completa de carbohidratos, proteínas y lípidos es el resultado de la acción conjunta del **jugo intestinal**, **jugo pancreático** y **bilis**, en el intestino delgado. Enseguida veremos qué enzimas actúan sobre los diferentes nutrientes.

Digestión de los carbohidratos

El almidón que no se degrada todavía en maltosa se hidroliza por acción de la **amilasa pancreática**, enzima del jugo pancreático que ejerce su efecto en el intestino delgado. Tres enzimas del jugo intestinal degradan los disacáridos y los transforman en monosacáridos; estas son la **maltasa**, que separa a la maltosa en dos moléculas de glucosa. La **sacarasa**, que digiere la sacarosa en una molécula de glucosa y otra de fructosa. Por último, la **lactasa**, que separa la lactosa en una molécula de glucosa y otra de galactosa. Con esto se completa la digestión de los carbohidratos.



Intolerancia a la lactosa

Se presenta en personas cuyo intestino delgado no produce suficiente lactasa, por lo que la lactosa (azúcar de la leche) no es digerida. Es entonces cuando las bacterias la fermentan y producen gases. Los síntomas de la intolerancia a la lactosa consisten en diarrea, gases y cólicos intestinales, después de ingerir leche u otros productos lácteos.

Digestión de las proteínas

La digestión de las proteínas se inicia en el estómago donde son fragmentadas en péptidos por la acción de la pepsina. Su digestión continúa en el intestino delgado por la acción de las enzimas del jugo pancreático, la **tripsina** y la **quimotripsina**, las cuales también degradan las proteínas en péptidos.

Las **peptidasas** del jugo intestinal completan la digestión de las proteínas ya que separan a los péptidos en aminoácidos, los cuales pueden ser absorbidos.

Digestión de los lípidos

En el adulto, casi toda la digestión de los lípidos ocurre en el intestino delgado. La **bilis** transforma los glóbulos de grasa en microgotas de 1 micrómetro de diámetro, proceso conocido como **emulsificación**, el cual es necesario para que las enzimas lipolíticas lleguen a las moléculas de lípidos.

Los lípidos más abundantes de la dieta son triglicéridos, constituidos por una molécula de glicerol unida a tres moléculas de ácidos grasos. La enzima **lipasa pancreática** hidroliza cada molécula de lípidos en ácidos grasos y monoglicéridos, que son los productos terminales de la digestión de las grasas. La lipasa separa dos de los tres ácidos grasos del glicerol, mientras que el tercero permanece unido a este último y se forman monoglicéridos.

Digestión de los ácidos nucleicos

El jugo pancreático contiene dos nucleasas: la ribonucleasa, que digiere el ARN, y la desoxirribonucleasa, que digiere el ADN. Los nucleótidos resultantes de la acción de estas dos nucleasas son luego digeridos por las enzimas nucleotidasas y fosfatasas del intestino delgado en pentosas, fosfatos y bases nitrogenadas.

Absorción en el intestino delgado

Todas las fases químicas y mecánicas de la digestión, desde la boca hasta el intestino delgado, tienen como finalidad transformar los alimentos en moléculas que puedan atravesar las vellosidades intestinales y penetrar a los vasos sanguíneos y linfáticos de éstas. Estas moléculas absorbibles son los **monosacáridos**, (glucosa, fructosa y lactosa), **aminoácidos**, **ácidos grasos**, **glicerol** y

los **monoglicéridos**. El paso de estos nutrientes digeridos desde el intestino delgado a la sangre o linfa se denomina **absorción**. La absorción depende de los siguientes mecanismos de transporte: **difusión, difusión facilitada, ósmosis y transporte activo**. Un 90% de la absorción de nutrientes tiene lugar a lo largo del intestino delgado, y el 10% restante en el estómago e intestino grueso. Es mediante la circulación sanguínea que estos nutrientes llegan a todas las células del cuerpo. El material no digerido ni absorbido que queda en el intestino delgado pasa al intestino grueso.



Diarrea

La **diarrea** es el aumento de la frecuencia, el volumen y el contenido líquido de las heces causado por el aumento de la motilidad (movimiento) intestinal y la disminución de la absorción intestinal. Las diarreas frecuentes pueden producir deshidratación y desequilibrios electrolíticos. La excesiva motilidad puede ser causada por intolerancia a la lactosa, el estrés y por infecciones virales, bacterianas y las causadas por protozoarios como las amibas.

Intestino grueso

El **intestino grueso** es la parte final del tubo digestivo, sus funciones son las de completar la absorción, principalmente de agua, la producción y absorción de vitaminas como la K, la formación de las heces y la expulsión de éstas del cuerpo. Este órgano se extiende desde la válvula ileocecal hasta el

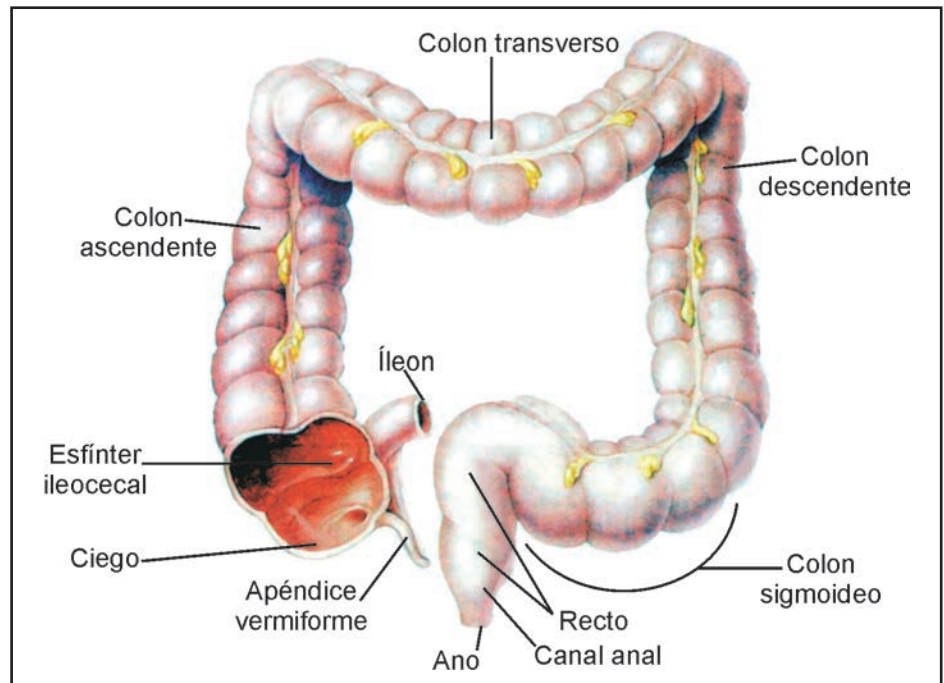


Figura 7.12. Anatomía del intestino grueso.

ano y tiene alrededor de 1.5 m de largo. Se divide en cuatro regiones: el **ciego**, el **colon**, el **recto** y el **canal anal**. Los primeros 6 cm iniciales del intestino corresponden al **ciego**. Unido al ciego hay una estructura tubular llamada **apéndice vermiforme**. Al ciego le continúa el **colon**, un largo tubo que se divide en colon ascendente, transverso, descendente y sigmoideo. El **recto** es la última porción del intestino que mide unos 20 cm de longitud, sus 3 cm terminales reciben el nombre de **canal anal**. El orificio en que se abre el canal anal al exterior es el **ano**, provisto de dos esfínteres el interno de músculo liso (involuntario) y el externo de músculo estriado (voluntario). En condiciones normales, estos esfínteres mantienen el ano cerrado, excepto durante la evacuación de las heces.



Apendicitis

Es la inflamación del apéndice. Se caracteriza por fiebre alta, recuento elevado de glóbulos blancos donde los neutrófilos son más del 75%. Habitualmente, la apendicitis inicia con dolor referido en la región umbilical del abdomen, seguido de pérdida del apetito, náuseas y vómitos. Al cabo de varias horas, el dolor se localiza en el cuadrante inferior derecho y es continuo e intenso. Se recomienda la apendicectomía (extirpación del apéndice) temprana porque es más seguro operar que correr el riesgo de ruptura y gangrena.

Excreción de desechos

Como ya sabes, las sustancias que no son útiles para el organismo siguen su camino por el intestino delgado llegando al intestino grueso, aquí se absorbe gran parte de agua y los desechos se compactan formando la **materia fecal** o **heces**. Sobre ellas actúan algunas bacterias que viven en el intestino y las fermentan produciendo gases y sustancias que les dan su olor y color característicos. Otro grupo de bacterias conocidas como bacterias benéficas producen vitamina K y algunas vitaminas del complejo B, las cuales son absorbidas y utilizadas por nuestro organismo. Estas bacterias benéficas entre las que se encuentran lactobacilos se les conoce como **flora intestinal**. Esta se puede perder durante una diarrea muy fuerte o cuando se toman grandes dosis de antibióticos. Recuerda que la vitamina K es necesaria para que se lleve a cabo una coagulación normal de la sangre. Las heces se expulsan al exterior a través del ano. La eliminación de las heces del intestino grueso se llama **defecación**, que es un acto reflejo ayudado por las contracciones voluntarias del diafragma y los músculos abdominales.

Trastornos alimenticios

Además de mantener la vida, el acto de comer tiene innumerables propósitos psicológicos, sociales y culturales. Comemos para celebrar, confortar, desafiar, negar, etc. El comer en respuesta a un impulso como sentirse cansado, aburrido o estresado, es conocido como ingesta emocional. La alimentación emocional es tan común que dentro de ciertos límites se considera en el rango del



Estreñimiento

El estreñimiento se define como la defecación infrecuente o la dificultad para defecar causada por una disminución en la motilidad intestinal. En este caso las heces permanecen en el colon por periodos prolongados, produciéndose una excesiva absorción de agua que da como resultado unas heces secas y duras.

El estreñimiento tiene muchas causas, algunas son una dieta con poco aporte de fibra y/o líquidos, falta de ejercicio, estrés y algunos medicamentos.



Fibra dietética

Está constituida por carbohidratos de origen vegetal no digeribles: celulosa, lignina y pectina, contenidas en cereales, verduras, frutas y legumbres.

Existen las fibras insolubles (no se disuelven en agua), son las cortezas de las frutas, vegetales y el salvado (cáscara) de los granos de cereales, por lo que pasan a través del tubo digestivo sin sufrir cambios, pero aceleran el paso de material. En cambio, las fibras solubles (en agua) forman un gel que retarda el tránsito de material a lo largo del tracto digestivo. Se encuentran en abundancia en la avena, la cebada, el brócoli, las ciruelas, las manzanas y las frutas cítricas (naranjas, toronjas, etc.)

Las personas que consumen una dieta rica en fibra tienen un riesgo menor de padecer obesidad, diabetes, cálculos biliares, hemorroides, apendicitis y cáncer colorrectal. Las fibras solubles también pueden ayudar a mantener bajos los niveles sanguíneos de colesterol.

comportamiento normal. El problema surge cuando la ingesta emocional se vuelve tan excesiva que afecta a la salud. Los trastornos de salud psicológicos son la **anorexia nerviosa**, la **bulimia nerviosa** y la **obesidad**.

Anorexia

El término **anorexia** proviene del griego *anorexia* y quiere decir “inapetencia”; el adjetivo *nerviosa* expresa su origen psicológico. Es un trastorno crónico caracterizado por la pérdida de peso que se induce la propia persona. Los pacientes con anorexia nerviosa tienen una fijación de controlar su peso y suelen insistir en la necesidad de evacuar los intestinos (defecar) diariamente, a pesar de la escasa ingestión de alimentos. Muchas veces abusan de los laxantes que empeoran el desequilibrio hidroelectrolítico y la deficiencia de nutrientes. Este trastorno alimenticio afecta predominantemente a mujeres jóvenes solteras, de 15 a 26 años de edad. Los jóvenes anoréxicos sí sienten hambre, pero la reprimen por el pavor que tienen a la obesidad; este miedo los lleva hasta la inanición. Lo más grave es que no tienen conciencia de su enfermedad. Los anoréxicos llegan a perder por lo menos 15% de su peso corporal, y en casos extremos hasta 60%, lo que puede ocasionar la muerte por falta de nutrientes.

El por qué se genera la anorexia es incierto, pero se considera que uno de los motivos es el prototipo de belleza promovido por los medios



Figura 7.13. La fotografía nos muestra a una joven anoréxica que al espejo, se observa “excedida de peso”.

de comunicación, en los cuales mujeres de una condición extremadamente delgada se consideran hermosas. La anorexia trae como consecuencia anomalías de la menstruación, incluida la amenorrea (ausencia de menstruación), y pueden morir de inanición o por alguna de sus complicaciones. De acuerdo con las cifras de la Secretaría de Salud, en los últimos 10 años, en México se han contabilizado más de un millón de casos de anorexia y la cifra va en aumento. El trastorno suele ir acompañado de osteoporosis, depresión y deterioro del rendimiento mental. La recuperación de los anoréxicos involucra indispensablemente la colaboración de la gente más cercana y de confianza; además, psicólogos, psiquiatras y nutriólogos con frecuencia deben participar para lograr el éxito. Es un proceso arduo y lento, pero necesario para conseguir la recuperación total, es decir, no únicamente del peso, sino sobretodo, de la salud y la esperanza de vivir.

Bulimia

La palabra **bulimia** deriva del griego *bu* = buey, y *limia* = hambre, por lo que significa “hambre de buey”. Es un trastorno que afecta frecuentemente a mujeres jóvenes y solteras de clase media. Generalmente se presenta entre 18 y 28 años de edad. Al igual que la anorexia, 95% de los pacientes bulímicos son mujeres. La bulimia se caracteriza por la ingestión rápida y excesiva de alimentos al menos dos veces por semana seguida por vómitos autoinducidos, dieta estricta, ejercicio excesivo y el uso indiscriminado de laxantes y diuréticos. El vómito provoca que se dañen el esófago, la boca y los dientes, ya que contiene ácido gástrico. Este trastorno ocurre en respuesta al temor de estar excedida de peso o al estrés, la depresión y ciertas alteraciones fisiológicas como tumores hipotalámicos.

La bulimia tiende a ser más frecuente que la anorexia. Ambos trastornos tienen en común que los pacientes mantienen una imagen distorsionada de sí mismos. Los anoréxicos, sin importar su peso real, invariablemente se consideran con sobrepeso. Los bulímicos piensan que aumentarán gravemente el peso. En ambos trastornos se tiene un miedo irreal a la obesidad.



Figura 7.14. Las personas bulímicas se provocan el vómito, después de haber ingerido rápidamente una gran cantidad de alimento.

Obesidad

La **obesidad** es una forma grave de malnutrición y es un problema de salud pública porque es la principal causa de enfermedades crónicas como la diabetes, hipertensión y enfermedades del corazón e infartos cerebrales. La obesidad es un exceso de grasa en el cuerpo que se produ-

ce cuando la cantidad de energía que se ingiere con los alimentos es superior a la que se gasta. Existe una manera muy fácil de saber si una persona es obesa, esta consiste en calcular el IMC (índice de masa corporal). Se divide el cuadrado del peso (kg)² entre la estatura (m). Se considera que una persona es obesa si el IMC es de 30 o más.

Por ejemplo, si una persona pesa 80 kilogramos y mide 1.62 metros, 80 elevado al cuadrado son 6400, entonces, 6400 se divide entre 162 cm, dando como resultado un IMC = 39.5. Por lo tanto, esta persona ya es considerada obesa.

Los factores que contribuyen a la obesidad son los genéticos, los malos hábitos alimenticios en etapas tempranas de la vida, comer en exceso para liberar tensiones y las costumbres sociales. La mayor parte del exceso de calorías en la dieta se convierte en triglicéridos (grasa) y se almacena en el tejido adiposo. Inicialmente los adipocitos (células grasas) aumentan de tamaño, pero cuando llegan al tamaño máximo, se dividen. Como resultado hay proliferación de adipocitos en la obesidad. Algunos investigadores consideran que el número de adipocitos en el adulto es determinado principalmente por la cantidad de grasa almacenada durante la lactancia y la infancia. Cuando somos alimentados en exceso de pequeños, se forman cantidades anormalmente grandes de adipocitos. Conforme avanza la edad, estas células pueden llenarse por completo con el exceso de lípidos o encogerse, pero siempre están presentes. Se piensa que las personas con tales cantidades aumentadas de adipocitos son más susceptibles a la obesidad que aquellas que tienen cantidades normales. También se ha investigado que del 40 a 70% de los factores implicados en la obesidad son hereditarios. Cualquiera que sea la causa, comer en abundancia o no hacer ejercicio son las formas de hacerse obeso.

El tratamiento de la obesidad abarca programas que modifican el comportamiento, dietas de muy pocas calorías, fármacos, cirugía e incrementar las actividades con ejercicios. Los programas de nutrición se basan en dietas “saludables para el corazón”, que incluyen abundantes vegetales y son de bajo contenido graso, especialmente en grasas saturadas (manteca y mantequilla). Un programa de ejercicio típico sugiere caminar 30 minutos por día, cinco a seis veces por semana. Los pacientes con obesidad extrema pueden ser sometidos a tratamientos quirúrgicos. Las dos operaciones más comunes son la derivación gástrica y la gastroplastia, que reducen el tamaño del estómago, de tal manera que éste sólo puede albergar una pequeña cantidad de alimento. Los obesos que reducen su peso necesitan consumir 15% menos de calorías para mantener su peso corporal, en comparación con las personas que nunca han engordado.



Figura 7.15. En México, según datos de la OMS, la obesidad infantil aumentó de 1999 a 2006 en un 40%. Se calcula que de cada 10 niños en edad escolar, 6 sufren de obesidad, esto debido principalmente a la comida chatarra.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. Constituyen el tubo digestivo: la boca, _____, _____, _____, _____ e _____.
2. Son los órganos accesorios de la digestión: _____, _____, _____, _____ y _____.
3. Los productos finales de la digestión química de los carbohidratos son _____, de las proteínas son _____, de los lípidos son _____ y _____, y de los ácidos nucleicos son _____, _____ y _____.
4. La digestión consiste en 6 procesos básicos: ingestión, _____, mezcla y propulsión, _____, _____ y _____.
5. El esófago es un tubo muscular que conecta la _____ con el _____.
6. Las glándulas salivales mayores son _____, _____ y _____.
7. El intestino delgado se divide en _____, _____ e _____.
8. Los hepatocitos producen la _____, que es llevada por un sistema de conductos a la _____ para su concentración y almacenamiento.
9. Por medio de la masticación, la comida se mezcla con _____ y forma una masa blanda llamada _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

10. La faringe tiene tanto funciones respiratorias como digestivas. ()
11. Las sustancias que el estómago puede absorber son el agua, algunos iones, ciertos fármacos y el alcohol. ()

12. La extensa superficie de absorción del intestino grueso proviene de la presencia de pliegues circulares, vellosidades y microvellosidades. ()
13. La digestión mecánica implica la masticación y los movimientos del tubo digestivo que ayudan a la digestión química. ()

Contesta las siguientes preguntas:

14. ¿Cuáles son las estructuras que forman la boca?

15. ¿Qué es la saliva y cuál es su función?

16. ¿Qué significa deglutir?

17. ¿Cuál es la función de la pepsina? ¿Por qué se secreta en su forma inactiva?

18. ¿En qué partes del aparato digestivo se digieren los almidones?

19. ¿Qué son los acinos pancreáticos? ¿Cómo difieren sus funciones de las células de los islotes de Langerhans?

20. ¿Cómo ayuda la bilis a la digestión de las grasas?

21. ¿Cuál es la diferencia entre la digestión y la absorción?

22. ¿Cuál es el papel de las enzimas en la digestión?

23. ¿Cómo se conecta la vesícula biliar y el hígado con el duodeno?

24. ¿Cuáles son las principales regiones del intestino grueso?

25. ¿Qué es la defecación y cómo ocurre?

26. ¿Qué actividades lleva a cabo el intestino grueso para convertir el contenido en heces?

Elige la respuesta correcta a las siguientes preguntas:

27. Los dientes adaptados para triturar y moler son:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| a) Incisivos | b) Caninos |
| c) Premolares y molares | d) Incisivos y premolares |
| e) Caninos y molares | |

28. La capa de tejido que tapiza la luz del tubo digestivo se llama:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------|
| a) Capa muscular | b) Peritoneo visceral | |
| c) Peritoneo parietal | d) Mucosa | e) Submucosa |

29. ¿Qué desplaza el alimento por el esófago?

- | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|
| a) La gravedad | b) La epiglotis | |
| c) Contracciones musculares | d) El esfínter pilórico | e) Las enzimas |

30. ¿Qué secuencia describe mejor la digestión de las proteínas?

- | | | | | |
|---------------|------------------|-------------|----------------|---------------|
| 1. Dipéptido | 2. Aminoácido | 3. Proteína | 4. Polipéptido | 5. Glicerol |
| a) 4, 3, 1, 2 | b) 3, 4, 1, 2 | | | |
| c) 3, 4, 1, 5 | d) 4, 3, 5, 1, 2 | | | e) 2, 1, 4, 3 |

31. El área superficial del intestino delgado se incrementa por:

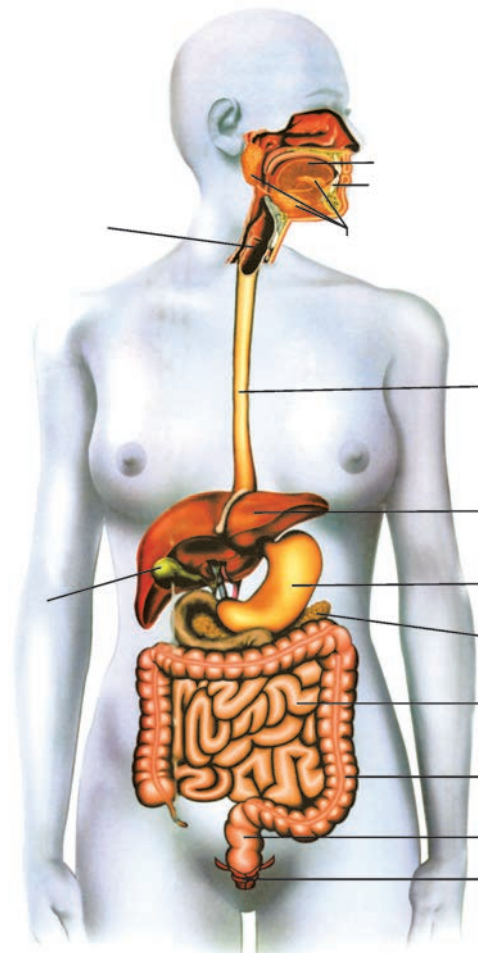
- | | | |
|-------------------------|----------------|----------|
| a) Pliegues de su pared | b) Velloidades | |
| c) Microvellosidades | d) a, b y c | e) a y b |

32. Cuando la entrada de energía es mayor que la salida:

- | | | |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|
| a) Se pierde peso | b) El peso se mantiene estable | c) Se gana peso |
| d) Se inhibe la leptina | e) Se desactiva el gen <i>ob</i> | |

Rotula la siguiente figura:

33. Anota el nombre de cada uno de los órganos señalados.



Aplicación de conceptos

34. Las personas que han perdido parte o todo el estómago pueden sobrevivir si se alimentan con comida previamente digerida. ¿Crees que esas mismas personas podrían sobrevivir sin intestino delgado? Explica tu respuesta:

35. Debido a una infección muy fuerte, a Mario le han recetado una gran cantidad de antibióticos. ¿Qué efecto tendrá esto en su aparato digestivo?

36. Una persona que no tiene vesícula biliar, ¿deja de producir bilis? Explica tu respuesta:

37. Anota en qué órganos del aparato digestivo se lleva a cabo la digestión química de los siguientes alimentos:

Un pan (almidón y azúcares): _____

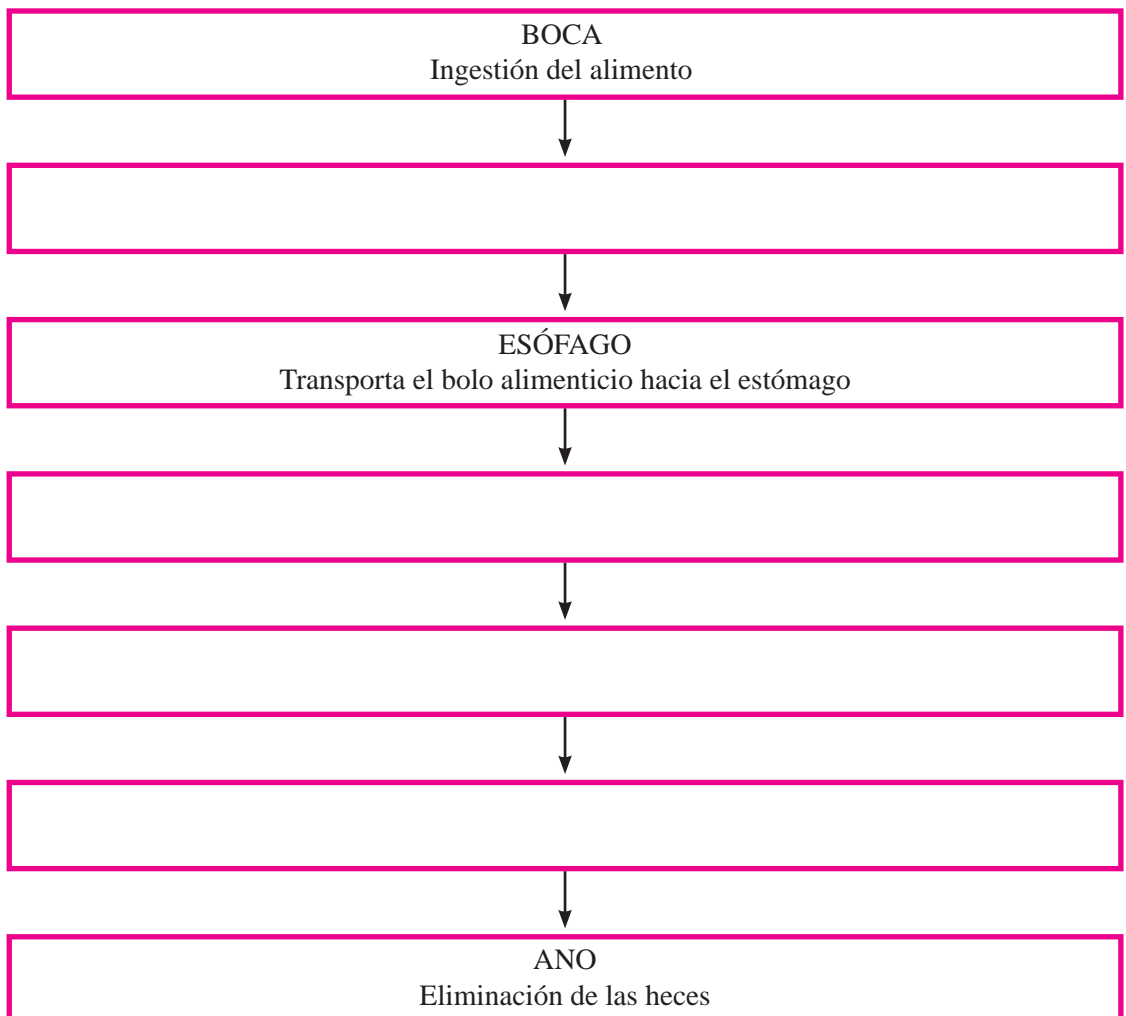
Un bistec (proteínas): _____

Una nuez (grasas): _____

38. Ciertas lesiones hacen necesaria la extirpación de una porción del intestino grueso. ¿Qué consecuencias tendrá esto en el proceso digestivo?

Construye y aprende

39. Completa el siguiente diagrama de flujo que muestra el camino que sigue el alimento por los órganos del aparato digestivo. Incluye brevemente lo que sucede en cada uno de los órganos.

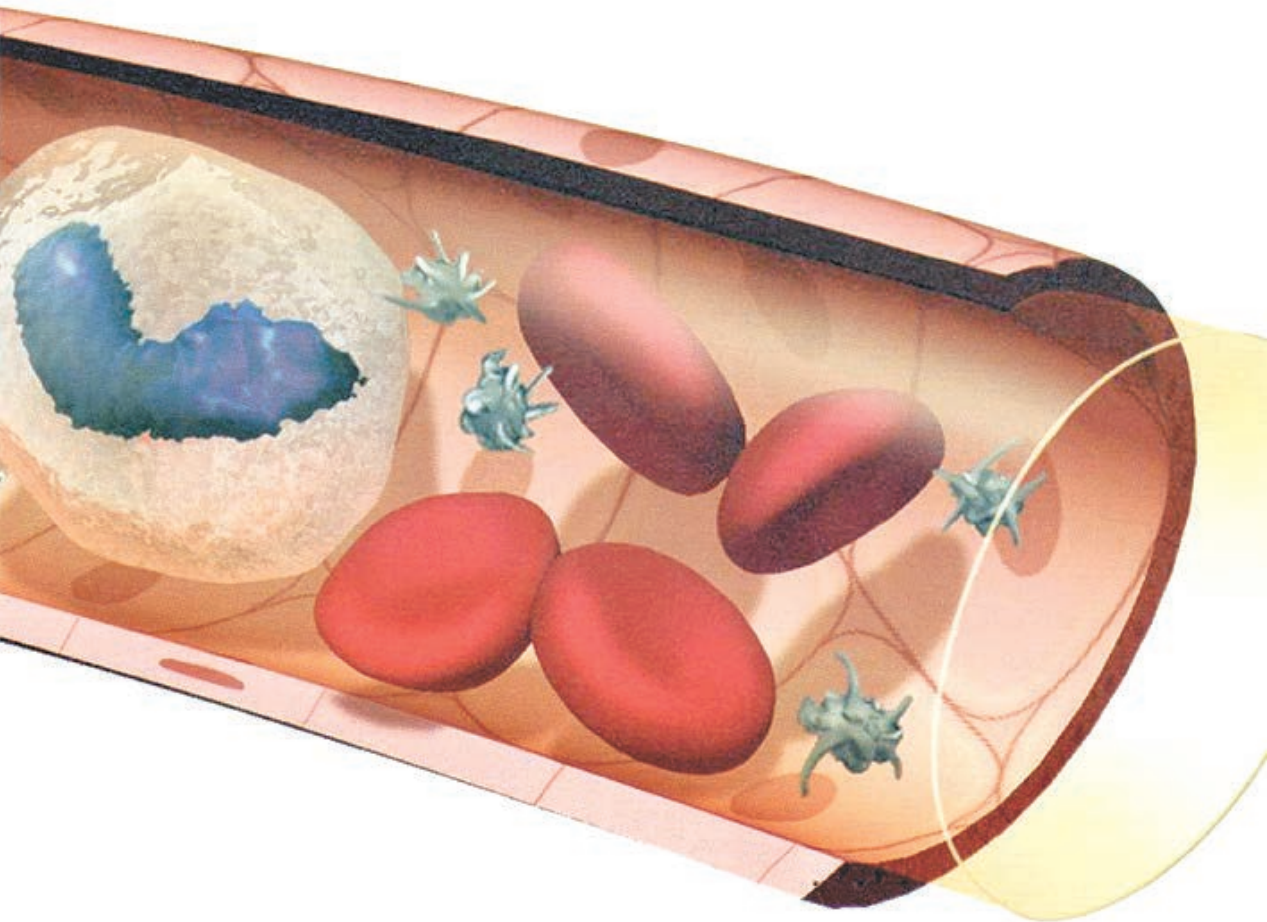


40. Elaboren por equipos un periódico mural sobre alguno de los siguientes temas: anorexia, bulimia u obesidad. Especifiquen las causas que conducen a estos trastornos alimentarios, los daños físicos que ocasionan y sus tratamientos. Elijan entre todos, los tres periódicos murales mejor elaborados (deberá ser uno de cada tema) y expóngalos en su preparatoria.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

8

Aparato circulatorio



Introducción

Cada latido de tu corazón produce la fuerza necesaria para desplazar sangre oxigenada por medio del aparato circulatorio, a cada una de tus células. Cada vez que respiras, llevas aire a tu aparato respiratorio. El oxígeno del aire es necesario para los billones de células de tu cuerpo y el corazón es fundamental para bombear ese oxígeno. Gracias a la estrecha relación entre los aparatos circulatorio y respiratorio, las células de todo el cuerpo reciben los **nutrientes** y el **oxígeno** que necesitan para continuar vivas. Al mismo tiempo se recogen los productos de desecho resultantes del metabolismo celular para conducirlos a los órganos encargados de su eliminación.

El aparato circulatorio, asociado al sistema linfático/ inmunológico, participa en la defensa del cuerpo contra organismos infecciosos, además, en el mantenimiento constante del ambiente interno de las células (homeostasis).

El aparato circulatorio consta de **corazón**, una serie de **vasos sanguíneos** y la **sangre** que fluye por ellos.

Corazón: estructura y función

El **corazón** es un órgano musculoso hueco y contráctil situado entre los pulmones, por delante del esófago, apoyado sobre el diafragma y protegido por el hueso esternón. Su forma y tamaño son parecidos al puño cerrado de un hombre y sus dimensiones aproximadas son 12 cm de largo, 9 cm en su punto más ancho y 6 cm de espesor. Su peso promedio es de 250 gramos en mujeres adultas y de 300 gramos en hombres adultos.

La función del corazón es bombear la sangre para que llegue a todas las células del cuerpo. El corazón está compuesto casi en su totalidad de músculo, llamado **miocardio**, las poderosas contracciones del miocardio impulsan la sangre por todo el sistema circulatorio; sin su constante palpitación la vida pronto cesaría. Si la sangre que fluye al cerebro se interrumpe por más de 5 segundos, perdemos el conocimiento; luego de 15 a 20 segundos, los músculos se convulsionan; después de 9 minutos de circulación interrumpida, las células cerebrales sufren un daño irreparable.

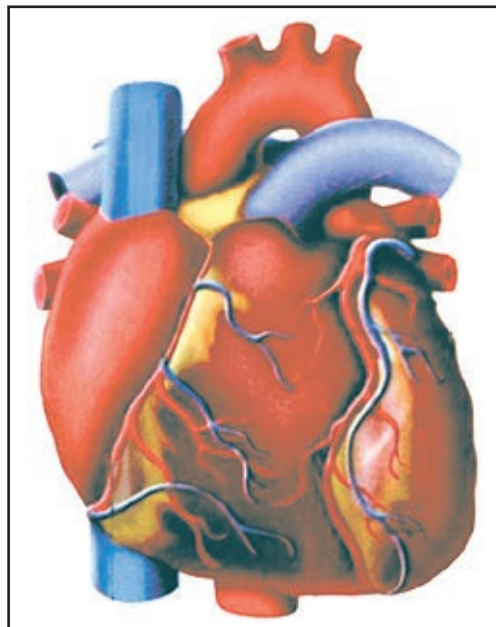


Figura 8.1. Estructura externa del corazón.

El miocardio se contrae en promedio 72 veces por minuto y bombea unos 70 mililitros de sangre con cada contracción. Esta función está regulada por el sistema nervioso autónomo. Los neurotransmisores que libera el sistema nervioso simpático aumentan el ritmo cardiaco. Los neurotransmisores que libera el sistema nervioso parasimpático, disminuyen el ritmo cardiaco, por lo que no podemos regular la frecuencia de bombeo de manera voluntaria.

El corazón tiene una pared gruesa constituida por tres capas distintas:

Pericardio. Membrana que lo rodea y que lo fija a las estructuras vecinas, permitiéndole, sin embargo, la contracción.

Miocardio. Es el tejido muscular cardiaco, constituye la mayor parte de la masa del corazón. Se encarga de la contracción cardiaca, y es un músculo involuntario.

Endocardio. Capa delgada que recubre las cavidades del corazón y las válvulas.

El interior del corazón está dividido en cuatro **cavidades** que reciben la sangre circulante. Las dos superiores son las **aurículas (atrios)**, izquierda y derecha, y las inferiores son los **ventrículos**, también derecho e izquierdo.



Reanimación cardiopulmonar

Debido a que el corazón se encuentra ubicado entre dos estructuras rígidas (la columna vertebral y el esternón), la presión externa aplicada sobre el tórax (compresión) puede emplearse para forzar la salida de la sangre, del corazón a la circulación. En los casos en los que el corazón deja de latir repentinamente, la reanimación cardiopulmonar (RCP), que consiste en compresiones cardiacas correctamente aplicadas, junto con la ventilación artificial de los pulmones por medio de la respiración boca a boca, salva vidas.



Figura 8.2. Reanimación cardiopulmonar (RCP). El paciente se acuesta boca arriba, sobre un plano duro como el suelo, se le extiende el cuello, luego se aplica el talón de una mano sobre el tercio inferior del esternón, y el talón de la otra, sobre el dorso de la mano previamente aplicada.

Aurículas

Las **aurículas** reciben este nombre porque tienen apariencia de orejas. En la **aurícula derecha** desembocan las **venas cavas superior e inferior** que traen al corazón sangre desoxigenada. Está separada de la aurícula izquierda por el **tabique interauricular** y del ventrículo derecho por un orificio en el que está la **válvula tricúspide**. En la **aurícula izquierda** desembocan las cuatro **venas pulmonares**, dos derechas y dos izquierdas, que vacían en el corazón sangre oxigenada proveniente de los pulmones. Está separada del ventrículo izquierdo por unas membranas de tejido conectivo llamada **válvula mitral (bicúspide)**.

Ventrículos

Los **ventrículos** son cavidades más grandes que las aurículas y con una musculatura más potente.

El **ventrículo derecho** tiene el músculo (miocardio) de menor grosor que el del ventrículo izquierdo ya que cuando se contrae, la sangre es expulsada del corazón hacia los pulmones (muy cerca del corazón), por medio de la **arteria pulmonar**. Está separado del otro ventrículo por el **tabique interventricular**, a

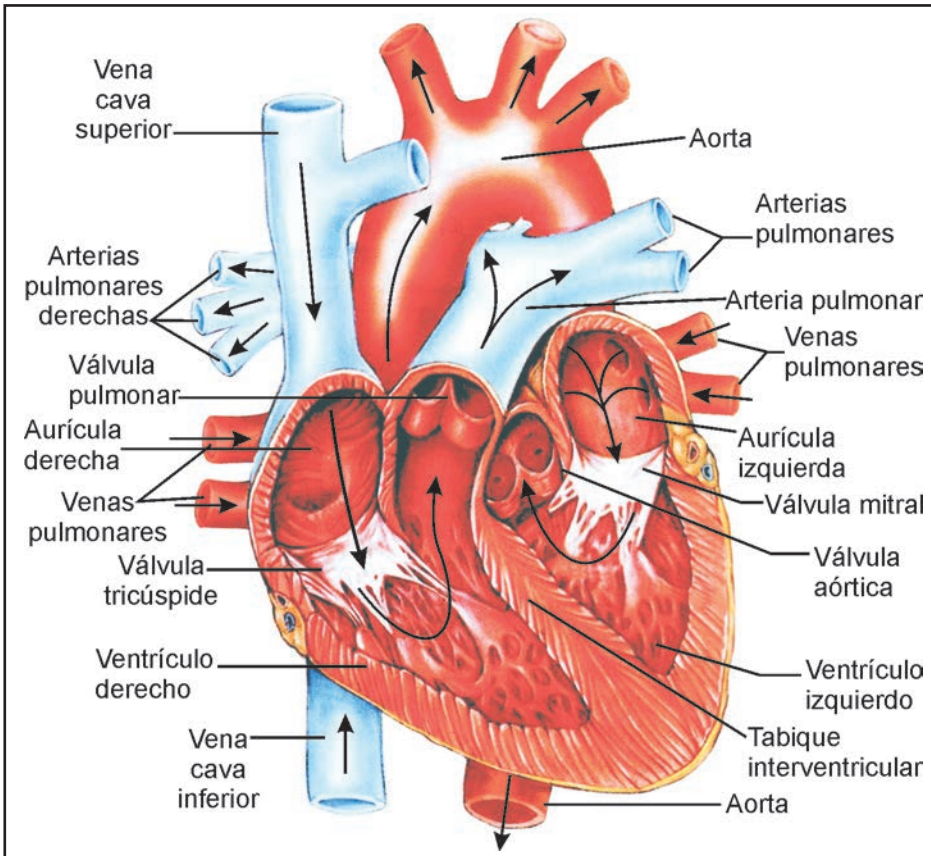


Figura 8.3. Estructura interna del corazón. Observa el sentido de las flechas para comprender el recorrido de la sangre. Recuerda la posición anatómica, los dibujos están de frente a ti.

él llega sangre venosa (con desechos) de la aurícula derecha. El miocardio del **ventrículo izquierdo** es más grueso que el del ventrículo derecho, pues expulsa la sangre arterial (oxigenada) a través de la **arteria aorta**, hacia la circulación general, por lo que requiere más potencia.

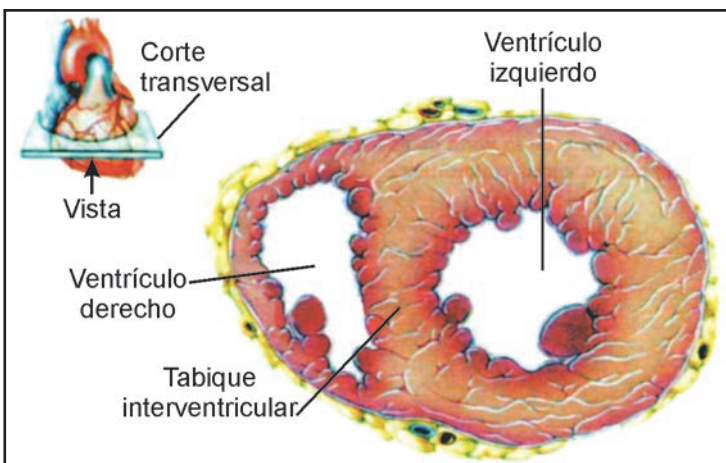


Figura 8.4. Vista inferior de una sección transversal que muestra las diferencias de espesor del miocardio del ventrículo izquierdo y del ventrículo derecho.

Válvulas cardiacas

Las **válvulas cardiacas** que se encuentran entre aurícula y ventrículo se abren para que pase la sangre de aurículas a ventrículos y se cierran para evitar el reflujo, es decir, que no se regrese la sangre.

Además de las válvulas **tricúspide** y **mitral**, también se encuentran en el corazón la **válvula pulmonar** (de la arteria pulmonar) y la **válvula aórtica** (de la arteria aorta).

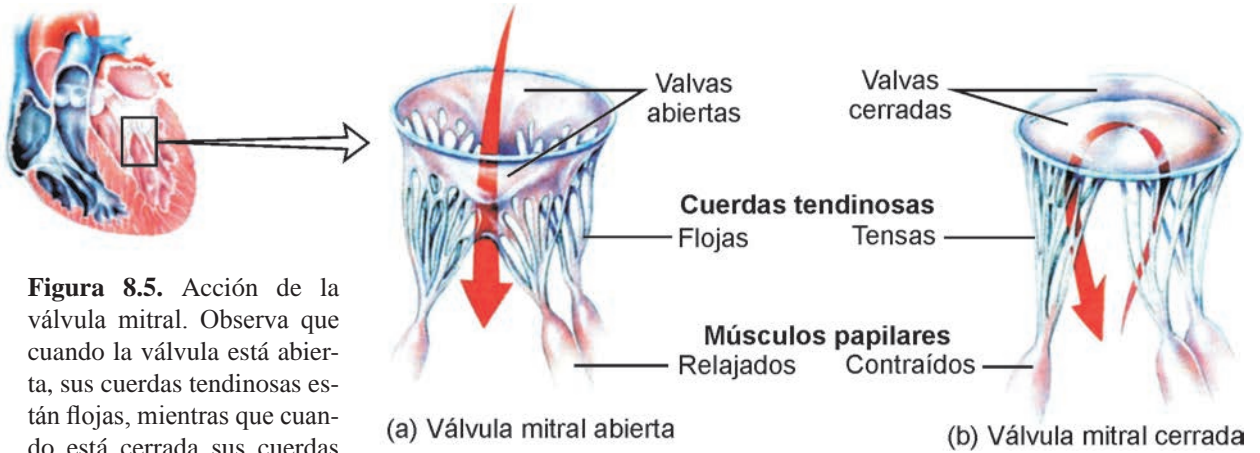


Figura 8.5. Acción de la válvula mitral. Observa que cuando la válvula está abierta, sus cuerdas tendinosas están flojas, mientras que cuando está cerrada sus cuerdas tendinosas están tensas.

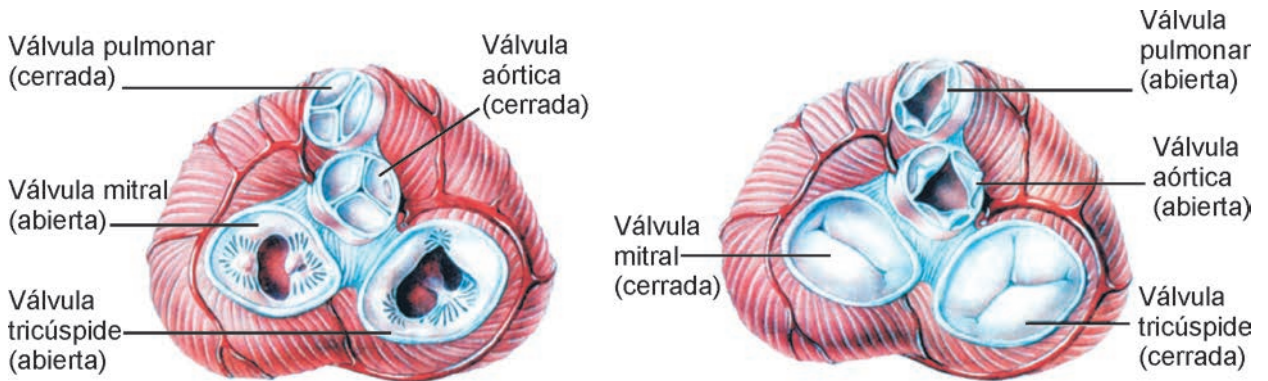


Figura 8.6. Vista superior del corazón donde se observan las válvulas mitral y tricúspide abiertas (izquierda) y la válvula aórtica y pulmonar abiertas (derecha).

Marcapasos artificiales

Es un aparato que envía pequeñas corrientes eléctricas para estimular la contracción cardíaca. Consiste en una batería y un generador de impulsos, y generalmente se coloca debajo de la piel inferior a la clavícula. Se conecta a uno o dos cables flexibles, que se introducen a través de la vena cava superior, hasta la aurícula y ventrículos derechos. La mayoría de los marcapasos más nuevos, llamados marcapasos con frecuencia ajustada a la actividad, aceleran automáticamente la frecuencia de descarga durante la actividad física. Se implanta quirúrgicamente en pacientes que presentan de 20 a 35 latidos por minuto (este flujo sanguíneo para el cerebro es inadecuado) para que se restaure y mantenga el ritmo cardíaco normal.

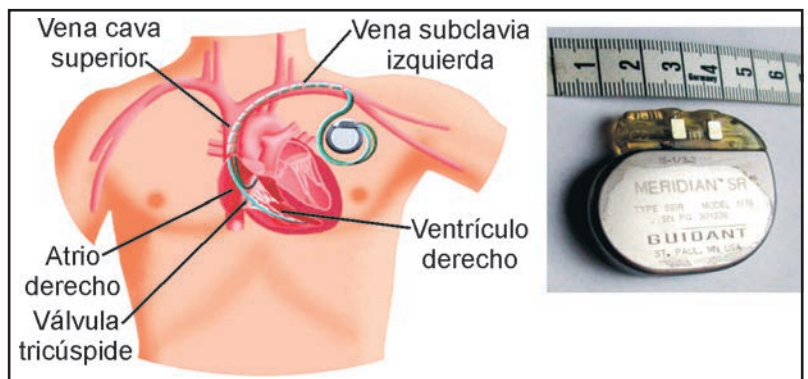


Figura 8.7. Fotografía de un marcapasos (derecha) y su localización (izquierda).



Corazón Artificial

Científicos han desarrollado dispositivos mecánicos que reemplazan completamente las funciones del corazón natural. En julio de 2001, se implantó un corazón artificial “AbioCor”, el cual está elaborado de titanio, plástico y resina epóxica; pesa 1 kg y es alimentado por una batería que se lleva externamente, pero sin cables que atraviesen la piel. El paciente después de la implantación vivió aproximadamente 5 meses.



Figura 8.8. Laman Gray y Robert Dowling, implantan en el año 2001 el primer corazón artificial (en la foto) en un paciente.

Presión sanguínea e hipertensión arterial

La presión sanguínea es la presión que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias con cada contracción del corazón.

El período mediante el cual se contraen los ventrículos para expulsar la sangre del corazón se llama **sístole**. La presión en las arterias es más alta durante la sístole. El período mediante el cual los ventrículos se relajan y se llenan de sangre se denomina **diástole**.

La presión sanguínea se mide en milímetros de mercurio (Hg). Una presión de un milímetro puede sostener una columna de mercurio de un milímetro de alto. Como la presión sanguínea cambia de sístole a diástole, se registra en dos números. El primer número es la presión mediante la sístole o **presión sistólica**. El segundo número es la presión durante la diástole o **presión diastólica**. La presión sanguínea de un adulto saludable y normal en reposo es de 120/80, y el instrumento con el que se mide es el **esfigmomanómetro**.

La hipertensión arterial es una enfermedad crónica degenerativa (se desarrolla durante un largo periodo de tiempo y daña el funcionamiento de diferentes órganos), cuya característica principal es el **aumento de la presión arterial** sostenida, que puede ser sistólica, diastólica o de ambas.

Es una de las principales causa de muerte en México. Se calcula que en nuestro país existen poco más de 15 millones de pacientes con este padecimiento, de los cuales la mitad lo desconoce y el otro 50% no lleva un tratamiento adecuado, por lo que provoca complicaciones en el corazón, cerebro, riñón y retina. Los principales factores que predisponen este padecimiento son: el sedentarismo, la obesidad, el tabaquismo, el colesterol elevado, la diabetes mellitos y el estrés.

La hipertensión arterial es grave cuando es 180/110. El tratamiento farmacológico (me-



Figura 8.9. Esfigmomanómetro y medición de la presión arterial.

dicamentos) será de acuerdo a cada paciente y además es necesario un cambio de estilo de vida: reducir el consumo de sal, dejar de fumar, disminuir de peso, limitar el consumo de alcohol, aumentar la actividad física, mantener el consumo adecuado de minerales y reducir la ingestión de grasas.

Vasos sanguíneos: arterias, capilares y venas

Los vasos sanguíneos forman una red de conductos que transportan la sangre desde el corazón hacia los tejidos del cuerpo, para después regresarla al corazón. A través de estos conductos llegan a los distintos órganos y tejidos del cuerpo las **sustancias nutritivas** y el **oxígeno** necesarios para la vida. Al mismo tiempo se recogen los productos de desecho, resultantes del metabolismo celular, para conducirlos a los órganos encargados de su eliminación.

Los vasos sanguíneos no son rígidos, sino que su calibre, regulado por el sistema nervioso autónomo, aumenta o disminuye según las necesidades fisiológicas de cada órgano o de la temperatura ambiente (fenómeno de la termorregulación) gracias a las propiedades de la musculatura lisa de que están constituidos.

Los vasos sanguíneos son las **arterias**, los **capilares** y las **venas**.

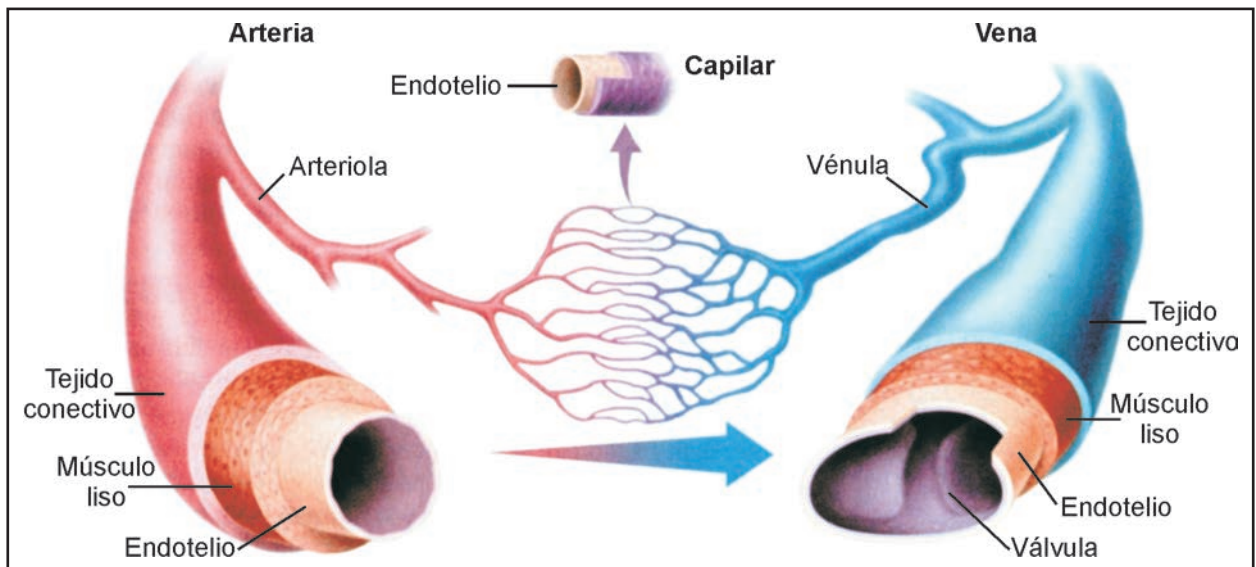


Figura 8.10. Los tres tipos de vasos sanguíneos: arterias, capilares y venas.

Arterias

Son vasos sanguíneos que salen del corazón y llevan la sangre a los tejidos.

Todas las arterias transportan sangre con oxígeno, excepto la arteria pulmonar, que lleva la sangre con bióxido de carbono a los pulmones. Las arterias tienen paredes consistentes en tres capas y un espacio interno, o **luz**, por el cual fluye la sangre. La capa interna, llamada **íntima**, constituida por una capa de células, permite que la sangre se deslice fácilmente. La **capa media** es

usualmente la más gruesa y consiste en músculo liso y tejido elástico que le permite al vaso contraerse y dilatarse. La capa externa o **adventicia**, constituida por tejido fibroso resistente, hace que la arteria permanezca abierta cuando es cortada (en tanto que una vena se aplasta al ser cortada).

Según se van alejando del corazón, las arterias disminuyen su diámetro, y se llaman **arteriolas**. Cuando las arteriolas entran a los tejidos, se ramifican en innumerables vasos microscópicos llamados **capilares**.

Algunas arterias de nuestro organismo son:

- ❖ Arteria pulmonar. Sale del ventrículo derecho del corazón y lleva sangre venosa hacia los pulmones para su oxigenación.
- ❖ Arteria aorta. Es la más gruesa del organismo. Arranca del ventrículo izquierdo del corazón en dirección ascendente, para luego descender a lo largo del esófago, ramificándose en su trayecto con el fin de irrigar todos los órganos y tejidos del organismo.

Capilares

Son vasos sanguíneos microscópicos cuyas paredes están constituidas por una sola capa de células que permiten el paso de las sustancias a los tejidos. Los capilares se encuentran cerca de casi todas las células del organismo, pero su número varía en función de la actividad metabólica del tejido al cual irriga. Por ejemplo, los músculos usan más oxígeno y nutrientes que los tendones, por lo que poseen más capilares éstos. Su función es muy importante: en ellos se lleva a cabo el intercambio de nutrientes y desechos entre la sangre y las células de los tejidos. El método más importante de intercambio capilar es la **difusión simple**. Muchas sustancias como oxígeno, bióxido de carbono, glucosa y aminoácidos, entran y salen de los capilares por este mecanismo de transporte. Si se llega a interrumpir la circulación en algún y algunos vasos capilares, las células de la zona mueren por falta de oxígeno. Esto es lo que sucede cuando, por ejemplo, se produce un coágulo que obstruye la circulación. Al unirse varios capilares, forman venas de pequeño diámetro, las **vénulas**, que se unen entre sí para formar venas.

Venas

Son vasos sanguíneos que llegan al corazón y traen sangre desde los tejidos. Presentan las mismas tres capas que las arterias, excepto que las capas son mucho más delgadas y contienen menor cantidad de tejido elástico y músculo liso.

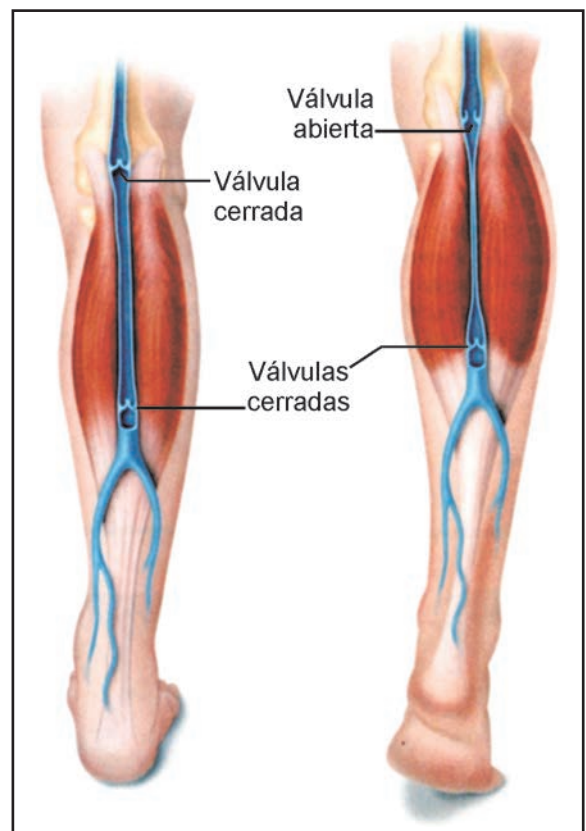


Figura 8.11. Válvula cerrada y abierta en la venas del miembro inferior

Todas transportan sangre con bióxido de carbono excepto las **venas pulmonares**, que traen sangre con oxígeno desde los pulmones.

En las venas, la sangre circula en sentido contrario a la gravedad; muchas de ellas, en especial las de los miembros (piernas y brazos), contienen válvulas que impiden que la sangre se regrese.

La sangre con bióxido de carbono desemboca en el corazón a través de las **venas cavas**. La **vena cava superior** recoge la sangre que retorna de la cabeza y de los miembros superiores. En cambio, la **vena cava inferior** recoge la sangre de los miembros inferiores, de la pelvis, del abdomen y de la parte baja del tórax. La vena cava superior y la vena cava inferior vierten la sangre en la parte superior e inferior de la aurícula derecha, respectivamente.

Hay que destacar que las **venas pulmonares**, que provienen de los pulmones, desembocan en la aurícula izquierda llevando sangre oxigenada. El resto de las venas corren paralelas a las arterias, tomando su mismo nombre, excepto en el caso de las venas cava superior e inferior, homólogas de la aorta.

En síntesis, las arterias sirven para distribuir sangre rica en oxígeno hasta los capilares, los cuales la distribuyen a cada una de las células. Luego, las venas recogen sangre de los capilares y la llevan de regreso al corazón. La contracción rítmica del corazón mantiene el flujo de sangre a través de este circuito de vasos, nutriendo las células del cuerpo y recogiendo los desechos producidos por el metabolismo celular.



Pulso

Es la expansión y retroceso alternante de las arterias elásticas después de cada sístole (contracción) del ventrículo izquierdo. El pulso es más fuerte en las arterias cercanas al corazón; se vuelve más débil en las arteriolas y desaparece completamente en los capilares. El pulso puede sentirse en cualquier arteria que esté ubicada próxima a la superficie del cuerpo y que pueda ser comprimida contra un hueso u otra estructura firme.

La frecuencia del pulso normalmente es la misma que la frecuencia cardíaca, entre 70 y 80 latidos por minuto, en reposo.

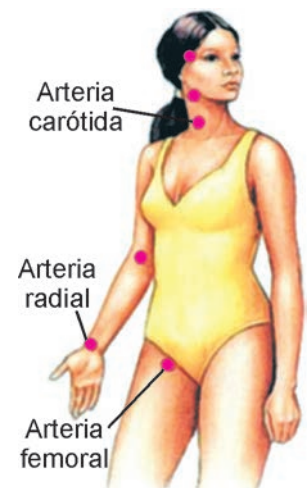


Figura 8.12. Sitios de palpación del pulso.

Circulación sanguínea

La sangre tiene un recorrido al que llamamos **circulación sanguínea**, por todos los vasos sanguíneos de nuestro cuerpo. La sangre circula por los vasos sanguíneos gracias al funcionamiento del corazón, el cual se llena de sangre que le acarrearán las venas, y después se contrae originando el impulso necesario para que la sangre llegue a los capilares de todas las regiones del cuerpo. Los ventrículos expulsan igual cantidad de sangre en el lado derecho y en el lado izquierdo; sin embargo, el camino que recorre es diferente, se forma entonces la **circulación pulmonar** y la **circulación general o sistémica**.



Venas varicosas (várices)

Las **venas varicosas**, conocidas comúnmente como **várices**, son las venas dilatadas y tortuosas que se observan por debajo de la piel. Se forman por la incapacidad de las válvulas de cerrar correctamente, permitiendo el reflujo de sangre en sentido contrario. El resultado es un aumento de la presión dentro de las venas afectadas que hace que sus paredes se dilaten. La sangre en estas venas tiende a estancarse.

Las várices son comunes en los miembros inferiores. Pueden representar desde un problema estético hasta un problema médico grave. El defecto de las válvulas puede ser congénito. Otras causas pueden ser el permanecer muchas horas al día de pie o sentado, una vida sedentaria, la obesidad, el embarazo y el uso de anticonceptivos. Las venas varicosas en el canal anal se conocen como **hemorroides**.



Figura 8.13. Várices en la pierna. Las mujeres tienen una mayor predisposición a presentar la enfermedad que los hombres.

Circulación pulmonar o menor

Es la que lleva la sangre del corazón a los pulmones y de éstos, retorna al corazón. En la circulación pulmonar, la sangre venosa de la **aurícula derecha** pasa al **ventrículo derecho**, de donde es expulsada hacia la **arteria pulmonar** que se dirige a los pulmones en los que la sangre pasa a través de innumerables capilares que rodean a los alvéolos pulmonares. La sangre pierde el bióxido de carbono y los glóbulos rojos vuelven a cargarse de oxígeno. La sangre oxigenada sale de los pulmones por las **venas pulmonares** (dos derechas y dos izquierdas) que desembocan en la aurícula izquierda, completándose así el ciclo de la circulación pulmonar e iniciándose la circulación general.

Circulación general o mayor

Es el recorrido de la sangre desde el corazón a todos los órganos del cuerpo y su retorno al corazón. Se inicia en el ventrículo izquierdo, que expulsa la sangre oxigenada procedente de la aurícula izquierda, hacia la aorta. Como ya sabes, la arteria aorta va disminuyendo de diámetro a medida que se aleja del corazón, dando origen a los capilares. En los capilares, los glóbulos rojos circulan uno detrás del otro para facilitar el **intercambio del oxígeno** que llevan por el **bióxido de carbono** procedente de los tejidos. Los capilares se unen para formar vénulas y estas para formar venas, que formarán las venas cavas superior e inferior que desembocan en la aurícula derecha (ver figura 8.15).



Desmayo

Es la pérdida repentina de la conciencia, seguida de recuperación espontánea. Se debe generalmente a un inadecuado flujo sanguíneo hacia el cerebro. El desmayo puede producirse por diversos motivos: estrés emocional, disminución excesiva en la presión arterial y el causado por algunos fármacos.



Infarto de miocardio

Un infarto de miocardio (ataque cardíaco o ataque al corazón) se produce cuando se presenta una obstrucción completa del flujo sanguíneo, de una arteria coronaria (las que nutren al corazón). Infarto significa “muerte de un área de tejido”, en este caso, las células del músculo cardíaco. Este tejido es reemplazado por tejido cicatrizal, no contráctil, por lo que el músculo cardíaco pierde parte de su fuerza. Dependiendo del tamaño y la localización del área infartada, puede producir muerte repentina.

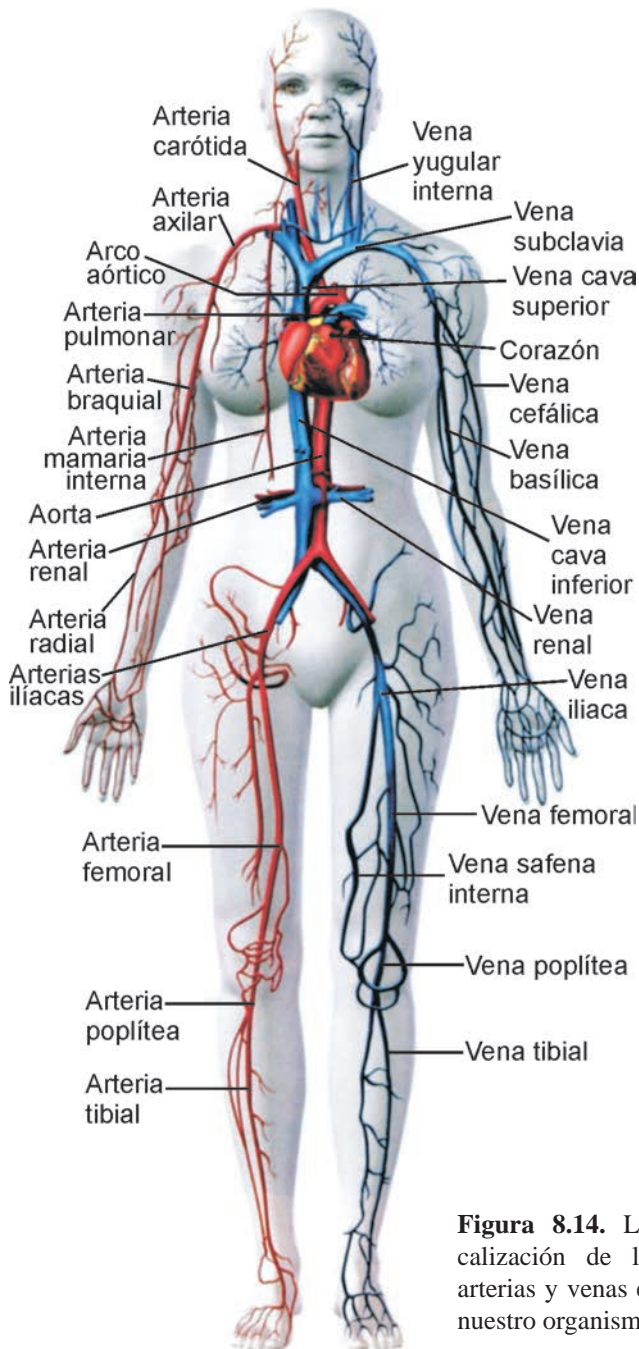


Figura 8.14. Localización de las arterias y venas en nuestro organismo.

La sangre

La sangre es un tejido conectivo líquido de color rojo que circula por los vasos sanguíneos. Está compuesto por un líquido llamado plasma, en el cual se disuelven diversas sustancias y se encuentran numerosas células y fragmentos celulares en suspensión. Constituye un 8% del peso corporal total. Su volumen en el varón promedia entre 5 y 6 litros, y en la mujer, entre 4 y 5 litros. La sangre es un líquido complejo, que lleva a cabo diversas **funciones vitales**:

- ❖ **Transporte:** de oxígeno de los pulmones a las células de todo el cuerpo; de bióxido de carbono desde las células a los pulmones; de nutrientes desde los órganos digestivos a las células; de sustancias de desecho desde las células hasta los riñones, pulmones y glándulas sudoríparas; de hormonas desde las glándulas endocrinas hasta las células, y de enzimas a diversas células.
- ❖ **Regulación:** del pH corporal a través de amortiguadores disueltos en la sangre; de la temperatura normal del cuerpo por su elevado contenido de agua (excelente medio de absorber calor y de enfriar).
- ❖ **Protección:** contra las pérdidas de líquidos corporales por medio de la coagulación; contra toxinas y microbios mediante células especializadas.

La **composición** de la sangre es mucho más que el simple líquido que parece ser. No sólo está constituida por líquido, sino también por células, miles y miles de millones de ellas. La parte líquida de la sangre, esto es, el **plasma**, es uno de los tres principales líquidos del cuerpo (los otros dos son los líquidos intersticial e intracelular). Las células sanguíneas están suspendidas en el plasma. El término **elementos corpusculares** designa colectivamente los diversos tipos de células y fragmentos celulares.

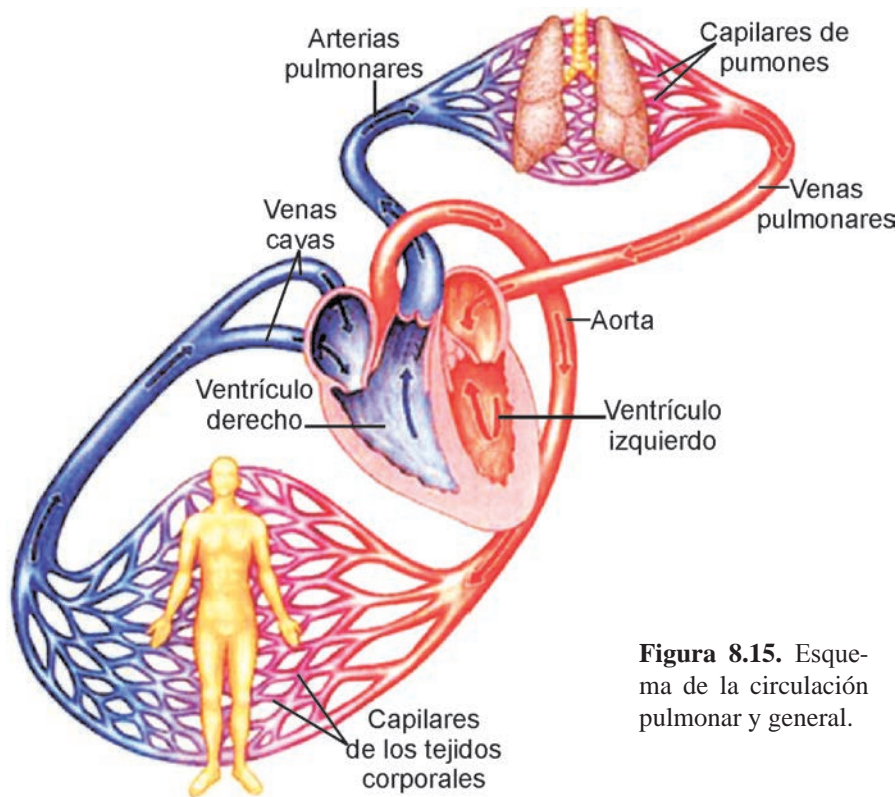
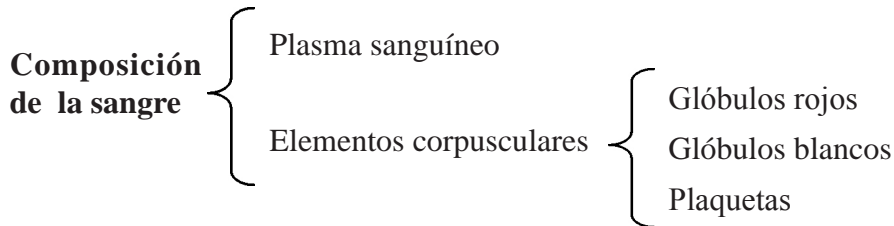


Figura 8.15. Esquema de la circulación pulmonar y general.

Plasma sanguíneo

El **plasma** es un líquido claro de color amarillento. Para separar el plasma de las células sanguíneas, se utiliza un aparato llamado *centrífuga*, donde la muestra de sangre gira a gran velocidad. En este proceso, las células se precipitan, es decir, se depositan en el fondo del tubo de la centrífuga, y el plasma queda como sobrenadante (en la parte superior del tubo).

El plasma está constituido por 90% de agua y 10% de solutos. Estos últimos son:

- ❖ **Proteínas.** Son las más abundantes, normalmente constituyen un 8.5% del plasma. Las proteínas plasmáticas son sustancias muy importantes para la vida. El fibrinógeno, por ejemplo, y la protrombina desempeñan papeles básicos en el mecanismo de coagulación de la sangre. Las globulinas son anticuerpos que atacan bacterias y virus.
- ❖ **Productos de la digestión.** Principalmente glucosa, aminoácidos, glicerol, ácidos grasos, etc. Estos productos pasan a la sangre para su distribución a las células de los tejidos.
- ❖ **Compuestos formados por el metabolismo.** Por ejemplo, urea, ácido úrico, creatinina. Se

trata de productos de la degradación de las proteínas, y la sangre los transporta a ciertos órganos para su excreción.

- ❖ Gases respiratorios. Son el oxígeno y el bióxido de carbono. El primero guarda relación más estrecha con la hemoglobina, o sea los eritrocitos, mientras que el segundo con el plasma.
- ❖ Sustancias reguladoras. Se trata de enzimas producidas por células de los tejidos para catalizar reacciones químicas, así como hormonas originadas en las glándulas endocrinas, que regulan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento corporales.

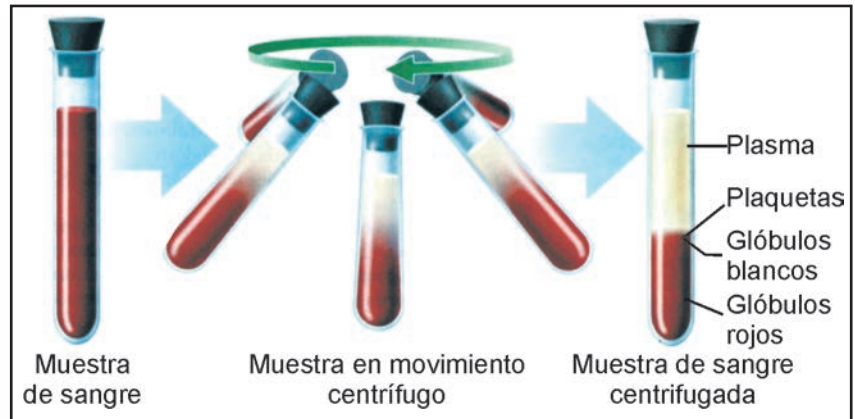


Figura 8.16. Mediante la centrifugación de la sangre, se separa el plasma de las células sanguíneas.

Elementos corpusculares (células sanguíneas)

Los elementos corpusculares de la sangre son tres:

1. **Glóbulos rojos o eritrocitos**
2. **Glóbulos blancos o leucocitos**
 - a. Granulocitos (leucocitos granulosos)
Neutrófilos, eosinófilos, basófilos
 - b. Agranulocitos (leucocitos no granulosos)
Linfocitos, monocitos
3. **Plaquetas o trombocitos**

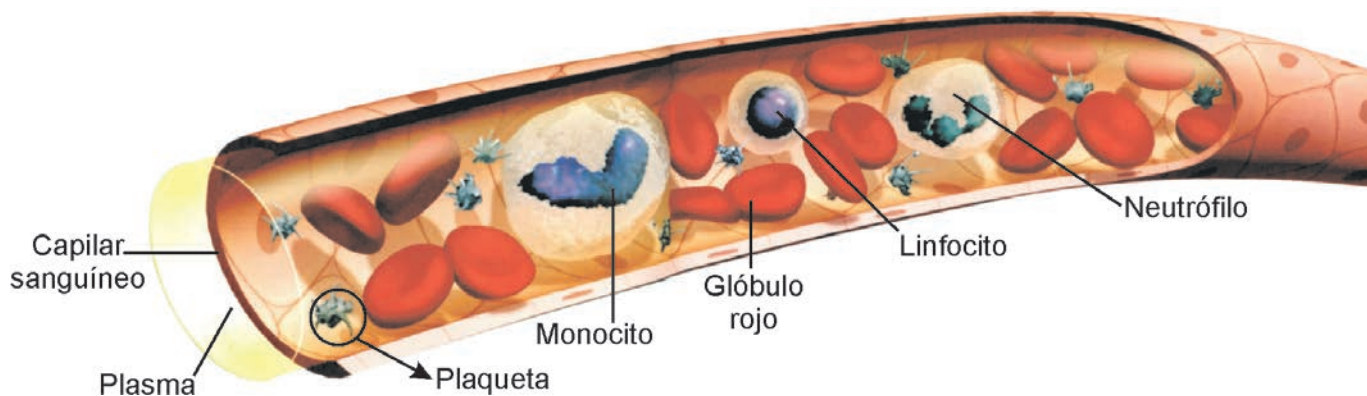


Figura 8.17. Corte de un capilar sanguíneo que nos muestra los glóbulos rojos, algunos tipos de glóbulos blancos y las plaquetas, que circulan dentro de él.

Origen de los elementos corpusculares

El proceso de formación de los elementos corpusculares de la sangre es la **hematopoyesis**. Durante la vida embrionaria y fetal no hay centros claramente definidos de formación de los elementos corpusculares. Primero se lleva a cabo en el saco vitelino y más tarde en el hígado, bazo, timo y ganglios linfáticos fetales. Los últimos tres meses antes del nacimiento se realiza en la médula ósea roja. Sin embargo, en el adulto es posible localizar este proceso en la médula ósea roja del húmero y fémur, así como en esternón, costillas, vértebras, pelvis y tejido linfoide. Los **glóbulos rojos, granulocitos y plaquetas** se producen en la médula ósea roja.

Los **agranulocitos** surgen tanto de la médula ósea roja como del tejido linfoide (bazo, amígdalas y ganglios linfáticos).

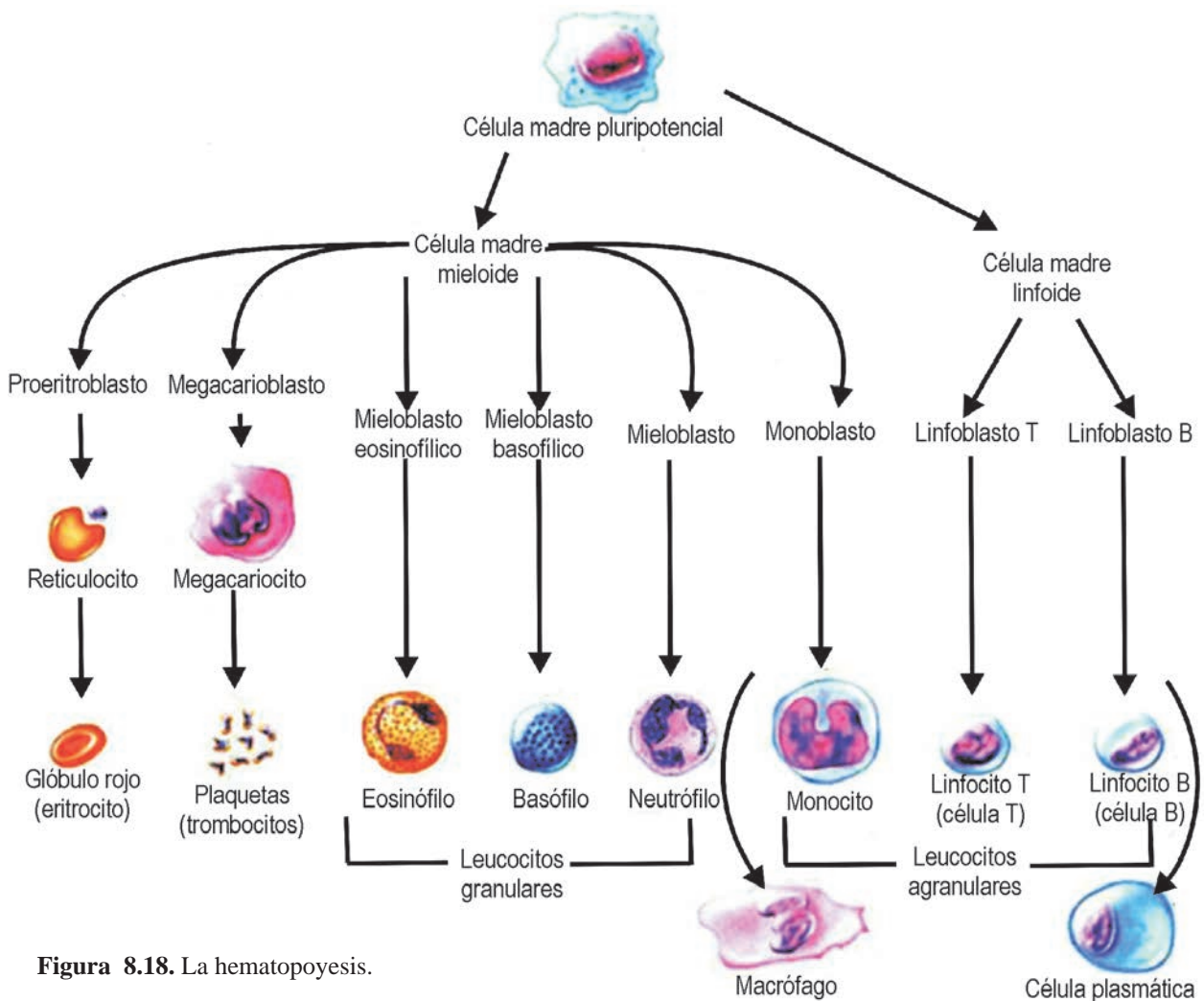


Figura 8.18. La hematopoyesis.

Glóbulos rojos

Vistos al microscopio, los **glóbulos rojos (GR)** o **eritrocitos** tienen el aspecto de discos bicóncavos que tienen un diámetro promedio de 8 micrómetros (μm). El GR adulto normal no contiene núcleo ya que éste es expulsado antes de que deje la médula ósea roja para entrar al to-

rente sanguíneo. Debido a esto, presentan concavidad en ambas superficies (de ahí el término bicóncavo).

Los GR contienen la proteína transportadora de oxígeno, la **hemoglobina** el pigmento que le da a la sangre su color rojo. Los GR están especializados para su función de transporte de oxígeno. Como no tienen núcleo y los demás organelos se desintegran, casi la totalidad del volumen de un GR maduro está ocupado por hemoglobina.

Al pasar los GR por los pulmones, la hemoglobina se combina con el oxígeno al cual transporta hacia todos los tejidos del cuerpo, donde es liberado para que sea utilizado en el metabolismo de las células. Acto seguido, el bióxido de carbono (desecho del metabolismo) pasa a la sangre para ser transportado hasta los pulmones, donde se libera y sale al medio externo con el aire exhalado. El bióxido de carbono es transportado en la sangre de tres maneras: alrededor del 10 % se encuentra disuelto en el plasma. Otro 30 % entra en los GR y se combina con la hemoglobina. Un 60 % se transporta en el plasma como iones bicarbonato.

En aproximadamente un minuto, se producen alrededor de 140 millones de GR para reemplazar a los viejos y a los que han muerto. En una gota de sangre hay aproximadamente 200 millones de ellos. En conjunto, el número de GR en el cuerpo excede los 25 billones (25×10^{12}).

Como carecen de núcleo, no pueden crecer ni reproducirse, entonces ¿cómo se renuevan? En los adultos, como ya se mencionó, los eritrocitos se forman exclusivamente en la médula ósea de los huesos largos y se originan de células nucleadas llamadas **eritroblastos**. Los eritroblastos se dividen activamente y dan origen, mediante una serie de etapas, a los GR. El GR se abre camino a través de las paredes capilares que hay en la médula y en esta forma entran al torrente sanguíneo, ahí viven un promedio de cuatro meses (120 a 130 días) antes de desintegrarse. Sus fragmentos son engullidos por células fagocíticas en el hígado y el bazo.



Figura 8.19. Forma de los glóbulos rojos (eritrocitos), tal como los revela el microscopio electrónico de barrido.



Anemia

La **anemia** es una enfermedad en la que disminuye la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre. Todos los tipos de anemia se caracterizan por un número reducido de glóbulos rojos o una cantidad de hemoglobina disminuida. La persona siente fatiga e intolerancia al frío, ambos factores relacionados con la falta del oxígeno necesario para la producción de ATP y calor. Además, la piel se presenta pálida a causa del bajo contenido de hemoglobina en la circulación. La anemia más común es la anemia ferropénica, causada por la inadecuada absorción o la ingesta disminuida de hierro.

Glóbulos blancos

Los **glóbulos blancos (GB)** o **leucocitos**, son células especializadas en la defensa del cuerpo contra bacterias nocivas y otros microorganismos. A diferencia de los glóbulos rojos, poseen núcleo y no contienen hemoglobina (por lo que son células incoloras). Son más grandes que los GR su diámetro varía entre 9 y 15 μm . Los GB son mucho menos abundantes que los glóbulos rojos ya que en una persona sana su número varía de 5 000 a 9 000 por mm^3 de sangre. Existen de 1 a 2 GB por cada 1000 glóbulos rojos.

Hay cinco tipos de GB que se clasifican según la presencia o ausencia de gránulos en su citoplasma. Los GB granulosos son **neutrófilos**, **eosinófilos** y **basófilos**; los no granulosos, **linfocitos** y **monocitos**.

La piel y las mucosas de nuestro cuerpo están en contacto frecuente con los microbios y sus toxinas. Algunos microorganismos pueden invadir tejidos más profundos para causar enfermedades y, una vez que entran en el cuerpo, la función general de los leucocitos es combatirlos mediante **fagocitosis** o producción de **anticuerpos**.

Todos los GB son células móviles, facultad que les permite pasar a través de las paredes de los vasos sanguíneos (fenómeno llamado **diapédesis**) y emigrar mediante movimiento amiboide hacia los microorganismos u otras partículas dañinas que hayan invadido los tejidos. Una vez ahí, fagocitan (ingieren y digieren) a los microorganismos y a las partículas. En cualquier momento, la mayor parte de los GB se mueven en los tejidos y están listos para efectuar su función de fagocitosis. Además, algunos de ellos pueden formar anticuerpos (proteínas) que inactivan sustancias extrañas que logran entrar al cuerpo.

La mayoría de los microorganismos y desechos fagocitados por los GB obstaculizan su metabolismo y originan su muerte. En consecuencia, la mayor parte tiene una vida muy breve; en el sujeto sano, algunos viven varios meses, pero la mayor parte lo hace sólo unos cuantos días. En casos de infección, su vida es de apenas unas cuantas horas.



Leucemia

El término **leucemia** se refiere a un grupo de cánceres de la médula ósea roja, en los que los glóbulos blancos anormales se multiplican sin control alguno. La acumulación de glóbulos blancos cancerosos en la médula ósea, interfiere con la producción de glóbulos rojos, blancos y plaquetas. Como consecuencia se reduce la capacidad de la sangre de transportar oxígeno, aumenta la susceptibilidad de sufrir infecciones y se altera la coagulación sanguínea.

Plaquetas

Las **plaquetas** o **trombocitos** son pequeños corpúsculos incoloros en forma de disco cuyo diámetro varía entre 2 y 4 μm . Las plaquetas se forman en la médula ósea roja, por fragmentación de células grandes llamadas **megacariocitos**. Las plaquetas tienen una vida muy breve, 10 días en promedio.

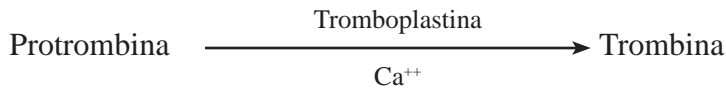
Los trombocitos desempeñan un papel básico en la **coagulación sanguínea**, evitan que nos desangremos cuando se produce alguna herida que rompe los vasos sanguíneos.

Las cortaduras, los raspones, los desgarres en la piel con rotura de vasos sanguíneos, son accidentes que suceden todos los días; sin embargo, en general, el flujo de sangre de una pequeña herida no continúa por mucho tiempo. La sangre pronto se espesa o coagula, forma una costra para sellar la cortada. Con el tiempo la costra se cae y se forma nueva piel que reemplaza a la que había sido desgarrada. Todo esto sucede gracias a las plaquetas y al fibrinógeno. A continuación veremos el proceso de coagulación.

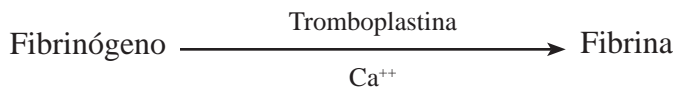
Coagulación sanguínea

El mecanismo de **coagulación de la sangre** consiste en una serie de reacciones químicas que ocurren en una sucesión definida y rápida. Este mecanismo es desencadenado por el borde cortado de un vaso sanguíneo, al cual, en un plazo de uno a dos segundos, se adhieren un gran número de plaquetas.

Tanto los trombocitos como el tejido lesionado van a liberar sustancias, las cuales mediante una serie de reacciones químicas dan como resultado la activación de una sustancia llamada tromboplastina. La **tromboplastina** actúa convirtiendo a la enzima **protrombina**, una proteína plasmática, en su forma activa, la **trombina**:



La trombina acelera la conversión de la proteína plasmática soluble llamada **fibrinógeno**, en **fibrina** insoluble:



La fibrina aparece en la sangre como finos filamentos que atrapan glóbulos rojos y plaquetas para formar el coágulo, que impide que escape más sangre. Los eritrocitos atrapados se secan y forman una costra. Luego los bordes de la herida crecen hacia el centro, hasta que sana. Cuando se extrae sangre del cuerpo y se coloca en un tubo de vidrio, coagula. El coágulo finalmente se contrae dejando un líquido claro, el **suero**, o sea, el plasma sin las proteínas de la coagulación (protrombina y fibrinógeno).

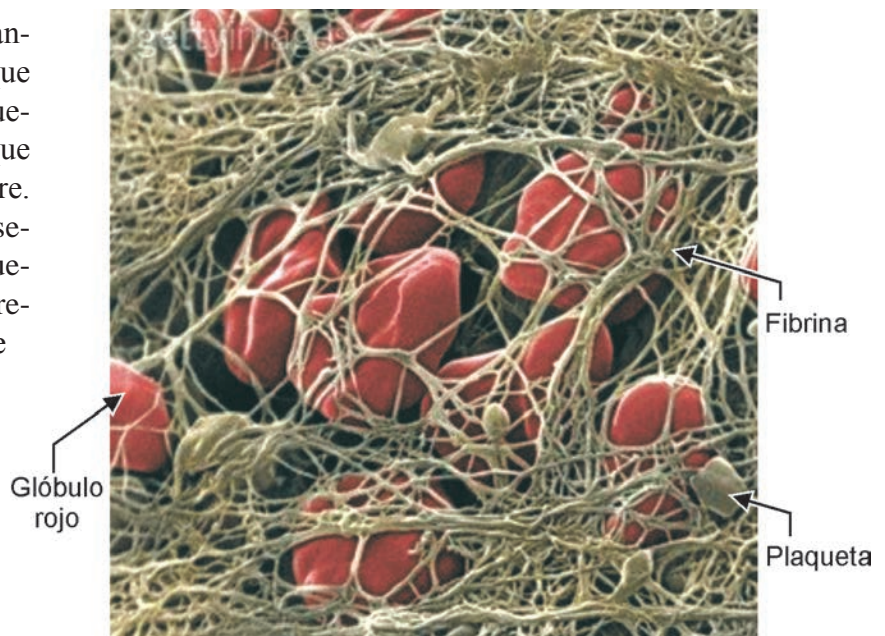


Figura 8.20. Observa en la micrografía cómo los filamentos de fibrina atrapan a los glóbulos rojos y plaquetas para formar un coágulo.



Hemofilia

La **hemofilia** es una deficiencia hereditaria de la coagulación, en la cual se pueden producir hemorragias espontáneas o por un traumatismo leve. Por lo general afecta a los varones; es conocida como la “enfermedad de la realeza” porque muchos descendientes de la reina Victoria, comenzando por uno de sus hijos, la padecieron. El tratamiento consiste en transfusiones de plasma fresco o administración de concentrados de los factores de la coagulación deficientes, para reducir la tendencia al sangrado.

La coagulación involucra diversas sustancias conocidas como **factores de la coagulación**. Algunos de estos factores son los iones calcio y ciertas enzimas inactivas como la protrombina que es sintetizada por el hígado.

Tipos (grupos) sanguíneos

Frecuentemente, al poner en contacto el suero sanguíneo procedente de un individuo con los eritrocitos de otro, se produce el fenómeno de la aglutinación. Sin embargo, se había observado que en algunos casos este fenómeno no tiene lugar al mezclar sangre perteneciente a individuos distintos. La profundización en la investigación de estos datos realizada por el patólogo vienés y premio Nobel, Karl Landsteiner (1868-1943), permitió establecer que los eritrocitos contienen en su membrana una sustancia aglutinable llamada **aglutinógeno** (antígeno), y que el plasma contiene otra denominada **aglutinina** (anticuerpo). En la sangre humana, se han descrito dos tipos distintos de aglutinógenos, los cuales se representan con las letras A y B, y dos aglutininas, alfa (a) y beta (b). Las aglutininas son sustancias que aglutinan las células, esto es, las hace que se adhieran entre sí, es decir, se agrupan. La aglutinación se produce con la reacción de A y a, o bien B y b. Según este criterio, la sangre humana se clasifica en cuatro grupos sanguíneos distintos.

Tipo de sangre	Aglutinógeno en la membrana del eritrocito	Aglutinina en el plasma sanguíneo
1. Tipo A	A	b
2. Tipo B	B	a
3. Tipo AB	AB	Ninguna
4. Tipo O	Ninguno	a, b

Tabla 8.1. Tipos sanguíneos.

La sangre tipo A, posee el **aglutinógeno A** en la membrana de sus eritrocitos y la **aglutinina b** en el plasma. El tipo B contiene **aglutinógeno B** y **aglutinina a** en el plasma.

El tipo AB posee los **aglutinógenos A y B**, pero no contiene ninguna aglutinina en su plasma. El tipo O **no posee ninguno de los dos aglutinógenos**, pero **sí contiene las aglutininas a y b** en su plasma.

Un principio importante respecto a las aglutininas consiste en que el plasma nunca contiene aglutininas contra los aglutinógenos que se encuentran en sus propios eritrocitos, por razones

obvias. Si los hubiera, la aglutinina reaccionaría con el aglutinógeno y, por lo tanto, destruiría los eritrocitos.

El peligro de dar una transfusión de sangre consiste en que las aglutininas del receptor (persona que recibe la transfusión) pueden aglutinar los eritrocitos del donador; si por ejemplo, se utilizara sangre de tipo B para transfundir a una persona que tiene sangre de tipo A, las aglutininas b de la sangre del receptor aglutinarían los eritrocitos del tipo B del donador. La aglutinación causa **hemólisis**, es decir, la ruptura de los glóbulos rojos (del donador) y liberación de hemoglobina al plasma sanguíneo. La hemoglobina puede producir insuficiencia renal por bloqueo de las membranas de filtración.








Tipo de sangre	A	B	AB	O
Antígeno en el glóbulo rojo	A 	B 	A y B 	Ni A ni B 
Anticuerpos en el plasma	Anti-B 	Anti-A 	Ni anti-A ni anti-B	Anti-A y anti-B 

Figura 8.21. Esquema que nos muestra los aglutinógenos y aglutininas que poseen los cuatro tipos sanguíneos.

Receptor y donador universal

El plasma de la sangre AB no tiene aglutininas, de modo que se les llama **receptores universales** a las personas con dicho tipo de sangre porque, en teoría, es posible trasfundirles sangre de donadores de cualquiera de los cuatro grupos, dado que no hay **aglutininas** que ataquen a los eritrocitos del donador. Por otra parte, los eritrocitos de sangre de tipo O no tienen **aglutinógenos**, de modo que a las personas con este tipo sanguíneo se les llama **donadores universales** porque, también en teoría, pueden donar sangre a individuos de cualquiera de los cuatro grupos. Las personas con sangre tipo O sólo pueden recibir transfusiones de sangre de dicho tipo. En la práctica, el uso de los términos de receptor universal y donador universal es desorientador y riesgoso ya que la sangre posee otros aglutinógenos y aglutininas que podrían causar complicaciones postransfusión. Por esta razón, antes de una transfusión sanguínea, la sangre del receptor y de donador (aunque sea de tipo O) debe ser cruzada, esto es, mezclada y observada en busca de aglutinación de los eritrocitos del donador.

Las personas que desean ser donadores de sangre deben cumplir algunos de los siguientes requisitos:

- ❖ Tener más de 18 años y menos de 65.
- ❖ Pesar más de 55 kilogramos.
- ❖ No estar en tratamiento médico reciente.
- ❖ No ser alérgico a medicamentos.

- ❖ No ser farmacodependientes.
- ❖ No haber padecido hepatitis.
- ❖ No ser hipertensos e hipotensos.

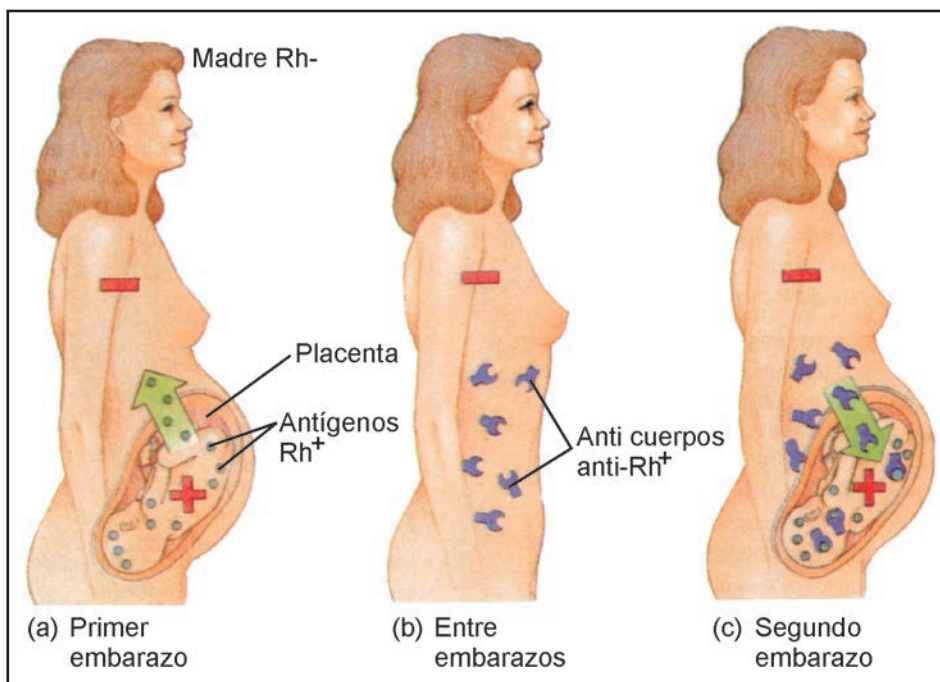
En caso de ser mujeres, no deben estar menstruando; que no hayan parido en el último año y no estar lactando.

Factor Rh

La sangre de cada persona pertenece a uno de los cuatro grupos y, además, es **Rh positiva o negativa**.

El **factor Rh** recibió tal nombre porque se identificó en primer término en la sangre de simios de la especie *rhesus*. Al igual que los tipos sanguíneos, el factor Rh se basa en la presencia del aglutinógeno en la superficie de los glóbulos rojos. El término sangre Rh⁺ (factor Rh positivo) significa que hay aglutinógenos Rh en los glóbulos rojos de dicha sangre. Sangre Rh⁻ (factor Rh negativo), por otra parte, es la sangre cuyos glóbulos rojos no tienen aglutinógeno Rh.

En circunstancias normales, el plasma humano no posee aglutininas anti-Rh. Sin embargo, cuando una persona Rh⁻ recibe sangre Rh⁺, el cuerpo inicia la producción de tales aglutininas, que permanecerán en la sangre. En caso de que se practique más adelante una transfusión de sangre Rh⁺ a la misma persona, las aglutininas anti-Rh previamente formadas causarán aglutinación y hemólisis de los glóbulos rojos de la sangre donada, y puede producirse una reacción grave.



Enfermedad hemolítica del recién nacido

Es conocida también como eritroblastosis fetal. Normalmente no existe contacto directo entre la sangre materna y la fetal mientras la mujer está embarazada. Si una pequeña cantidad de sangre Rh⁺ del feto se filtra a través de la placenta, hacia la circulación de una madre Rh⁻,

Figura 8.22. La enfermedad hemolítica del recién nacido se produce cuando los anticuerpos anti-Rh maternos atraviesan la placenta, ingresan en la circulación del feto y causan hemólisis de sus glóbulos rojos.

ésta comenzará a producir anticuerpos anti-Rh. La mayor probabilidad de contacto de la sangre fetal con la circulación materna ocurre durante el parto, el primer hijo no suele estar afectado, pero si la madre queda embarazada de nuevo, sus anticuerpos anti-Rh pueden atravesar la placenta e ingresar en la circulación del feto. Si el feto es Rh⁻, no habrá problema, porque la sangre Rh⁻ no posee antígeno Rh (esa proteína en la membrana de los glóbulos rojos, conocida como factor Rh). Por el contrario, si el feto es Rh⁺, puede producirse la aglutinación y hemólisis, por incompatibilidad materno-fetal. Esta enfermedad se presenta porque el padre es Rh⁺, la madre es Rh⁻ y los hijos heredan el factor Rh de su padre.

La inyección de anticuerpos anti-Rh llamados “gammaglobulina anti-Rh” (RhoGAM*) se debe administrar para prevenir la eritroblastosis fetal, poco después de cada parto o aborto (antes de que transcurran 24 horas). Estos anticuerpos se unen e inactivan los antígenos Rh fetales, de esta manera se evita que el sistema inmunitario de la madre pueda responder a los antígenos.



Salud del aparato circulatorio

Al igual que otras enfermedades, es más fácil prevenir que curar las enfermedades cardiovasculares. Algunas medidas para prevenirlas incluyen ejercicio regular, una dieta balanceada y evitar el tabaquismo. El ejercicio, fortalece el músculo cardíaco, ayuda a reducir la grasa corporal y el estrés. Una dieta baja en grasas saturadas (mantecas), puede reducir el riesgo de sufrir enfermedades cardíacas. Los niveles elevados de grasa y colesterol en la sangre aumentan la probabilidad de formar depósitos en las paredes arteriales. Este proceso se inicia en la infancia y se empeora con la edad.

Actividad de laboratorio



Realizar las siguientes actividades:

Actividad 4 “Corazón humano” que se encuentra en la p. 294.

Actividad 5 “Células sanguíneas” que se encuentra en la p. 296.

Actividad 6 “Tipo sanguíneo y factor Rh” que se encuentra en la p. 299.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. El aparato circulatorio consta de _____, una serie de _____ y _____ que fluye por ellos.
2. La _____ es la formación de células sanguíneas en la _____.
3. Los glóbulos rojos son discos _____ que carecen de _____ y contienen _____.
4. La sangre está compuesta por _____ y los _____ que son: _____, _____ y _____.
5. La coagulación de la sangre se debe a las _____ del plasma y a unos fragmentos celulares llamados _____.
6. La sangre fluye a través de la circulación pulmonar de: aurícula derecha → _____ → _____ → capilares pulmonares → _____ → _____.
7. Los tipos de sangre son: _____, _____, _____ y _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

8. La presión sanguínea es la presión ejercida por la sangre sobre las paredes de una arteria. ()
9. En la coagulación sanguínea: trombina → protrombina; fibrinógeno → fibrina ()
10. El método más importante de intercambio capilar es la difusión simple. ()

Contesta las siguientes preguntas:

11. ¿Cuál es la función del corazón?

12. El ventrículo izquierdo es más grueso que el derecho. Considerando la función de cada uno, ¿podrías explicar por qué?

13. ¿Cuál es la función de las válvulas cardíacas?

14. ¿En qué lado del corazón encontramos glóbulos rojos ricos en oxígeno?

15. ¿Qué vasos sanguíneos entregan sangre en las aurículas derecha e izquierda?

16. ¿Cómo se distingue la sangre arterial de la sangre venosa?

17. ¿Cuáles son las diferencias entre arterias y venas?

18. ¿Qué sucede en los vasos capilares?

19. ¿Dónde puede palpase o tomarse el pulso?

20. ¿Qué significa taquicardia?

21. ¿Cuál es el tamaño, apariencia microscópica y funciones de los glóbulos rojos?

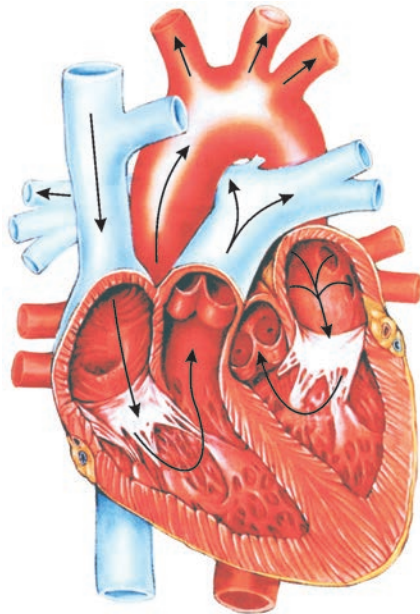
22. ¿Qué precauciones se deben tomar antes de realizar una transfusión sanguínea?

Elige la opción correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

23. Los vasos sanguíneos que transportan sangre desde el corazón son:
- a) Arterias
 - b) Senos
 - c) Capilares
 - d) Venas
 - e) Arteriolas y vénulas
24. Las cavidades inferiores del corazón son:
- a) Las aurículas
 - b) Los atrios
 - c) Los septos
 - d) Los ventrículos
 - e) Los miocardios
25. La válvula situada entre la aurícula y el ventrículo derechos es la:
- a) Mitral
 - b) Semilunar
 - c) Tricúspide
 - d) Pulmonar
 - e) Aórtica
26. La sangre que sale del corazón hacia el cuerpo, pasa por un gran vaso sanguíneo llamado:
- a) Arteria pulmonar
 - b) Aorta
 - c) Vena cava superior
 - d) Vena cava inferior
 - e) Vena pulmonar
27. ¿Qué células pueden proteger al cuerpo fagocitando células extrañas o produciendo anticuerpos?
- a) Plaquetas
 - b) Glóbulos rojos
 - c) Glóbulos blancos
 - d) Células plasmáticas
 - e) Trombocitos

Rotula la siguiente figura:

28. Señala las siguientes partes del corazón aurícula derecha e izquierda, ventrículo derecho e izquierdo, aorta, arteria pulmonar, venas cavas, venas pulmonares y válvula mitral.



Aplicación de conceptos

29. ¿Qué secuencia de vasos sanguíneos y cavidades cardiacas atravesará una gota de sangre durante su trayecto desde la vena cava inferior hasta la aorta?

30. ¿Por qué los tejidos metabólicamente activos poseen un gran número de capilares?

31. ¿Qué ocurriría si se formara un coágulo de sangre dentro del aparato circulatorio y obstruyera un vaso sanguíneo importante?

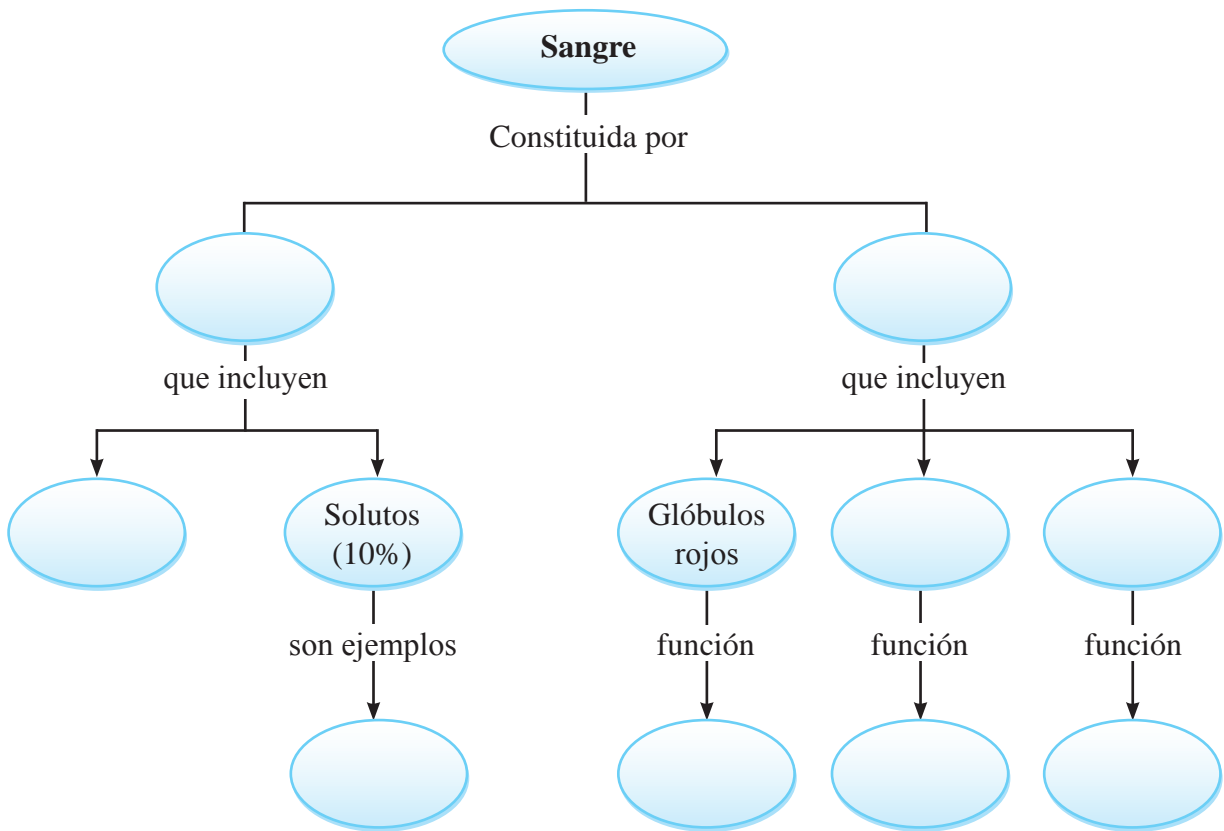
32. ¿Por qué una persona con anemia puede sentir fatiga?

33. ¿Por qué las arterias, a diferencia de las venas, no poseen válvulas?

34. ¿Por qué una persona con tipo de sangre O es considerada donador universal?

Construye y aprende

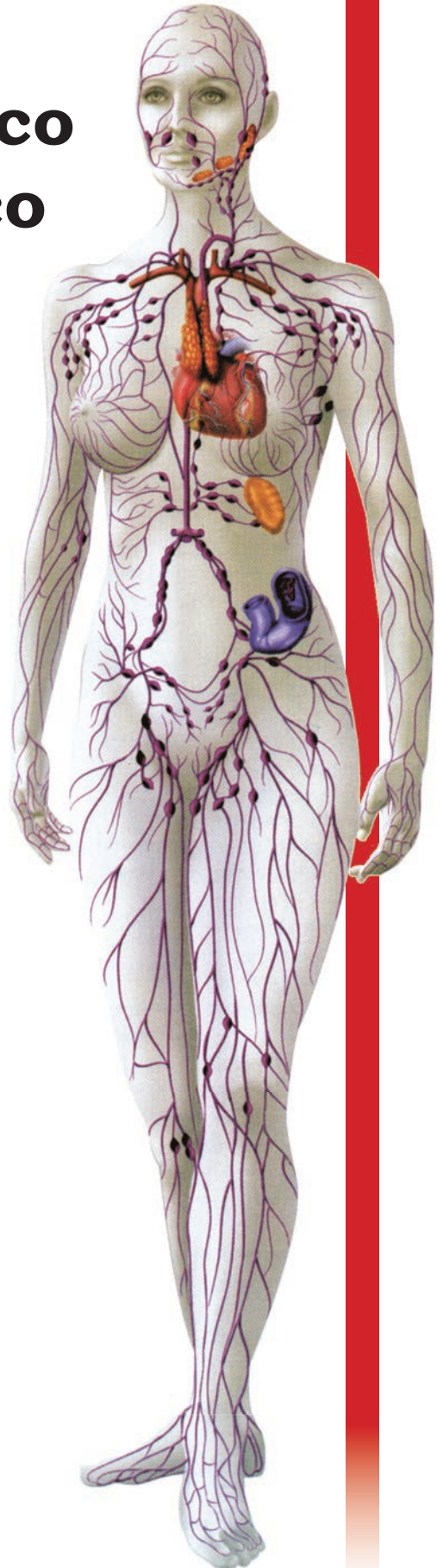
35. Completa el siguiente mapa conceptual sobre los componentes de la sangre. Observa que se incluye información sobre las funciones de los distintos componentes.



NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

9

Sistema linfático / inmunológico



Introducción

A pesar de que constantemente estamos expuestos a una amplia variedad de microorganismos patógenos (causantes de enfermedades), la mayoría nos mantenemos saludables. ¿Cuál es la razón?

La razón es que nuestro cuerpo tiene un sistema protector, el sistema inmunológico que nos protege contra las enfermedades producidas por los patógenos. Estos últimos incluyen ciertos virus, bacterias, hongos y protozoarios, que entran en el cuerpo con el aire, la comida y el agua, durante el coito o relación sexual y a través de heridas en la piel.

El sistema inmunológico incluye dos mecanismos de defensa contra las infecciones: las defensas no específicas y las defensas específicas. Las defensas no específicas evitan que la mayoría de los patógenos entre en el cuerpo y destruya rápidamente a los que consiguen atravesar las defensas externas como la piel. Mientras que las defensas específicas actúan sobre los patógenos que han logrado pasar a través de las defensas no específicas del cuerpo mediante la activación de células especializadas (linfocitos). En este punto cabe mencionar la estrecha relación que guardan los sistemas linfático e inmunológico ya que el primero de ellos es el sistema responsable de la respuesta específica que lleva a cabo parte de la maduración de los linfocitos, además de que todos sus órganos están constituidos por tejido linfático.

Enseguida describiremos brevemente el sistema linfático para después continuar con el sistema inmunológico.

Sistema linfático

El **sistema linfático** está compuesto por un líquido llamado **linfa**, los vasos por los que circula, llamados **vasos linfáticos**, y diversos órganos formados por tejido linfático como los **ganglios linfáticos**, el **timo**, el **bazo** y las **amígdalas**. También está la médula ósea roja, que da origen a los distintos tipos de células sanguíneas incluidas los linfocitos. El tejido linfático es un tipo de tejido conectivo que contiene un gran número de linfocitos.

El sistema linfático tiene tres funciones:

- ❖ Colecta el exceso de líquido intersticial. Los vasos linfáticos colectan el exceso de líquido intersticial (líquido que rodea a las células) desde los espacios tisulares y los devuelve a la sangre.
- ❖ Transporte de los lípidos de la dieta. Los vasos linfáticos se encargan del transporte de los lípidos que se absorben desde el tubo digestivo hacia el torrente sanguíneo.

- ❖ Generación de la respuesta inmunitaria. Activa respuestas inmunitarias que defienden al cuerpo contra microorganismos patógenos. Esta función será descrita en el sistema inmunológico.

Linfa

La **linfa** es el “líquido claro”, pálido amarillento, que se encuentra en los vasos linfáticos. Solamente la linfa que se absorbe desde el intestino delgado tiene un aspecto blanquecino y cremoso, por la presencia de lípidos provenientes de los alimentos. Esta linfa se denomina **quilo**.

Como ya sabes, la sangre no fluye al interior de los espacios tisulares, sino que permanece dentro de los vasos sanguíneos. Sin embargo, algunos componentes del plasma sí atraviesan las paredes de los capilares y, una vez fuera de éstos, forman el llamado **líquido intersticial** (tisular). Este es en lo esencial similar a la linfa y la diferencia principal entre ellos es su ubicación. Se llama líquido intersticial al que baña las células. Cuando este líquido que baña a las células entra a los vasos linfáticos y en los tejidos linfáticos se llama **linfa**.

La composición del líquido intersticial y la linfa es semejante a la del plasma. La diferencia química principal radica en que contienen menos proteínas que el plasma dado que las grandes moléculas proteicas no pasan fácilmente por las células que forman las paredes de los capilares.

Vasos linfáticos

Los **vasos linfáticos** se originan como microscópicos tubos de extremo cerrado, en los espacios entre las células. Estos tubitos se llaman **capilares linfáticos** y están distribuidos en la mayoría de las regiones del cuerpo.

Los capilares linfáticos tienen un diámetro ligeramente mayor que el de los capilares sanguíneos y presentan una estructura única que le permite al líquido intersticial ingresar en ellos, pero no retornar al espacio intersticial. Los extremos de las células endoteliales se superponen. Cuando la

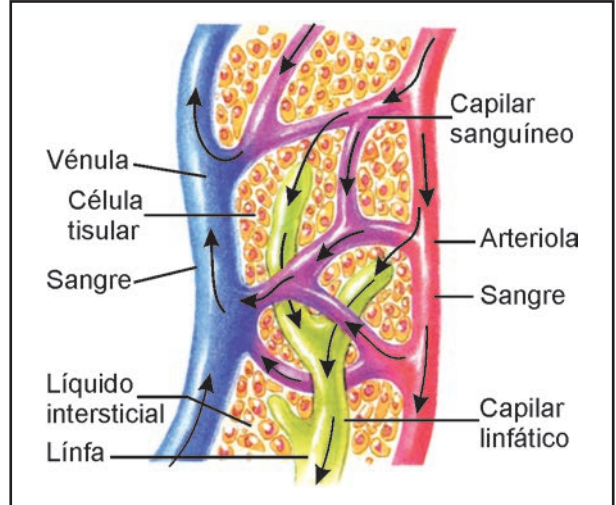


Figura 9.1. Relación de los capilares linfáticos (de color verde) con las células tisulares (de color naranja) y los capilares sanguíneos (de color morado).

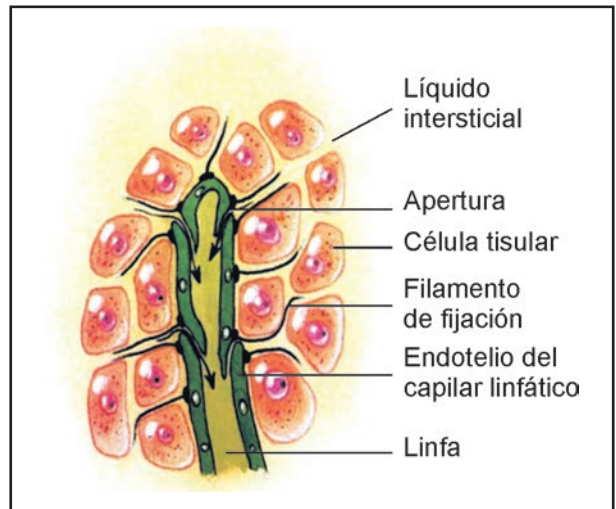


Figura 9.2. Detalles de un capilar linfático. Observa las aperturas que tiene en su endotelio.

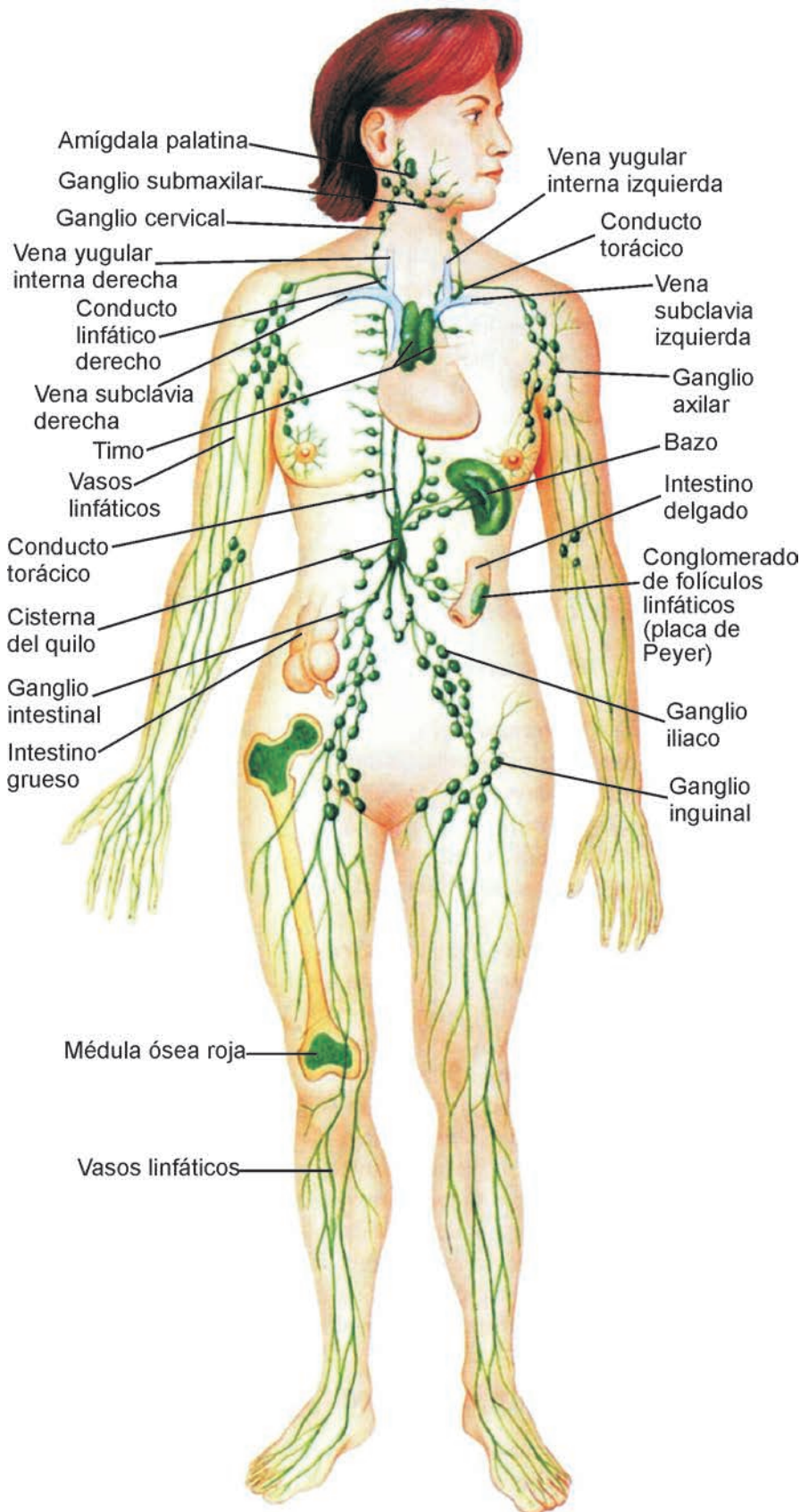


Figura 9.3. Vista anterior de los componentes del sistema linfático.

presión del líquido intersticial es mayor que la de la linfa, las células se separan levemente, permitiendo que el líquido intersticial ingrese en ellos. Cuando la presión en el interior de los capilares linfáticos aumenta, las células endoteliales se adhieren más fuertemente entre sí, evitando la salida de la linfa hacia el espacio intersticial (espacio entre las células).

A semejanza de los capilares sanguíneos, los capilares linfáticos se unen y dan origen a vasos linfáticos de calibre cada vez mayor. Estos últimos guardan semejanza con las venas en su estructura, con tres excepciones: tienen pared más delgada, poseen más válvulas y poseen ganglios linfáticos que se encuentran situados a intervalos en su trayecto.

Finalmente, los vasos linfáticos convergen en dos conductos principales: el **conducto linfático derecho**, y el **conducto torácico**.

Ganglios linfáticos

Los **ganglios linfáticos** son pequeños órganos ovales localizados en el trayecto de los vasos linfáticos. Existen en el cuerpo alrededor de 600 ganglios linfáticos que miden entre 1 y 25 mm de longitud cada uno. Con pocas excepciones, los ganglios linfáticos se disponen en grupos en determinadas áreas: cerca de las glándulas mamarias, axilas e ingles hay grandes grupos de ganglios.

Los ganglios linfáticos actúan como una especie de filtro. A medida que la linfa ingresa por los vasos linfáticos aferentes, las bacterias y otros microorganismos patógenos son destruidos por las células que lo constituyen. La linfa ya filtrada, libre de microorganismos, abandona el ganglio linfático por medio de uno o dos vasos linfáticos eferentes, los cuales son más anchos pero menos numerosos que los linfáticos aferentes. Cuando se acumula gran cantidad de microorganismos en los ganglios linfáticos, aumentan de tamaño, es decir, se inflaman. Esto suele suceder durante una infección.

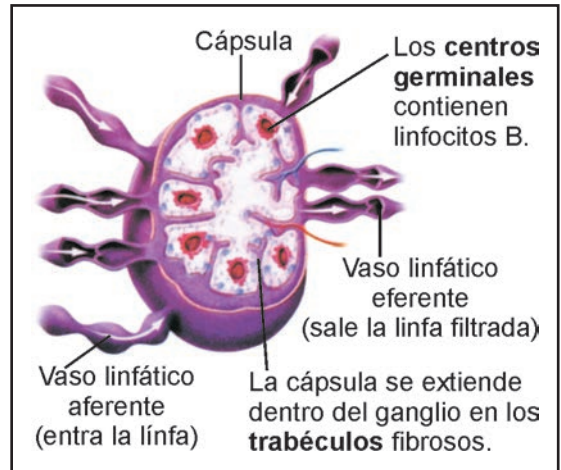


Figura 9.4. Corte longitudinal de un ganglio linfático que muestra su estructura interna.

Amígdalas

Las **amígdalas** son básicamente masas de tejido linfático situadas bajo el revestimiento de la cavidad oral y la garganta. Ayudan a proteger el sistema respiratorio de infecciones, destruyendo bacterias y materia extraña que entran al cuerpo por boca o nariz.

En el cuerpo existen cinco amígdalas:

- ❖ Amígdala faríngea, localizada en la pared posterior de la nasofaringe.
- ❖ Par de amígdalas palatinas, situadas en la parte posterior de la cavidad bucal, una a cada lado. Son las que comúnmente se extirpan en la amigdalectomía (escisión de una o ambas amígdalas).
- ❖ Par de amígdalas linguales, ubicadas en la base de la lengua; también suelen extirparse con la operación anteriormente mencionada.

Bazo

El **bazo** es la masa de tejido linfático más grande del cuerpo, de forma oval, mide unos 12 cm de longitud. Se encuentra localizado detrás del estómago y tie-

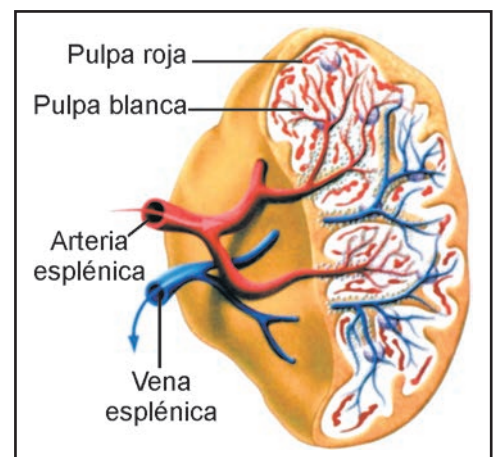


Figura 9.5. Corte longitudinal del bazo.

ne dos tipos de tejido: la pulpa roja que es abundante en glóbulos rojos y la pulpa blanca que forma pequeñas masas de linfocitos. Además, fagocita bacterias, glóbulos rojos y plaquetas desgastados. El bazo ayuda a limpiar la sangre destruyendo bacterias y otros microorganismos por fagocitosis, también elimina células sanguíneas y plaquetas defectuosas y es el almacén de hasta una tercera parte de las plaquetas del organismo.

Timo

El **timo** es un órgano que se localiza entre el esternón y la arteria aorta. En los lactantes, el timo es grande, con una masa aproximada de 70 g. Después de la pubertad, el tejido del timo comienza a atrofiarse ya que se inicia su remplazo por tejido adiposo (graso). En la etapa adulta, ya se ha atrofiado considerablemente pues llega a pesar 3 g en los ancianos.

En el timo se lleva a cabo el proceso de maduración de los linfocitos T (células T). Las células T, maduras, salen del timo a través de la sangre y migran hacia los ganglios linfáticos, bazo y otros tejidos linfáticos donde colonizan parte de estos órganos y tejidos. También produce hormonas tímicas como la timosina, que participa en la maduración de las células T.

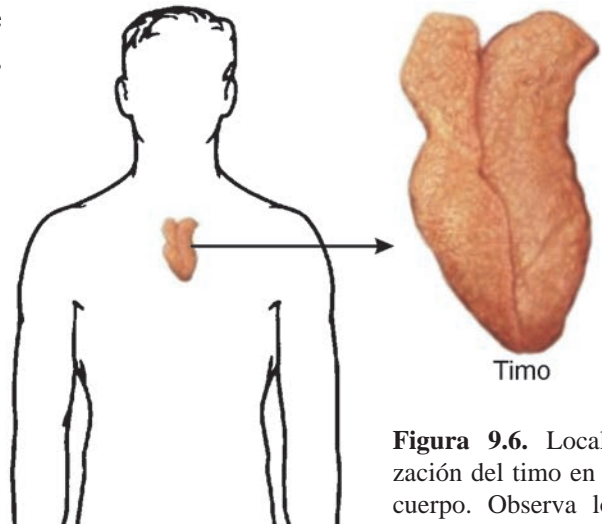


Figura 9.6. Localización del timo en el cuerpo. Observa los dos lóbulos que lo constituyen.

Sistema inmunológico

La función del **sistema inmunológico** o **inmunitario** es combatir infecciones mediante la producción de células que destruyen sustancias o células extrañas. Este proceso se llama **inmunidad**. El sistema inmunológico está constituido por un conjunto de muchos tipos de células y tejidos dispersos por todo el cuerpo. Uno de los mayores logros de los inmunólogos ha sido el desarrollo de vacunas que previenen una serie de enfermedades. Otro ha sido el desarrollo de técnicas para que el trasplante de tejidos y órganos tenga éxito. La capacidad que tiene una persona para mantenerse libre de infección depende tanto de sus **defensas no específicas** como de las **defensas específicas**.

Defensas no específicas

Las defensas no específicas (innatas o naturales) se encuentran presentes desde el momento del nacimiento y confieren protección inmediata y general contra microorganismos patógenos,

parásitos, algunas toxinas, medicamentos y contra las células cancerosas. Estas defensas incluyen las barreras físicas y químicas.

La primera línea de defensa

La primera línea de defensa tiene como función mantener a los patógenos fuera del cuerpo, de esto se encargan barreras físicas como la piel y químicas como el moco, el sudor y las lágrimas, entre otros.

La **piel** es la primera línea de defensa o defensa no específica más importante del cuerpo. Proporciona una formidable barrera física natural entre el cuerpo y el material extraño; además, la descamación periódica de las células epidérmicas ayuda a remover los microorganismos adheridos a la superficie externa de la piel. Si esta superficie sufre lesiones como cortes, quemaduras, punciones, entonces es posible el ingreso de los patógenos a través de la epidermis. Además, las glándulas sebáceas y sudoríparas de la piel producen un medio ácido que mata a muchas bacterias.

La capa epitelial de las **mucosas** que recubre las cavidades corporales secreta un líquido viscoso llamado **mucus (moco)**, que lubrica y humecta la superficie de dichas cavidades. La consistencia viscosa del mucus permite atrapar microbios y sustancias extrañas, y contiene una sustancia llamada mucina, que destruye químicamente a los microorganismos.

Muchos microorganismos penetran al organismo y causan enfermedad cuando las mucosas se encuentran lesionadas, como es el caso del VIH causante del SIDA, y de *Mycobacterium leprae*, el bacilo causante de la lepra. En el caso del virus de la influenza, provoca la lesión que le permite atravesar el epitelio y penetrar al organismo.

En la mucosa que tapiza la nariz existen **vellosidades** recubiertas de **mucus** que filtran y atrapan microbios, polvo y contaminantes en el aire inhalado. En la mucosa que recubre el tracto respiratorio superior se observan **cilios** (proyecciones microscópicas con aspecto de pelo). El movimiento de barrido de estos cilios hace que el polvo inhalado y los microorganismos atrapados en el moco sean propulsados hacia la garganta.

La **tos**, junto con los **estornudos**, acelera el movimiento del moco y sus patógenos atrapados son expulsados hacia afuera del organismo.

Las **lágrimas** limpian los ojos y contienen la enzima lisozima que destruye la pared celular de muchas bacterias. También, se encuentra la lisozima en la saliva, sudor, secreciones nasales y líquidos tisulares.

El **parpadeo** distribuye las lágrimas sobre la superficie del globo ocular. Los oídos están protegidos por **secreciones cerosas** donde quedan atrapados los materiales extraños.

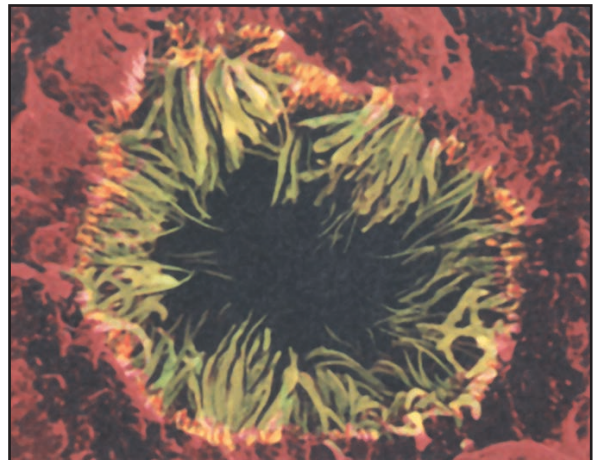


Figura 9.7. Fotografía que nos muestra cómo el interior de la tráquea está cubierta de cilios (de color verde) que dirigen las impurezas al exterior.

Los microorganismos que entran con el alimento generalmente son destruidos por el **jugo gástrico**, barrera química muy eficaz por su elevada acidez (pH de 1.2 a 3).

La **acidez de la orina** contribuye a la actividad antimicrobiana del sistema urinario. La limpieza de la uretra gracias al **flujo urinario**, retarda la colonización del sistema urinario.

Las **secreciones vaginales** barren los microbios en el cuerpo femenino. Además, como son ligeramente, ácidas evitan el desarrollo bacteriano.

También a través del **vómito** y la **diarrea** se pueden eliminar microorganismos. En respuesta a una infección microbiana, el músculo liso del tracto gastrointestinal inferior se contrae fuertemente dando como resultado la diarrea.

La segunda línea de defensa

Cuando los patógenos logran atravesar las barreras físicas y químicas, se enfrentan a una segunda línea de defensa como lo son las **proteínas antimicrobianas, fagocitos, células NK, inflamación y fiebre**.

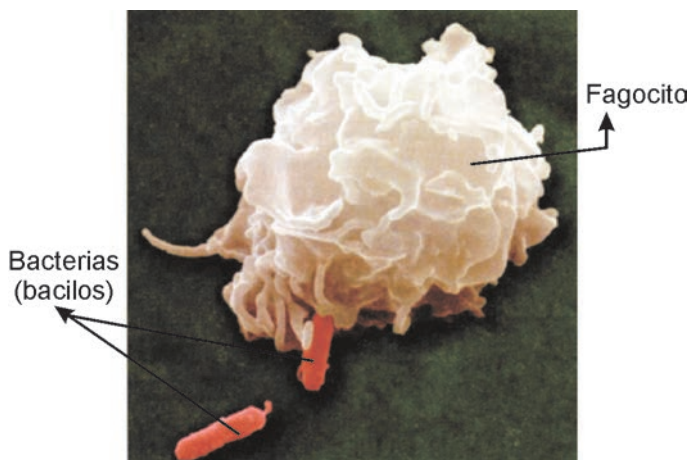


Figura 9.8. Microfotografía de un fagocito (glóbulo blanco) englobando un bacilo aumentado 1800 X.

Las tres clases de proteínas antimicrobianas (inhiben el crecimiento de los microorganismos) principales son: **interferones, complemento y transferrinas**, se encuentran en la sangre y en el líquido intersticial.

Los **interferones** son producidos por los linfocitos, los macrófagos (eran monocitos) y fibroblastos (eran células del plasma) infectados por virus. Esto sucede de la siguiente manera: cuando los virus entran en el organismo, las células infectadas con virus (linfocito, macrófago y fibroblasto) producen un grupo de proteínas que ayudan a otras células a resistir la infección viral. Los científicos llaman inter-

ferones a estas proteínas, porque “interfieren” con la replicación del virus.

El **complemento** son proteínas que provocan la citólisis (destrucción) de los microbios, promueve la fagocitosis y contribuye a la respuesta inflamatoria.

Las **transferrinas** son proteínas fijadoras de hierro que inhiben el crecimiento de ciertas bacterias al disminuir la cantidad de hierro disponible para su crecimiento normal.

Cerca del 5 a 10% de los linfocitos sanguíneos corresponden a las **células NK** (natural killer), también se encuentran en el bazo, ganglios linfáticos y médula ósea roja. Las células NK son capaces de destruir una amplia variedad de células infectadas y ciertas células tumorales, y atacan a cualquier célula del organismo que contenga en su membrana proteínas extrañas.

Cuando se produce una infección, los **fagocitos** (neutrófilos y macrófagos), migran hacia el área infectada ya que son células especializadas que ingieren microorganismos y restos de células, es decir, llevan a cabo el proceso de fagocitosis. Un neutrófilo puede fagocitar unas 20 bacterias antes de perder su capacidad fagocítica y de morir.

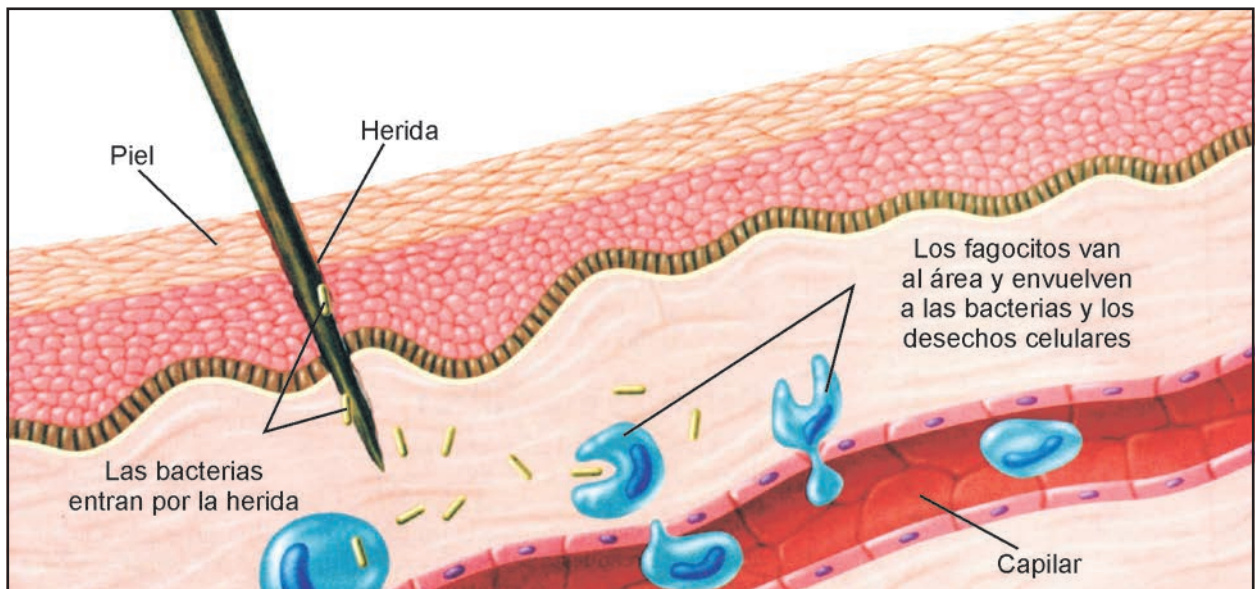


Figura 9.9. Dibujo en el que se muestra que cuando las bacterias entran al cuerpo, los fagocitos que viajan en la sangre dentro del capilar sanguíneo (a la derecha del dibujo), atraviesan el endotelio, es decir la pared del capilar sanguíneo, por medio de diapédesis, se desplazan hacia el área infectada y fagocitan a las bacterias (a la izquierda del dibujo).

La **inflamación** es una respuesta defensiva del organismo ante una lesión tisular. Siempre que un tejido se daña, las células afectadas liberan materiales que atraen a los neutrófilos (fagocito) de la corriente sanguínea, se incrementa la permeabilidad capilar y se acumula líquido en los espacios de los tejidos. Como resultado, la región se enrojece, presenta dolor, se calienta y presenta edema (se hincha). La respuesta inflamatoria es una reacción defensiva no específica al daño en el tejido causado por una lesión (quemadura, piquete, cortada, radiaciones, invasiones virales o bacterianas). La inflamación es un intento de eliminar los microorganismos, toxinas o sustancias extrañas presentes en el sitio de la lesión; impedir la diseminación hacia otros tejidos y preparar al sitio de lesión para el proceso de reparación tisular (de los tejidos).

La **fiebre** es la temperatura corporal anormalmente elevada. Muchas enfermedades infecciosas se acompañan de fiebre. La fiebre es mediada por unos polipéptidos llamados pirógenos, que son liberados por los neutrófilos. Cuando los microorganismos son capturados y destruidos por los neutrófilos, estos liberan pirógenos y viajan por la sangre hasta los centros termorreguladores del hipotálamo, donde se inicia la producción de fiebre. Los microorganismos pueden ser sensibles al incremento en la temperatura impidiendo la producción de toxinas. La elevación de la temperatura incrementa la velocidad de las reacciones que contribuyen a la reparación de los tejidos; también aumenta la frecuencia cardíaca, de esta manera, los fagocitos llegan más rápido al lugar de la infección.

Los neutrófilos fagocitan, destruyen los materiales extraños, especialmente bacterias, y limpian los residuos de las células dañadas. Algunos neutrófilos mueren por este proceso fagocítico, pero otros sobreviven. La mezcla de células muertas, bacterias y neutrófilos que se acumulan en el lugar, constituyen el **pus**.

Defensas específicas

Si un patógeno vence las defensas no específicas, el sistema inmunológico reacciona con una serie de defensas específicas que atacan al agente patógeno particular. Estas defensas se llaman **respuesta inmunológica**. Una sustancia que activa esta respuesta se conoce como **antígeno**. Pueden actuar como antígenos las proteínas, los polisacáridos, los lípidos, los ácidos nucleicos, los virus, las bacterias, los protozoarios y los hongos.

Las respuestas inmunológicas específicas se producen contra antígenos concretos mediante la producción de anticuerpos, que son proteínas muy específicas que reconocen y se unen a antígenos también específicos. Un anticuerpo tiene forma de **Y**, y posee dos sitios idénticos para la unión del antígeno. La forma del sitio de unión permite que el anticuerpo reconozca a un antígeno específico que tenga la forma complementaria, para unirse a él. Se calcula que un adulto sano puede producir 100 millones de tipos diferentes de anticuerpos.

En el sistema inmunológico de nuestro organismo existen dos tipos de células que reconocen antígenos específicos, estas son: los linfocitos B, conocidos como **células B** y los linfocitos T, conocidos como **células T**.

Las células B dan inmunidad contra antígenos y patógenos en los **fluidos corporales**; por llevarse a cabo en estos fluidos corporales recibe el nombre de **inmunidad humoral**.

Las células T defienden contra células anormales y patógenos dentro de las células vivas, por lo que este proceso se llama **inmunidad celular**.

Inmunidad humoral

Cuando algún patógeno invade el organismo, una pequeña fracción de las células B (formadoras de anticuerpos) reconoce sus antígenos. Estas células crecen y se dividen con rapidez para producir gran cantidad de **células plasmáticas** y **células B de memoria**.

Las células plasmáticas liberan anticuerpos en la circulación sanguínea, estos anticuerpos se unen a los antígenos neutralizándolos o marcándolos para su destrucción, y así combaten al patógeno que causa la infección. Cuando los anticuerpos vencen la infección, las células plasmáticas mueren y, por lo tanto, ya no producen anticuerpos.

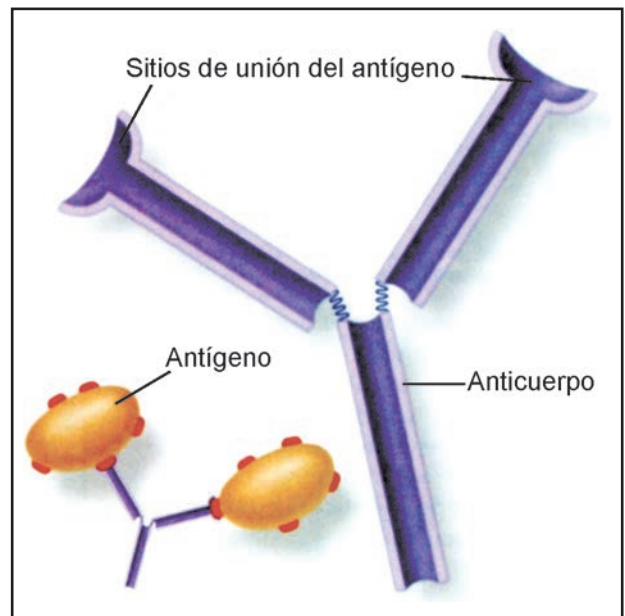


Figura 9.10 Dibujo que nos representa la estructura de un antígeno y de un anticuerpo.

El organismo que ha sido expuesto a un patógeno conserva millones de células B de memoria (ver figura 9.11). Si el mismo antígeno invade el organismo por segunda vez, las células B de memoria se dividen rápidamente y forman nuevas células plasmáticas que producen los anticuerpos específicos necesarios para destruir al patógeno.

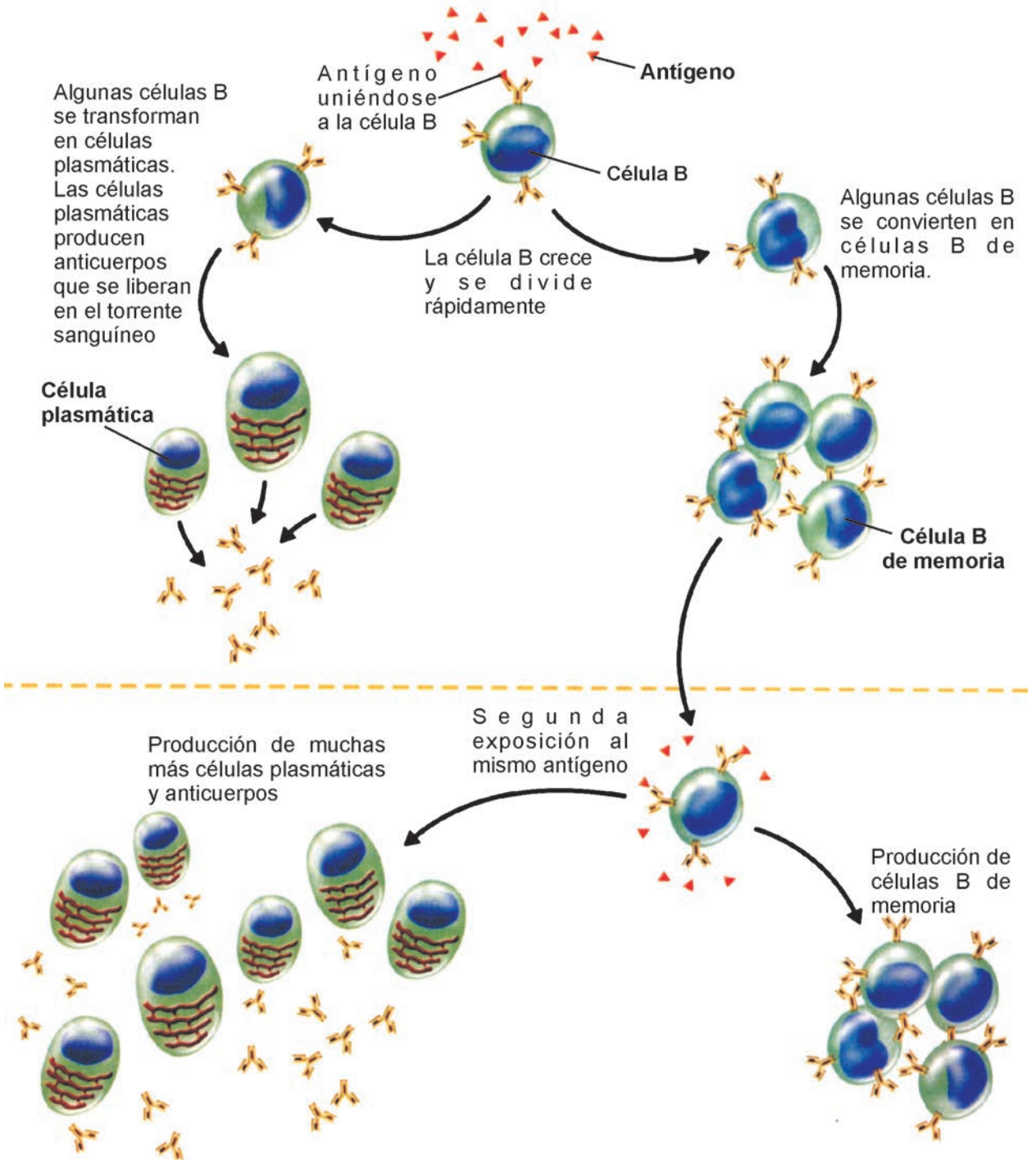


FIGURA 9.11. Inmunidad humoral. Cuando el organismo es invadido por un patógeno, tiene la capacidad de producir anticuerpos específicos para ese patógeno. La respuesta a una segunda infección causada por el mismo patógeno es mucho más rápida.

Inmunidad celular

Cuando los virus u otros patógenos (bacterias, hongos, protozoarios) entran en las células vivas, los anticuerpos no pueden destruirlos por sí solos, entonces, las células T se dividen y se diferencian en: células T asesinas (citotóxicas), células T cooperadoras, células T supresoras y células T de memoria.

Las células T asesinas localizan y destruyen al patógeno y tejido extraño (células anormales) que contenga el antígeno. Las células T cooperadoras producen células T de memoria y estas células, al igual que las células B de memoria, causarán una respuesta secundaria si el mismo antígeno, por segunda vez, vuelve a entrar en el organismo. Una vez que el patógeno está controlado, las células T supresoras liberan sustancias químicas que interrumpen la acción de las células T asesinas.

Tanto las células B como las T se desarrollan a partir de células madre de la médula ósea roja. Las células B terminan su desarrollo en la médula ósea del adulto. Mientras que las células T maduran en el timo (de donde deriva la T de su nombre). Diariamente la médula ósea roja produce millones de células B.

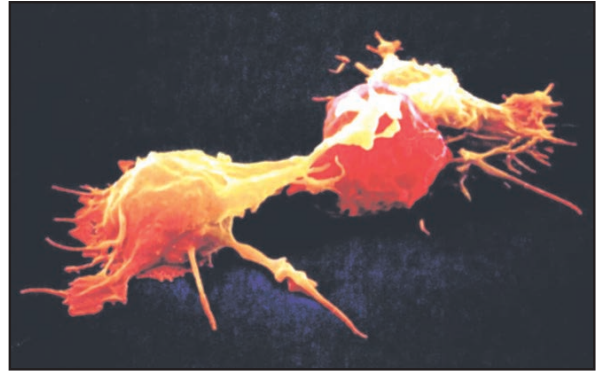


Figura 9.12. El organismo reconoce las células cancerosas como cuerpos extraños y trata de destruirlas. Esta micrografía de barrido muestra dos células T asesinas (amarillas) que ataca a una célula cancerosa.



Trasplantes

Como ya viste, las células T asesinas son muy útiles para el sistema inmunológico, pero dificultan la aceptación de trasplantes de órganos. Cuando es trasplantado un órgano en el cuerpo, el sistema inmunológico lo reconoce como un cuerpo extraño y lo ataca hasta destruirlo. Este proceso se conoce como rechazo. Para evitar el rechazo de órganos, los médicos buscan a un donante que tenga los marcadores celulares (proteínas en la superficie de las células, que permiten que el sistema inmunológico reconozca las células) casi idénticos a los marcadores celulares del receptor. Una vez que ya ha sido trasplantado un órgano, el receptor debe tomar medicamentos por el resto de su vida para suprimir la respuesta inmunológica celular.

Inmunidad adquirida

Es la resistencia específica que el organismo ha adquirido mediante la **inmunidad activa** y la **inmunidad pasiva**.

Inmunidad activa

En este tipo de inmunidad, el organismo produce sus propios anticuerpos, en respuesta a un antígeno. Esta inmunidad es producida por la reacción del organismo a una **vacuna**. La inyección de una forma debilitada o atenuada de un patógeno para producir inmunidad, se denomina **vacunación**.

La primera vacuna fue preparada en 1796 por el médico británico Edward Jenner contra la vaccinia o viruela bovina. Jenner observó que las vacas desarrollaban una enfermedad moderada de viruela, cuyas lesiones mayores se localizaban en las ubres y que las personas que las ordeñaban, se infectaban y desarrollaban una forma benigna de la enfermedad localizada en las manos. También observó que estos ordeñadores que ya habían padecido la vaccinia, eran muy resistentes a la viruela humana, una enfermedad con un alto índice de mortalidad.

Jenner realizó un arriesgado experimento que consistió, primero, en sacar linfa de una pústula de la mano de una ordeñadora y la puso en una herida que hizo en el brazo de un niño, el cual desarrolló una ligera infección de vaccinia. Dos meses después, le inyectó al mismo niño linfa de una pústula de viruela. El niño no desarrolló la viruela humana. ¿Qué fue lo que sucedió? La respuesta es la siguiente: las dos enfermedades tanto la viruela bovina como la humana son causadas por virus muy parecidos, por lo que los anticuerpos formados contra la viruela bovina pueden defender al organismo contra la viruela humana.

En la actualidad, las vacunaciones previenen más de 20 enfermedades humanas graves. Al igual que la vacuna de Jenner, las vacunaciones modernas estimulan al sistema inmunológico para producir millones de células plasmáticas que liberan tipos específicos de anticuerpos.

La inmunidad activa, además de la vacunación, también puede desarrollarse por la **exposición natural a un antígeno** (al combatir una infección). Esto fue lo que sucedió con los ordeñadores de las vacas enfermas de viruela bovina.

Inmunidad pasiva

Esta inmunidad se desarrolla al inyectar en el torrente sanguíneo de una persona **anticuerpos producidos por otros organismos**, contra un patógeno. El suero que contiene estos anticuerpos puede obtenerse de otras personas o de animales. La inmunidad pasiva es “prestada” y sus efectos no son duraderos. Esta inmunidad dura sólo poco tiempo porque, conforme pasa este, el mismo organismo destruye a los anticuerpos pues son extraños para él. Así, el cuerpo queda temporalmente protegido contra las enfermedades.

Se administran anticuerpos para prevenir infecciones o enfermedades, por ejemplo, las personas que viajan a ciertas regiones del mundo reciben vacunas de anticuerpos antes de salir de su país. Si van a viajar a África, se les administra la vacuna que contiene anticuerpos contra enfermedades tropicales como la malaria. Las personas que sufren mordeduras de animales que padecen la rabia, reciben inyecciones de anticuerpos para atacar al virus que causa la rabia.

La inmunidad pasiva también puede desarrollarse de **manera natural**, tal el caso de los anticuerpos que produce la madre, estos pasan al feto durante su desarrollo (a través de la placenta) o después del nacimiento (a través de la leche materna). Esta inmunidad protege al bebé contra la mayoría de las enfermedades infecciosas durante los primeros meses de vida, si se amamanta al niño.

Trastornos del sistema inmunológico

Como habrás visto, el sistema inmunológico defiende de una gran diversidad de patógenos y

aunque esa es su función, se presentan tres diferentes tipos de trastornos en este sistema: alergias, enfermedades autoinmunes y enfermedades por inmunodeficiencia.

Alergias

Una **alergia** es la respuesta exagerada del sistema inmunológico ante un antígeno. Existen muchas personas que son alérgicas o hipersensibles al polen, al polvo, a hongos y al veneno de la picadura de abejas, avispas, alacranes, serpientes, etc. Los antígenos que causan las respuestas alérgicas se llaman **alergenos**. Otros alérgenos comunes son ciertos alimentos (leche, huevos, cacahuates), antibióticos (penicilina, tetraciclina) y algunos cosméticos. La figura 9.13 muestra algunos de los alergenos más comunes.

Cuando entran los alergenos al organismo, se unen a las células especializadas del sistema inmunológico, que inician la respuesta inflamatoria, estas células se llaman **mástil**. Una vez activadas, las células mástil liberan sustancias químicas conocidas como **histaminas**, estas, a su vez, aumentan el flujo de sangre y líquidos hacia el área circundante, además aumentan la producción de mucosidad en el sistema respiratorio. La mayor producción de mucosidad provoca estornudos, lagrimeo, secreción nasal y otras irritaciones que causan gran incomodidad a las personas con alergias. Las alergias se contrarrestan con medicamentos llamados **antihistamínicos**.

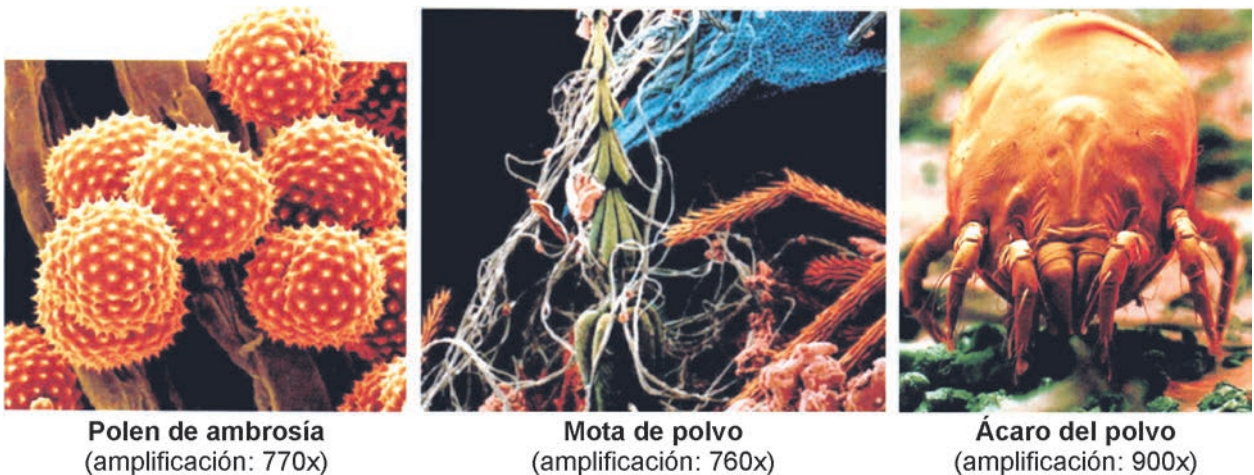


Figura 9.13. En estas micrografías electrónicas de barrido, puedes observar los alergenos a los que frecuentemente estamos expuestos: el polen de las plantas, una mota de polvo (constituida por restos de insectos, trozos de telaraña y otros desechos) y ácaros del polvo.

Enfermedades autoinmunes

Las enfermedades autoinmunes se presentan cuando el sistema inmunológico no reconoce y reacciona atacando mediante la producción de anticuerpos y células T los tejidos del propio organismo.

En las siguientes enfermedades autoinmunes veamos lo que sucede:

- ❖ En la diabetes tipo I, los anticuerpos atacan las células del páncreas productoras de insulina (islotos de Langerhans).
- ❖ En la artritis reumatoide, los anticuerpos atacan el tejido conectivo que rodea las articulaciones.
- ❖ En la esclerosis múltiple, los anticuerpos afectan a las neuronas del encéfalo y médula espinal.
- ❖ En la miastenia grave, los anticuerpos atacan las uniones neuromusculares.

Enfermedades por inmunodeficiencia

Pueden ser ocasionadas porque la ausencia o el fallo de alguno de los componentes del sistema inmunitario. Las enfermedades por inmunodeficiencia pueden ser heredadas o adquiridas. Las inmunodeficiencias heredadas tienen incidencia de un caso por cada 10 000 nacimientos. Un ejemplo, es el síndrome de DiGeorge, donde el timo está reducido o no existe y el paciente padece deficiencias de células T. Los niños nacidos con este síndrome son propensos a las infecciones virales graves.

A nivel mundial, la principal causa de inmunodeficiencia adquirida en niños, es la desnutrición por falta de proteína. La carencia de proteínas hace que disminuya el número de células T y la capacidad para producir anticuerpos.

También a nivel mundial la principal causa de inmunodeficiencia en adultos es el virus de inmunodeficiencia humana (VIH), causante del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). Otra causa importante de inmunodeficiencia adquirida es la quimioterapia administrada a los pacientes de cáncer, ya sea niños o adultos.



Figura 9.14. La esclerosis múltiple es un ejemplo de enfermedad autoinmune, donde los anticuerpos afectan los axones del nervio óptico, el cerebro y la médula espinal. Los síntomas incluyen problemas de equilibrio, coordinación motora y parálisis de las extremidades inferiores.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. La _____ contiene células madre que se diferencian en linfocitos.
2. Los linfocitos T, o _____, son responsables de la inmunidad mediada por _____. Mientras que los _____, o células _____, son responsables de la inmunidad por medio de _____.
3. La inmunidad _____ es producida cuando se aplica una vacuna.
4. La masa de tejido linfático más grande del organismo, formada por la pulpa blanca y la pulpa roja es _____.
5. _____ es un órgano bilobulado responsable de la maduración de las células T.
6. La primera línea de defensa inespecífica contra los patógenos son _____ y _____; la segunda línea de defensa inespecífica son _____, _____ y _____.
7. Las sustancias reconocidas como extrañas y que provocan una respuesta inmunitaria se conocen como _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

8. La fiebre es la temperatura anormalmente elevada. ()
9. Las células T son productoras de anticuerpos. ()
10. La piel es la defensa no específica más importante del cuerpo. ()

Contesta las siguientes preguntas:

11. ¿Quiénes constituyen el sistema linfático?

12. ¿Qué es un patógeno? Menciona algunos ejemplos.

13. ¿En qué se asemejan y en qué difieren el líquido intersticial y la linfa?

14. ¿Qué diferencias estructurales hay entre los vasos linfáticos y las venas?

15. ¿Cuál es la función del sistema inmunológico?

16. ¿Cuál es la función de los neutrófilos en la respuesta inflamatoria?

17. ¿Qué son los anticuerpos y cuál es su función en la respuesta inmunológica?

18. ¿Qué pasa en una enfermedad autoinmune?

19. ¿Qué es una alergia?

20. ¿Por qué es difícil que una persona con VIH combata las infecciones?

Elige la opción correcta para responder a la pregunta o para completar el enunciado:

21. Una proteína que ayuda a otras células a resistir un infección viral es:

- | | | |
|------------------|------------------|-----------------|
| a) La penicilina | b) La prednisona | c) La histamina |
| d) El interferón | e) Transferrina | |

22. Una reacción de defensa no específica a un daño de tejidos, causada por una lesión o infección se conoce como:

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| a) Inmunidad activa | b) Inmunidad pasiva |
| c) Respuesta inflamatoria | d) Inmunidad celular |
| e) Inmunidad humoral | |

23. Las células mástil liberan sustancias químicas llamadas:

- a) Histaminas
- b) Anticuerpos
- c) Antígenos
- d) Patógenos
- e) Marcadores

24. En la siguiente sopa de letras localiza algunas defensas no específicas. Anótalos abajo según sean físicas o químicas.

D	Q	W	T	O	S	E	R	T	Y	U	I
I	U	I	O	P	U	A	S	D	F	G	L
A	H	J	K	L	D	Ñ	Z	X	C	V	A
R	B	N	M	V	O	Q	A	Z	M	W	G
R	E	S	T	O	R	N	U	D	O	S	R
E	X	E	D	M	C	R	F	V	C	T	I
A	G	B	Y	I	H	N	U	J	O	I	M
M	K	O	L	T	P	P	Ñ	F	A	Y	A
V	E	L	L	O	S	I	D	A	D	E	S
Q	W	E	R	T	Y	E	U	I	O	P	G
L	A	T	K	L	D	L	Ñ	E	I	K	M

Físicas: _____

Químicas: _____

Aplicación de conceptos

25. ¿Explica por qué la vacuna contra la influenza previene la enfermedad?

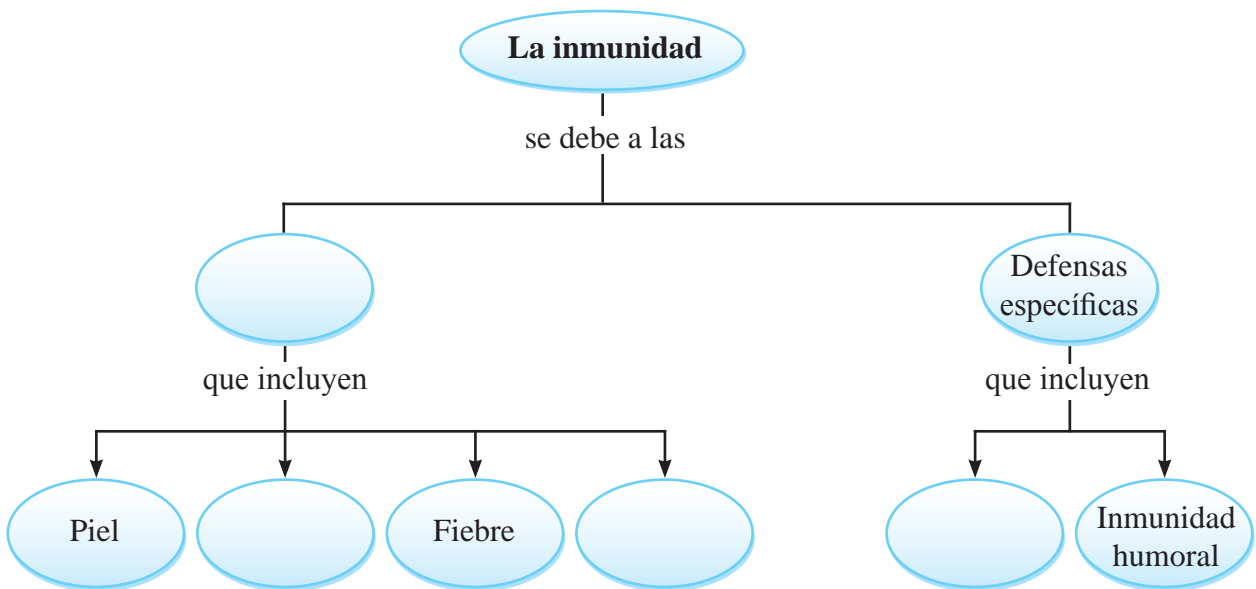
26. ¿Cómo podría beneficiar la fiebre a una persona enferma?

27. ¿Cómo se hacían las personas inmunes a una enfermedad antes del desarrollo de vacunas?

28. En 1796, Edward Jenner preparó una vacuna contra la viruela, pero antes de esto la probó en un niño. ¿Consideras justificado que Jenner utilizara a un niño como sujeto de una prueba experimental? Da argumentos que apoyen tu respuesta.

Construye y aprende

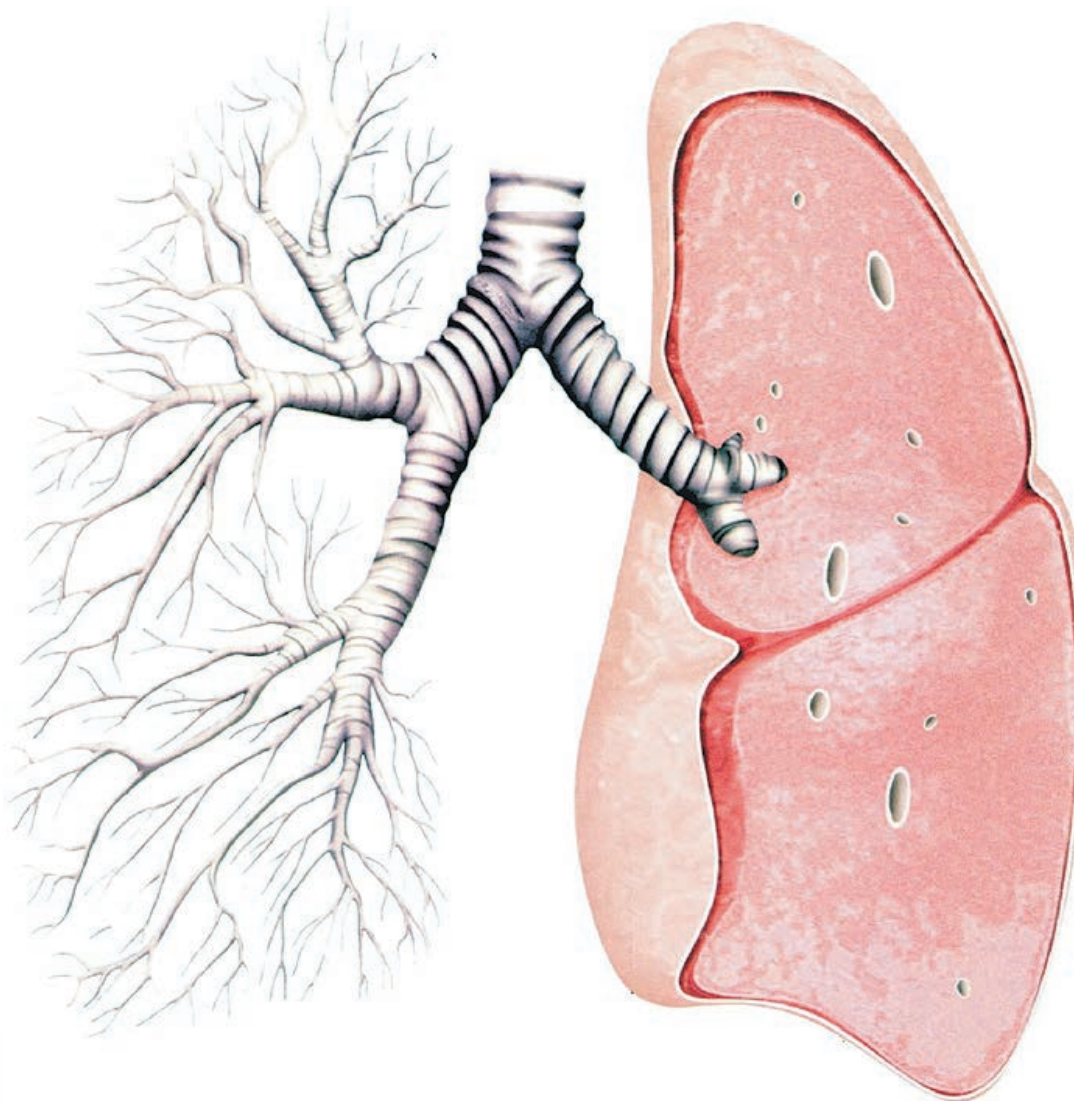
29. Completar el siguiente mapa conceptual.



NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

10

Aparato respiratorio



Introducción

Todas las células de nuestro cuerpo necesitan el aporte continuo de oxígeno (O_2) para llevar a cabo las reacciones metabólicas que liberan energía (ATP) de las moléculas de los nutrientes como la glucosa. Estas reacciones producen bióxido de carbono (CO_2), que es tóxico para las células, por lo que debe eliminarse con rapidez y eficacia. Son dos los aparatos que aportan O_2 y eliminan CO_2 : el **circulatorio** y **respiratorio**.

El aparato respiratorio se encarga del intercambio de gases (captación de O_2 y eliminación de CO_2) entre la sangre y el aire; el aparato circulatorio transporta la sangre que contiene los gases entre los pulmones y las células del cuerpo.

El intercambio global de gases entre la atmósfera, sangre y células del cuerpo es la **respiración**, proceso fundamental para mantener la vida. El aparato respiratorio comprende la **nariz**, la **faringe** (garganta), la **laringe**, la **tráquea**, los **bronquios** y los **pulmones**.

Órganos del aparato respiratorio

Nariz

La **nariz** es una prominencia piramidal que se encuentra en la parte media de la cara. Es una estructura osteocartilaginosa (formada por hueso y cartílago) que aloja las fosas nasales. Las fosas nasales son dos cavidades largas que se extienden desde los **orificios nasales** de la nariz hasta las **coanas** u orificios posteriores, situados en la faringe. Están revestidas de una mucosa que presenta las siguientes características:

- ❖ Sus células poseen **cilios** (pequeñísimos vellos), que al moverse expulsan las partículas que contiene el aire en suspensión (polvo, microbios, etc.), filtrando así el aire inhalado.
- ❖ Tiene, además, células que segregan **moco**, sustancia pegajosa, que humecta el aire y que atrapa los microbios y las partículas de polvo que pueda contener.
- ❖ Está muy irrigada, es decir, tiene muchos capilares sanguíneos que calientan el aire a su paso.

Las funciones de la nariz son: 1) Calentar, humedecer y filtrar el aire que entra o que es inhalado. 2) Es el órgano del sentido del olfato pues los receptores que detectan el estímulo olfatorio están situados en la mucosa nasal. 3) Sirve como cámara de resonancia para el habla.

Faringe

Como recordarás, la **faringe** o **garganta** es un conducto musculoso con forma de embudo, de unos 12 cm de longitud, localizada en la parte posterior de la nariz y la boca. Además de formar parte del aparato digestivo, la faringe también es parte del aparato respiratorio, donde es un conducto para el paso del aire y una cámara de resonancia para el habla.

Laringe

La **laringe** es el órgano de la voz ya que en él se encuentran las cuerdas vocales, que al vibrar nos permiten hablar. Es un conducto de poca longitud que conecta la faringe con la tráquea. Está constituida principalmente por cartílagos y músculos, y está revestida por una mucosa ciliada que forma dos pares de pliegues que se proyectan hacia su cavidad. El par superior son los **pliegues vestibulares** (cuerdas vocales falsas) porque no desempeñan ninguna función en la vocalización. El par inferior llamado **pliegues vocales** (cuerdas vocales verdaderas) produce la voz.

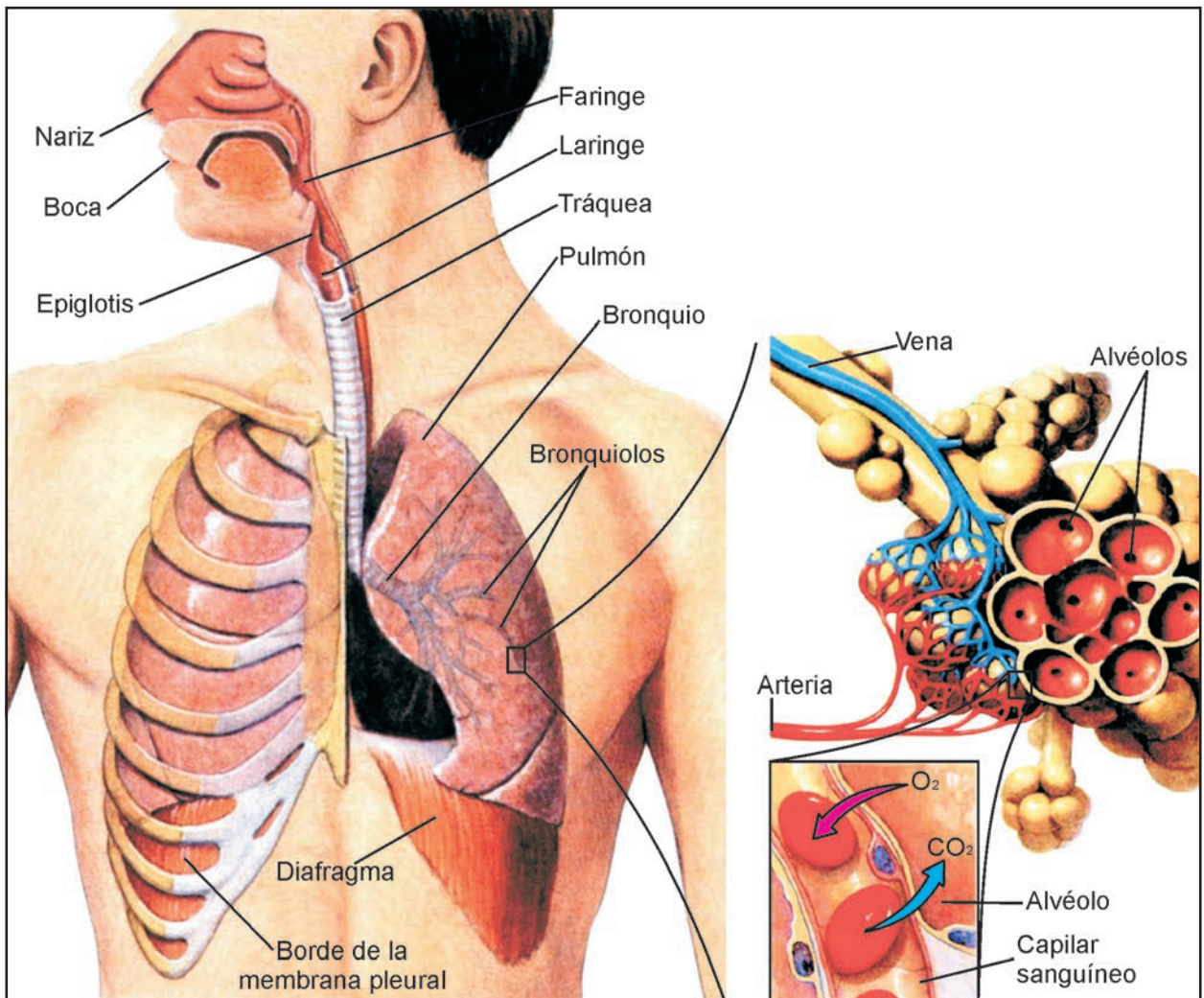


Figura 10.1. Órganos del aparato respiratorio; a la derecha la hematosis (intercambio de gases), que se da por difusión a través de las membranas de un alvéolo y un capilar sanguíneo.

La laringe está constituida por nueve cartílagos, los tres principales son:

- ❖ Cartílago tiroides (manzana de Adán) es el cartílago más grande de la laringe y suele ser mayor en los hombres que en las mujeres por la influencia de las hormonas sexuales masculinas durante la pubertad.
- ❖ La epiglotis es un cartílago con forma de hoja situada por arriba de la laringe; su base o tallo se inserta en el cartílago tiroides, mientras que toda ella está libre y se mueve hacia arriba y abajo, abriendo o cerrando la laringe. La laringe se eleva durante la deglución, lo que hace que el borde libre de la epiglotis actúe a modo de tapadera de la laringe, por lo que los líquidos y los alimentos se dirigen al esófago y se evita su paso a la laringe y las vías respiratorias con que se continúa esta última. En caso de que entre en la laringe cualquier cosa que no sea aire, (como polvo, humo o comida), el reflejo de la tos se activa para expulsarlo.
- ❖ El cartílago cricoides es un anillo cartilaginoso que forma la pared inferior de la laringe; se une al primer anillo cartilaginoso de la tráquea.

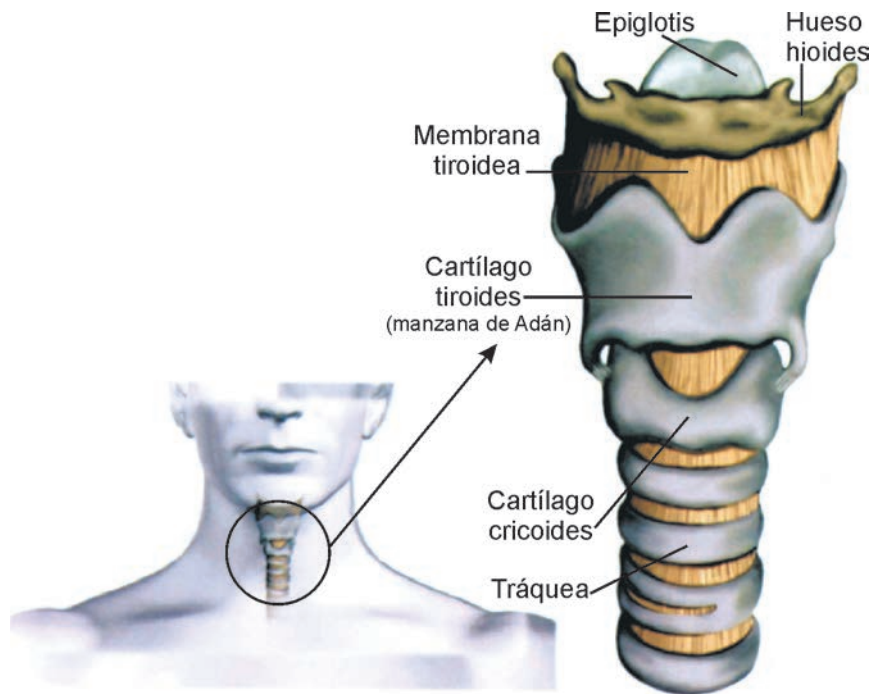


Figura 10.2. Laringe vista anterior (de frente).

Las funciones de la laringe son: 1) Proteger las vías respiratorias contra la entrada de sustancias sólidas o líquidas durante la deglución, lo que logra con la ayuda de la epiglotis. 2) Es el órgano productor de la voz. Los pliegues vocales vibran con el paso del aire. Su vibración produce la voz.



Laringitis y cáncer de laringe

La **laringitis** es una inflamación de la laringe casi siempre causada por una infección respiratoria o por irritantes, como el humo del cigarro. La inflamación de los pliegues vocales origina ronquera o pérdida de la voz (afonía). Muchos fumadores sufren ronquera permanente como consecuencia de las lesiones derivadas de la inflamación crónica de los pliegues vocales. El **cáncer de laringe** se presenta casi exclusivamente en los fumadores. Se caracteriza por ronquera, y dolor al tragar; se trata con radioterapia y/o cirugía.

Tráquea

La **tráquea** es un conducto de unos 12 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro, formado por anillos de cartílago en forma de la letra C, es decir, abiertos por detrás. Los anillos brindan un sostén rígido a la pared de la tráquea, de modo que no se colapse y obstruya las vías respiratorias. La tráquea se localiza por delante del esófago, entre la laringe y la quinta vértebra torácica, donde se divide en los bronquios primarios derecho e izquierdo.

La tráquea desempeña una función sencilla pero básica para la vida; proporciona una parte de las vías por las cuales el aire puede llegar a los pulmones desde el exterior. La obstrucción de esta vía durante unos minutos causa muerte por asfixia.

Bronquios

La tráquea se divide en un **bronquio primario derecho**, que va hacia el pulmón derecho, y un **bronquio primario izquierdo**, que va hacia el pulmón izquierdo. Estos dos tubos tienen menor diámetro que la tráquea y, al igual que ella, tienen anillos incompletos de cartílago.

Después de entrar en los pulmones, los **bronquios primarios** se dividen en otros más pequeños, los **bronquios secundarios**, uno para cada lóbulo del pulmón. Los bronquios secundarios siguen ramificándose y forman **bronquiolos**. Esta ramificación desde la tráquea hasta los bronquiolos terminales se asemeja a un árbol (invertido) con su tronco y ramas, por lo que se le conoce como “árbol bronquial”.

Los bronquiolos se subdividen en tubos de calibre cada vez menor y terminan en ramas microscópicas que se dividen en **conductos alveolares**, los cuales terminan en varios **sacos alveolares**, cuyas paredes consisten en abundantes **alvéolos**. Se calcula que hay unos 150 millones de alvéolos en cada pulmón, lo que proporciona una enorme superficie para el intercambio de gases.

El árbol bronquial tiene función semejante a la tráquea: es una vía de paso para que el aire llegue al interior de los pulmones. Los alvéolos, envueltos por redes de capilares, brindan espacio donde los gases pueden difundir entre el aire y la sangre.

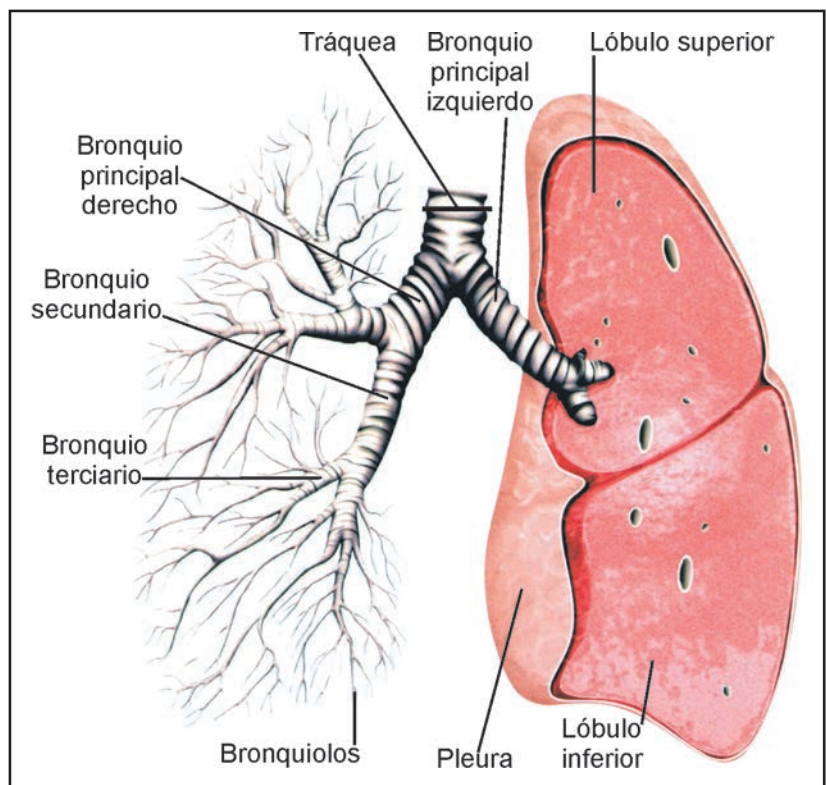


Figura 10.3. Las ramificaciones de las vías respiratorias a partir de la tráquea se conocen como “árbol bronquial”.

Pulmones

Los **pulmones** son dos: uno derecho y otro izquierdo, de forma cónica, situados en la cavidad torácica. Están separados uno del otro por el corazón. Son órganos blandos, esponjosos y dilatables. Están divididos en lóbulos (tres en el derecho y dos en el izquierdo) por las fisuras. Tienen unos 26 cm de alto y una capacidad de unos 1.600 cm³; el derecho es mayor que el izquierdo.

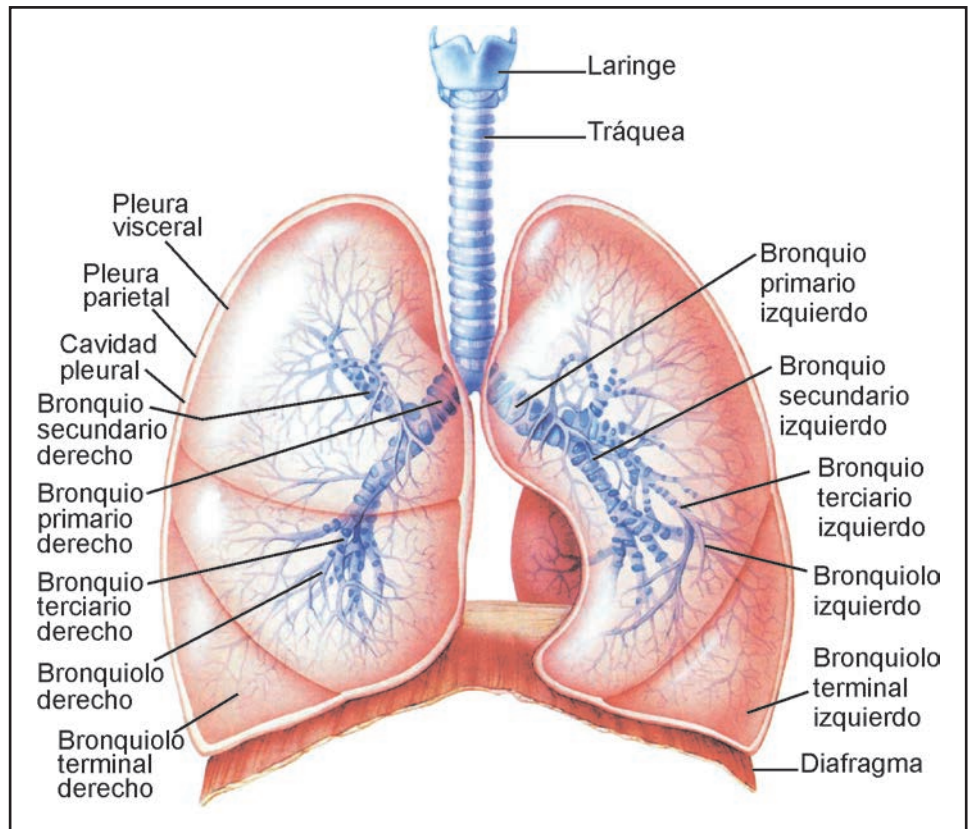


Figura 10.4. Observa que el pulmón derecho tiene tres lóbulos y el pulmón izquierdo tiene dos.

Cada pulmón está cubierto por dos membranas llamadas **pleuras**, entre las cuales existe el líquido pleural. Estas membranas además de proteger cada pulmón evitan que se produzca un roce con la caja torácica por el continuo movimiento de inhalación y exhalación.

El interior de cada pulmón está constituido por innumerables tubos de diámetros decrecientes que constituyen el árbol bronquial, y sirven como distribuidores del aire. Los tubos más pequeños (los conductos alveolares) terminan en alvéolos. Cada uno de los alvéolos está en contacto con una fina red de capilares sanguíneos en los que tiene lugar la función esencial del pulmón, la **hematosis** u oxigenación de la sangre venosa.

Después de circular por las vías respiratorias el aire inspirado penetra en los alvéolos. En ellos el oxígeno atraviesa por difusión las membranas alveolar y capilar, pasando a los eritrocitos y fijándose en la hemoglobina de éstos, formando así la oxihemoglobina. El bióxido de carbono sigue el camino inverso, y se expulsa con la espiración.

Respiración

La finalidad principal de la **respiración** es aportar oxígeno a las células de los tejidos del organismo y eliminar el bióxido de carbono resultante de la actividad de aquéllas. Los tres pasos básicos de la respiración son la **ventilación pulmonar** y las **respiraciones externa e interna**.

- ❖ Ventilación pulmonar. Es el fenómeno por el que se intercambian gases entre nuestro en-

torno y los alvéolos pulmonares. Se lleva a cabo gracias a dos movimientos: inspiración y espiración. La inspiración es la entrada de aire en los pulmones y la espiración es la expulsión del aire de éstos.

- ❖ Respiración externa (pulmonar). Es el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono entre los alvéolos pulmonares y los capilares sanguíneos de los propios pulmones. El aire cargado de oxígeno llega a los alvéolos rodeados de capilares, y las moléculas de oxígeno pasan por difusión a través de ambas paredes, uniéndose a los glóbulos rojos. Al mismo tiempo, los glóbulos rojos descargan el bióxido de carbono procedente de las células, que pasa a los alvéolos.
- ❖ Respiración interna (tisular). Es el intercambio de gases entre la sangre en los capilares sanguíneos de los tejidos y las células del propio tejido. En este paso, la sangre pierde O_2 y gana CO_2 . Dentro de las células, las reacciones metabólicas que consumen O_2 y liberan CO_2 durante la producción de ATP se llaman respiración celular.



Toser y estornudar

Cuando las partículas obstruyen los conductos respiratorios, acciones respiratorias especiales se desencadenan espontáneamente para expulsarlas. Toser libera los bronquios, tráquea y garganta, y estornudar produce una poderosa corriente de aire en la cavidad nasal. ¡El aire se expulsa a 150 km/hora!

Daños al aparato respiratorio

Tabaquismo

El **tabaquismo** es el uso continuo de tabaco y es la causa más prevenible de muerte en la sociedad moderna.

El tabaco es un producto vegetal constituido por las hojas de la planta del mismo nombre. La planta del tabaco es originaria de América.

El tabaco tiene poder adictivo debido principalmente a su contenido de nicotina, que actúa sobre el sistema nervioso central. Su nivel de adicción es tan fuerte que sólo es superado por el crack.

El tabaquismo es un grave problema de salud pública en México, donde tenemos aproximadamente 18.5 millones de personas fumadoras, los grupos más vulnerables son los adolescentes, los jóvenes y las mujeres. De acuerdo con datos de la Organización Panamericana de la Salud correspondientes a 2005, la prevalencia de consumo de tabaco en jóvenes ubica a México en el cuarto lugar (21.6%) después de Chile, Argentina y Uruguay, con 23.4, 27 y 25.6%, respectivamente.

A pesar de que la ley prohíbe la venta de cigarrillos a los menores de edad, muchos comercios no la cumplen. Este hecho es un factor importante ya que facilita en los niños, adolescentes y jóvenes su consumo. Existen datos que indican que 20% de los fumadores adquirió el hábito cuando estaba en primaria y 43% en la secundaria.

El consumo promedio en las mujeres es de seis cigarrillos al día, mientras que el de los varones es de cuatro. A pesar de que las mujeres consumen más tabaco, los varones fumadores siguen representando la mayor parte de la población fumadora. En nuestro país fallece un promedio de 163 personas diariamente.

Informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) revelan que el consumo mundial de tabaco ha alcanzado la proporción de una epidemia global. Existen actualmente en todo el mundo cerca de mil 100 millones de personas adictas al tabaco, que corresponde a una sexta parte de toda la población humana. De estos, cada año mueren 5 millones a consecuencia de este hábito.

El hábito de fumar no sólo afecta a los fumadores, sino también a las personas que están cerca de ellos, porque inhalan el humo. A estas personas se les llama **fumadores pasivos**. Está demostrado que el humo del tabaco daña a cualquiera que lo inhale.

La principal sustancia activa del tabaco es la nicotina, una droga estimulante que aumenta el ritmo cardíaco y la presión sanguínea. La nicotina es una molécula con fuertes efectos adictivos en los seres humanos (200 veces más que la cocaína). El humo del cigarro contiene más de 4000 sustancias tóxicas identificadas, de las cuales más de 60 son cancerígenas o carcinógenas (causan mutaciones en las células que recubren el aparato respiratorio y por ese motivo las inducen a multiplicarse sin control, formando tumores que, en 90% de los casos, conducen a la muerte en menos de tres años), entre ellas el alquitrán, una sustancia oscura y pegajosa que es una mezcla de sustancias entre las que se encuentra el cianuro de hidrógeno (considerado un veneno), monóxido de carbono y bióxido de carbono.

Al parecer, el efecto de la nicotina en el cerebro se debe a que interviene en la regulación de dopamina, sustancia que influye en áreas del cerebro que regulan el estado de ánimo, incluidas las zonas del llamado placer cerebral. Parece que la nicotina produce un incremento de dopamina, lo que da lugar al intento de mantener las concentraciones de nicotina cuando ésta ha disminuido en el cerebro, razón por la cual el fumador experimenta unas intensas ganas de fumar y va generando un hábito que es muy difícil dejar.

Cuando el fumador intenta dejar de fumar, se presenta un síndrome de abstinencia muy fuerte durante las 24 horas posteriores a la última dosis, que consiste en un fuerte dolor de cabeza, disminución de la frecuencia cardíaca y un fuerte deseo de comer. Este síndrome puede durar varias semanas.

Los efectos de la nicotina son casi instantáneos, apenas unos segundos después de haber llegado a los pulmones, se encuentra ya en la sangre y unos minutos después llega al cerebro; sus efectos tienen una duración entre cinco y diez minutos. Actualmente, la industria tabacalera fabrica cigarros mentolados los cuales todavía son más dañinos ya que el mentol favorece la absorción de la nicotina.

El fuego incrementa las consecuencias negativas del tabaco, pues produce sustancias tóxicas como el monóxido de carbono. Ésta molécula compite con el oxígeno en la sangre, de tal manera que la hemoglobina de algunos glóbulos rojos en lugar de transportar oxígeno a todos los tejidos del cuerpo, acarrea monóxido de carbono. En los fumadores regulares hasta 10% de la hemoglobina está unida a monóxido de carbono, disminuyendo la capacidad del organismo en esa misma proporción para llevar a cabo muchas de sus funciones.

La nicotina y el monóxido de carbono paralizan los cilios de la parte superior del aparato respiratorio. Cuando esto sucede, las partículas inhaladas se adhieren a las paredes del tracto respiratorio o entran en los pulmones. Sin cilios que lo expulsen, la mucosidad cargada de humo queda atrapada en las vías respiratorias, esto explica la frecuente tos de los fumadores que ayuda a despejar las vías respiratorias. El tabaquismo también produce una inflamación en el recubrimiento del tracto respiratorio, lo que reduce el flujo de aire hacia los alvéolos.

Es evidente que el tabaquismo reduce la expectativa de vida. Una persona de 30 años que fuma 15 cigarros al día, acorta su vida en promedio, más de 5 años.

Los problemas relacionados con el tabaquismo no se reducen sólo al momento de fumar, sino que a largo plazo, sus efectos son amplios, acumulativos y en distintas partes del organismo. El tabaquismo puede causar enfermedades respiratorias como bronquitis crónica, enfisema pulmonar y cáncer pulmonar.

Bronquitis crónica. En esta enfermedad, los bronquios se inflaman y se congestionan de moco. Aunque el consumo de tabaco sea moderado, si es continuo, puede producir bronquitis crónica. Las personas afectadas realizan con dificultad actividades simples, como subir escaleras.

Enfisema pulmonar. Es provocado por el tabaquismo a largo plazo y consiste en la pérdida de la elasticidad del tejido pulmonar, por lo tanto, se presenta dificultad para respirar. El enfisema produce la ruptura de los alvéolos, por lo que las personas que lo padecen, no pueden llevar suficiente oxígeno a los tejidos corporales ni eliminar el exceso de bióxido de carbono. Se calcula que 80% de los casos de enfisema pulmonar es ocasionado por el alquitrán del tabaco.

Cáncer de pulmón (pulmonar). Es globalmente el principal tipo de cáncer en nuestro país; 90% de los pacientes con cáncer pulmonar en México son fumadores. Cuando el cáncer de pulmón se diagnostica, está por lo general avanzado y hay metástasis, es decir, las células cancerosas se diseminan a otras partes del cuerpo como hígado y cerebro. La mayoría de los pacientes mueren en el curso del año a partir del diagnóstico inicial.

El tabaquismo también es una causa importante de enfermedades cardíacas. Después de fumar un cigarro, se presenta un cambio drástico e inmediato en la temperatura corporal y la circulación. El tabaquismo duplica el riesgo de morir de una enfermedad cardíaca en hombres entre 45 a 65 años de edad. Además, en hombres y mujeres de cualquier edad, el riesgo de morir por una enfermedad cardíaca es mayor entre los fumadores que entre los no fumadores.

En la mujer, el tabaco adelanta la menopausia de uno a tres años y el cáncer de pulmón sobrepasa al de mama.

En las mujeres embarazadas, se debe tomar en cuenta los efectos de la nicotina sobre el cerebro del bebé, que muchas veces presenta síndrome de abstinencia al nacer, parecido al de los hijos de madres consumidoras de drogas ilícitas. Los bebés de mujeres embarazadas fumadoras, al nacer pesan en promedio 170 gramos menos y tienen un doble riesgo de ser abortados o de morir al nacer, con respecto a los bebés de madres que no fuman. El tabaquismo materno es también un factor significativo en el desarrollo del labio leporino, paladar hendido, malformaciones cardíacas y anencefalia (ausencia en los bebés al nacer de una parte del cerebro y cráneo).

El fumar tabaco se ha reconocido estadísticamente como una puerta de entrada al consumo de sustancias ilegales, como la marihuana. En nuestro país, el consumo de alcohol y tabaco está muy relacionado, un ejemplo es un estudio realizado por la UNAM, que entre sus estudiantes demostró

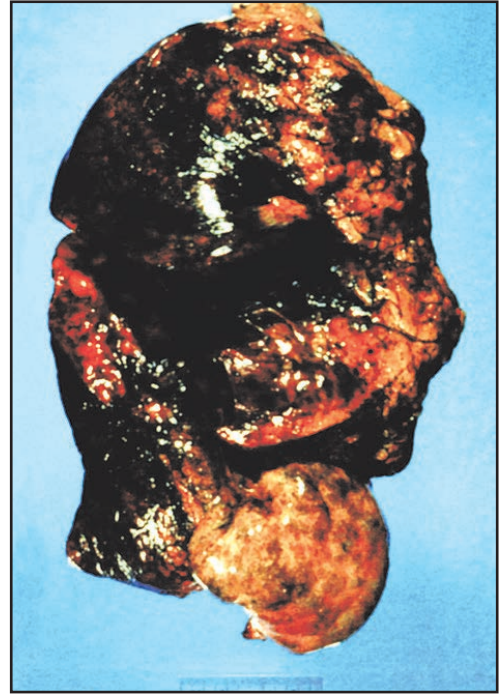


Figura 10.5. La fotografía nos muestra un pulmón canceroso. Es necesario estar conscientes de los daños que causa el tabaquismo para, por ningún motivo, iniciar con esta adicción.

que más de 63% de los entrevistados consumen ambas drogas.

Otras enfermedades considerablemente frecuentes entre los fumadores son el cáncer de labio, lengua, boca, laringe, esófago, vejiga y úlcera gastroduodenal. Además de todos los daños que produce al aparato respiratorio y, en general, a todo el organismo, debemos de agregar el gasto económico que genera esta adicción en el fumador y su familia.

También el costo económico para un país con un gran número de fumadores es muy elevado ya que los tratamientos de la mayoría de las enfermedades derivadas de esta adicción son costosos. Esto sin contar la pérdida de personas en su edad productiva, por esta adicción.

En México instituciones como el IMSS y el ISSSTE se hacen cargo de los tratamientos de sus derechohabientes. Por todo lo anteriormente mencionado, lo mejor es nunca empezar a fumar.



Figura 10.6. Esta fotografía muestra a un padre irresponsable que, además de dañar su salud, daña la de su hijo ya que el humo es muy peligroso en los pequeños pues sus pulmones están en desarrollo.

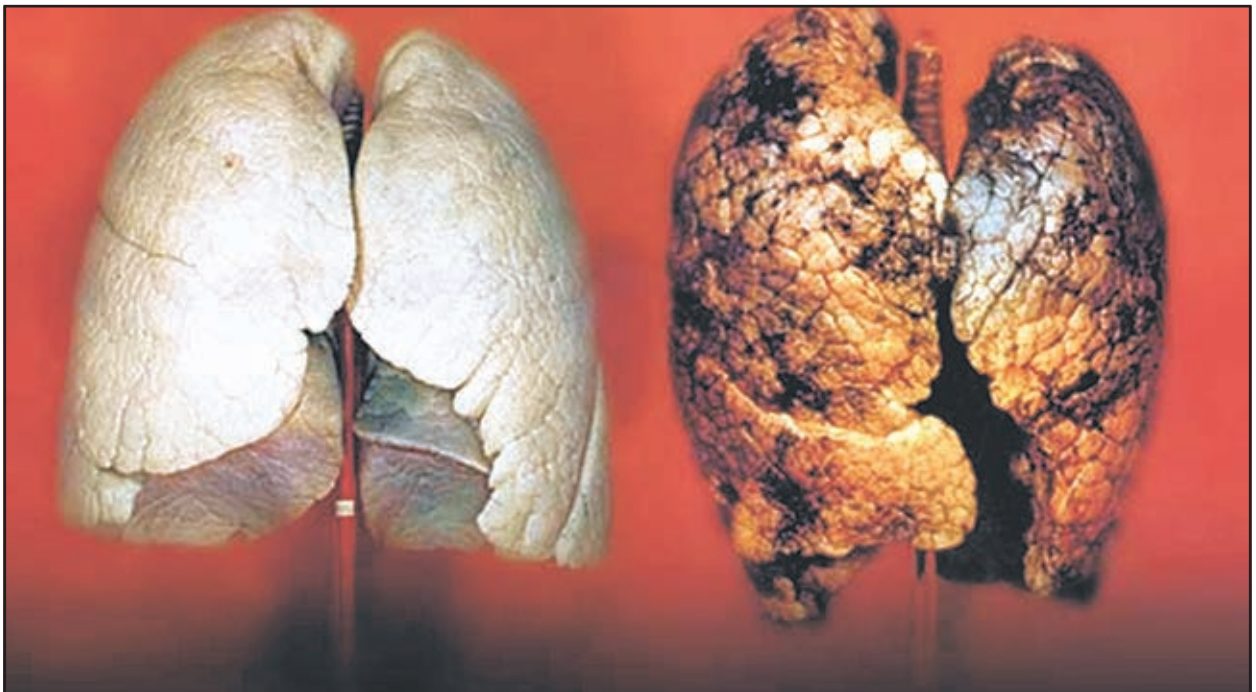


Figura 10.7. Esta fotografía nos muestra los pulmones de una persona no fumadora (izquierda) y los pulmones de un fumador pasivo (derecha).

Ley antitabaco

A partir del mes de agosto de 2008, entraron en vigor en todo el país dos leyes: la Ley General para el Control del Tabaco y la Ley que protege la Salud y los Derechos de los No Fumadores. Ambas prohíben fumar en lugares públicos cerrados con algunas diferencias. Además, endurecen las multas y los castigos que, en algunos casos, pueden llegar al arresto y cárcel. Algunos puntos que establece la primera de estas leyes son:

- ❖ Prohíbe fumar en lugares públicos o privados cerrados como escuelas, guarderías, hospitales, bibliotecas, centros de salud, clínicas, asilos, transporte público, oficinas, dependencias gubernamentales, cines, teatros, auditorios, restaurantes y bares, entre otros. Para el caso de los restaurantes y bares, los propietarios deberán delimitar físicamente el área para fumadores, con el fin de que la persona no fumadora siempre esté respirando aire libre de humo de tabaco.
- ❖ Sanciona con multas de hasta 10 mil salarios mínimos, arresto de hasta 36 horas y la clausura temporal y definitiva de un establecimiento a una simple amonestación, según la infracción.
- ❖ La publicidad y promoción de productos de tabaco sólo estará dirigida a mayores de edad mediante comunicación personal, por correo o dentro de establecimientos de uso exclusivo para adultos.
- ❖ Establece el aumento del tamaño de las etiquetas de advertencia en las cajetillas de cigarrillos, que deberán incluir imágenes de órganos humanos afectados por consumir tabaco.

Actividad de laboratorio



Realizar la actividad 7 “Respiración y ejercicio” que se encuentra en la p. 302.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. El aparato respiratorio está constituido por _____, _____, _____, _____ y los _____.
2. El tabaquismo causa enfermedades respiratorias como _____, _____ y _____.
3. _____ funciona como un conducto para el aire y los alimentos. Además es una cámara de resonancia para el habla.
4. Los pulmones son _____ órganos situados en la cavidad _____ y envueltos por las _____.
5. El intercambio de _____ y CO_2 tiene lugar por _____ a través de las membranas _____ y _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

6. Los sacos alveolares están formados por dos o más alveolos que tienen una abertura común. ()
7. Los tres pasos básicos de la respiración son la ventilación pulmonar, la respiración externa y la respiración celular. ()
8. Los cilios de las fosas nasales expulsan el polvo y microbios del aire que penetra a la nariz. ()

Contesta las siguientes preguntas:

9. ¿Qué funciones tienen en común los aparatos respiratorio y circulatorio?

10. ¿Cómo evita la epiglotis la entrada de alimentos y líquidos a la laringe y así al resto de las vías respiratorias?

11. ¿En qué órganos se localizan los pliegues vocales y cuál es su función?

12. ¿Describa la localización, estructura y función de la tráquea?

13. ¿Describe la estructura del árbol bronquial?

14. ¿Cuántos lóbulos y bronquios secundarios están presentes en cada pulmón?

15. ¿Cuál es la diferencia entre respiración externa e interna?

Elige la opción correcta a las siguientes preguntas y enunciados:

16. ¿En qué parte del aparato respiratorio tiene lugar el intercambio de gases?

- a) Cuerdas vocales
- b) Bronquios
- c) Alvéolos
- d) Tráquea
- e) Epiglotis

17. ¿Cuál es la estructura cuya función primaria consiste en calentar, humedecer y filtrar el aire?

- a) Faringe
- b) Laringe
- c) Tráquea
- d) Nariz
- e) Bronquios

18. ¿Cuál de las siguientes secuencias describe mejor el flujo de aire en el aparato respiratorio?

1. Faringe 2. Bronquios 3. Tráquea 4. Laringe 5. Alvéolos 6. Bronquíolos

- a) 4, 1, 3, 2, 5, 6
- b) 1, 4, 3, 2, 5, 6
- c) 4, 1, 3, 2, 6, 5
- d) 1, 4, 3, 2, 6, 5
- e) 1, 3, 4, 2, 6, 5

19. El oxígeno es transportado en la sangre principalmente:

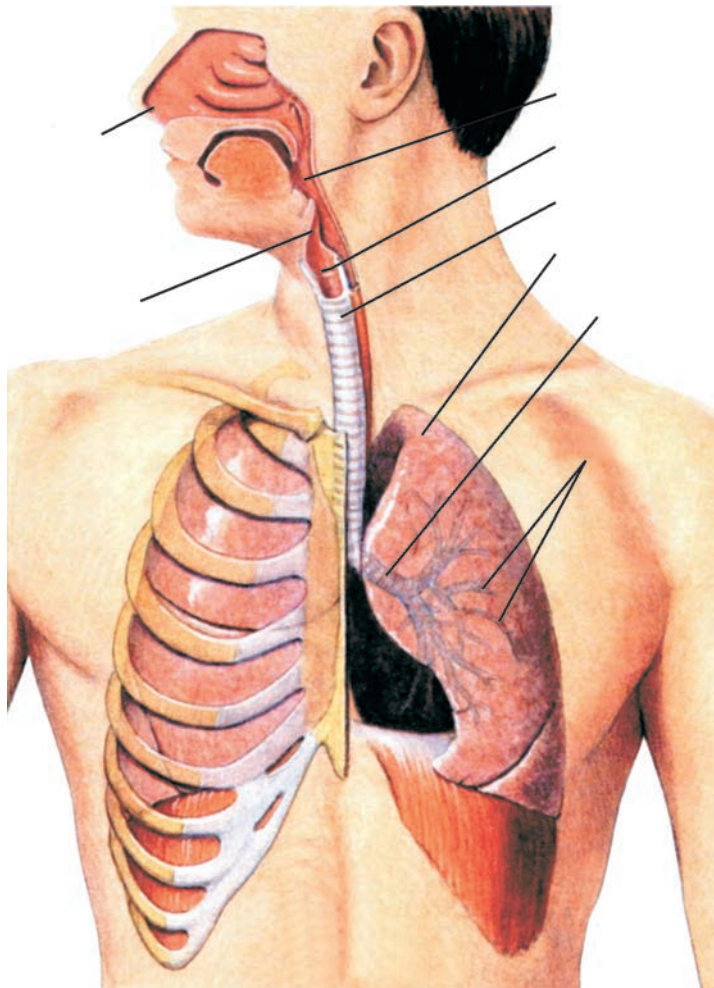
- a) Combinado con la hemoglobina.
- b) Como iones bicarbonato.
- c) Como ácido carbónico.
- d) Disuelto en el plasma.
- e) Combinado con CO₂.

20. La nicotina del tabaco:

- a) No causa adicción
- b) Aumenta la presión sanguínea
- c) Disminuye la frecuencia cardíaca
- d) Obstruye el transporte de oxígeno
- e) Disminuye el consumo de energía

Rotula la siguiente figura:

21. Anota el nombre de los órganos del aparato respiratorio señalados.



Aplicación de conceptos

22. Si quisieras convencer a un fumador para que deje este dañino hábito, ¿qué daños le mencionarías que causa el cigarro a los tejidos y órganos del aparato respiratorio?

23. Describe el camino que recorre una molécula de oxígeno desde tu nariz hasta llegar a una de tus células.

24. Durante una rabieta, un niño de 4 años trata de retener la respiración. ¿Cómo se podría ver afectado por hacer esto?

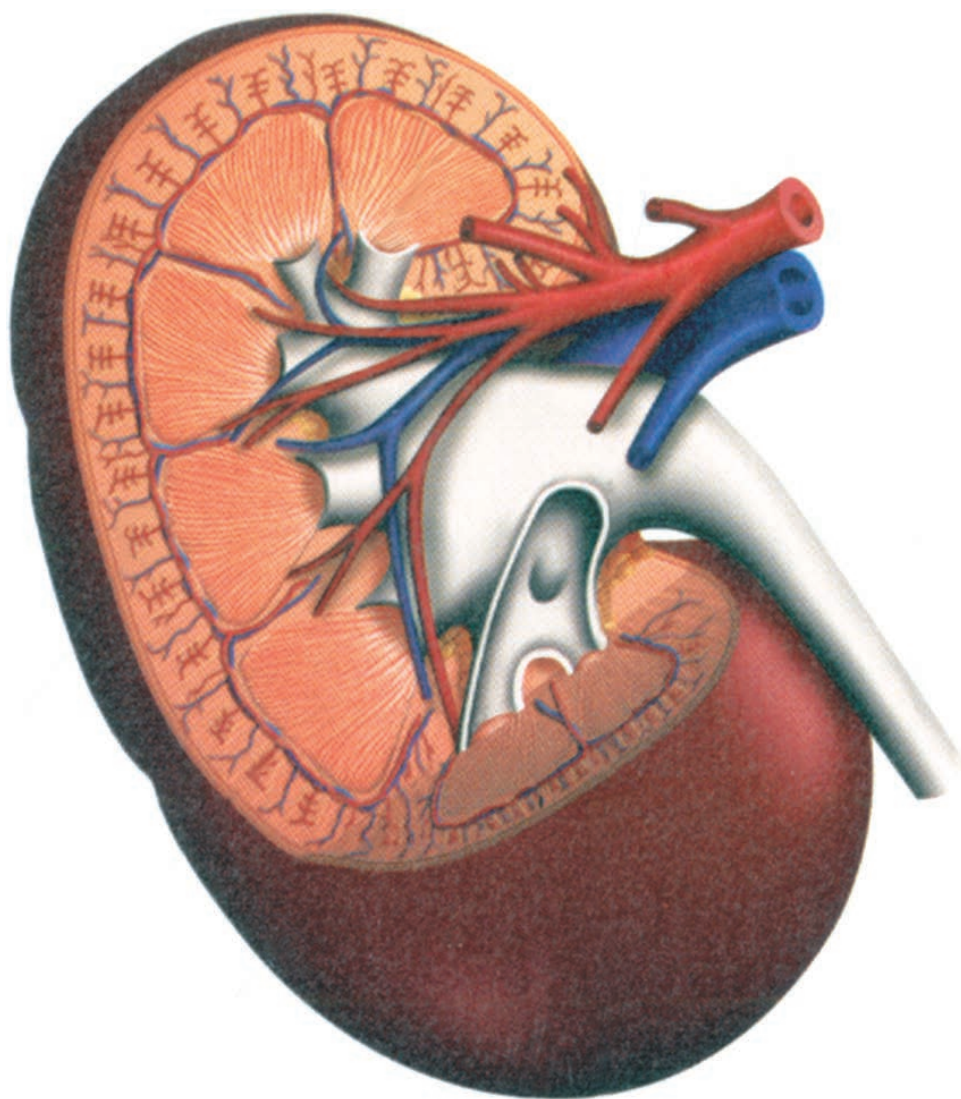
Construye y aprende

25. Elaboren por equipos un periódico mural que especifique los daños que produce el tabaquismo al aparato respiratorio y a otros órganos. Además se incluirán datos del número de muertes que el tabaco ha causado a nivel mundial y nacional. Elijan entre todos, el periódico mural mejor elaborado y expónganlo en su escuela.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

11

Aparato urinario



Introducción

El metabolismo de los nutrientes da por resultado la producción de desechos en las células, entre ellos el exceso de sales, urea, bióxido de carbono, agua y calor. El catabolismo de las proteínas origina desechos nitrogenados tóxicos, como el amonio y urea. Además, muchos iones indispensables como sodio, cloro, sulfato, fosfato e hidrógeno tienden a acumularse más allá de las necesidades corporales. Es preciso la eliminación de todas las sustancias tóxicas y las que son indispensables, pero excesivas. Cabe aclarar que algunos productos de desecho son tan tóxicos que ocasionan la muerte si no son eliminados. Este proceso de eliminación de los desechos metabólicos del cuerpo se conoce como **excreción**. La excreción es uno de los procesos que mantienen la homeostasis.

Los principales órganos excretores del ser humano son los **riñones**, que excretan desechos nitrogenados, agua, una variedad de sales y algunas otras sustancias. Los riñones están constituidos por unidades funcionales llamadas **nefro- nas**, en las cuales se lleva a cabo la filtración de la sangre, eliminándose de ella los desechos del metabolismo y dando como resultado lo que conocemos como **orina**.

La orina producida en los riñones es enviada a través de los uréteres a la vejiga, donde se almacena temporalmente. Por último, la uretra conduce la orina desde la vejiga hasta el exterior del cuerpo.

Los riñones junto con los uréteres, la vejiga y la uretra integran el **aparato urinario**, cuya función primordial es la de participar en la regulación de la homeostasis del cuerpo al modificar la composición y el volumen de la sangre.

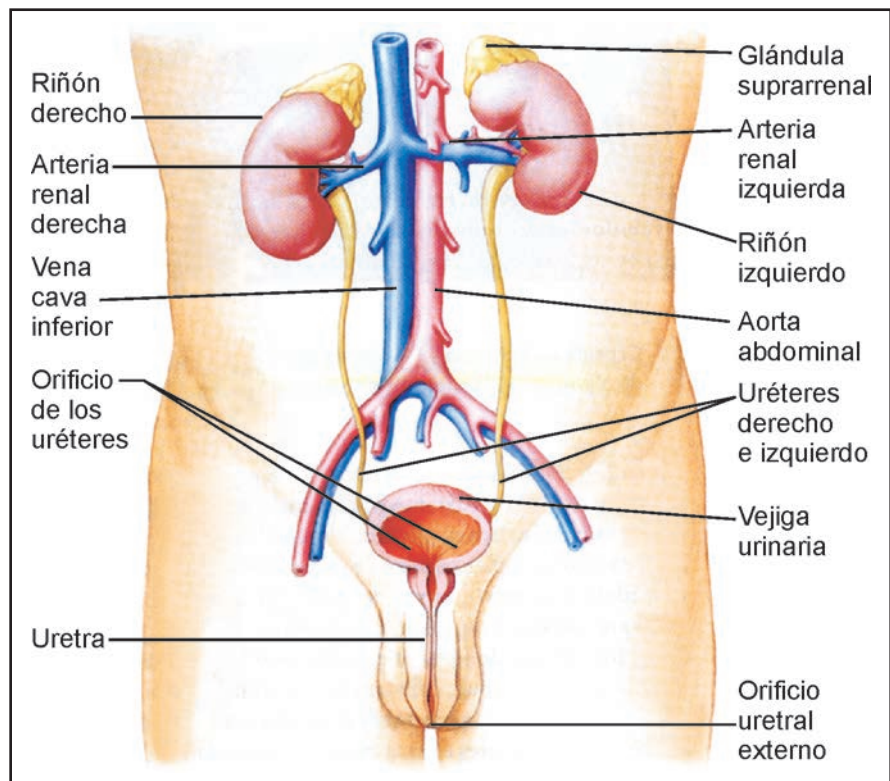


Figura 11.1. Aparato urinario humano.

Otros órganos excretores

La excreción de sustancias es uno de los mecanismos principales por los que se conserva la homeostasis del volumen, pH y composición química de los líquidos corporales. Los riñones se encargan de esta función en su mayor parte, aunque también la llevan a cabo otros órganos como, la **piel**, los **pulmones** y el **tubo digestivo**.

Los pulmones excretan agua y bióxido de carbono. El **hígado** (que normalmente se considera un órgano digestivo) excreta pigmentos biliares (los productos de la degradación de la hemoglobina), que pasan hacia el intestino y luego salen del cuerpo con las heces. Aunque se relacionan primordialmente con la regulación de la temperatura corporal, las **glándulas sudoríparas** también excretan de 5 a 10% de todos los desechos metabólicos del cuerpo. El sudor contiene las mismas sustancias (sales, urea y agua) que la orina, aunque en una concentración mucho menor, ya que

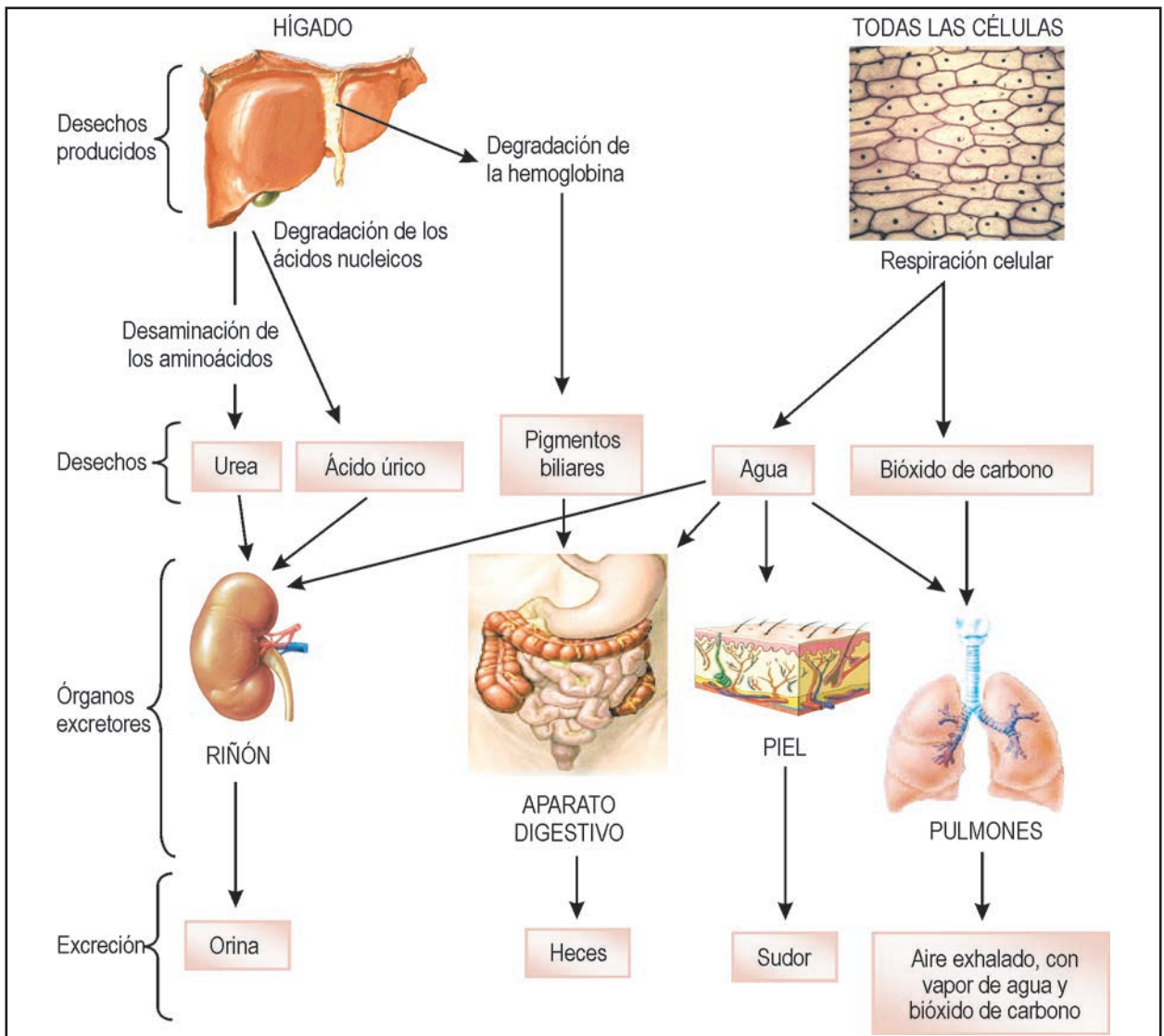


Figura 11.2. Eliminación de los desechos metabólicos en el ser humano. Los desechos nitrogenados son producidos por el hígado y transportado hacia los riñones. Todas las células del cuerpo producen bióxido de carbono y agua durante la respiración celular. Riñones, pulmones, piel y aparato digestivo intervienen en su eliminación.

sólo tiene aproximadamente la octava parte de materias sólidas de ésta. El volumen transpiratorio es variable, ya que va desde unos 500 ml en un día frío, hasta unos 2 o 3 litros en un día caluroso. Cuando realiza trabajos físicos bajo una temperatura ambiental elevada, una persona puede excretar de 3 a 4 litros de sudor en una hora.

Órganos del aparato urinario

Riñones

Los **riñones** son dos, derecho e izquierdo, situados a ambos lados de la columna vertebral, por encima de la cintura. Son órganos de color rojo oscuro, en forma de frijol, que miden en un adulto de 10 a 12 cm de largo, 5 a 7 cm de ancho y 3 cm de espesor.

El riñón derecho está un poco más abajo que el izquierdo, porque el hígado ocupa un espacio considerable en el lado derecho, por encima del riñón. El borde cóncavo interno de cada riñón está dirigido hacia la columna vertebral. Cerca del centro de este borde interno se encuentra una escotadura conocida como **hilio renal**.

Si se hace un corte longitudinal a un riñón, tal y como se ve en la figura 11.3, se pueden diferenciar las siguientes partes: **cápsula renal**: es la capa que rodea al riñón y lo protege; **corteza renal**: es la capa superficial de color rojizo y de textura lisa; **médula renal**: es la región profunda de color pardo rojizo constituida por 8 a 18 estructuras cónicas llamadas pirámides renales; **pelvis renal**: es la parte central donde desembocan los cálices mayores y salen los uréteres.

Función renal

Los riñones funcionan ininterrumpidamente las 24 horas del día y durante éste filtran la sangre unas 60 veces. ¿En qué forma está organizado el riñón para procesar la sangre y formar la orina?

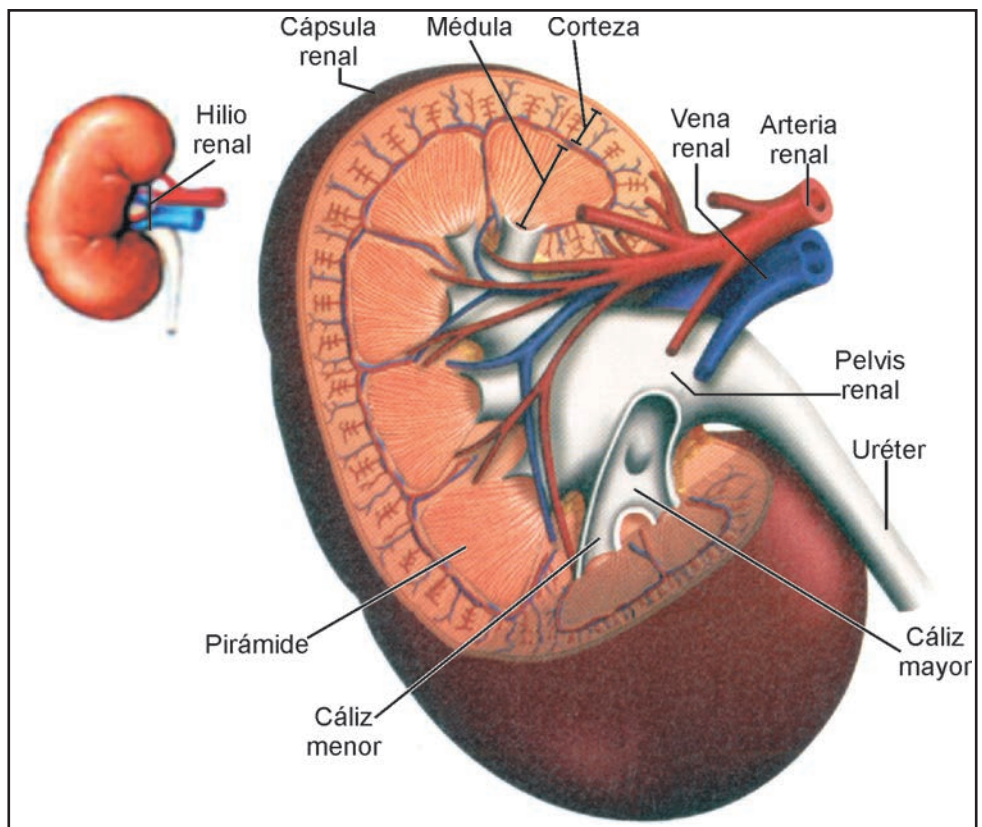


Figura 11.3. Dibujo de un corte longitudinal del riñón derecho, que muestra su anatomía interna. A la derecha se muestra una nefrona donde se forma la orina y el recorrido de esta hasta llegar a la vejiga urinaria, donde se almacena.

Cada riñón está constituido por aproximadamente un millón de unidades microscópicas llamadas **nefronas**, que son las que llevan a cabo la función renal, ya que cada una de ellas regula la composición de la sangre al excretar los desechos de ésta en forma de orina. Por ello, las nefronas son las unidades funcionales de los riñones.

Las funciones de los riñones son las siguientes:

- ❖ Ayudan a regular los niveles de diversos iones como el sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{++}), cloruro (Cl^-) y fosfato (HPO_4^{-2}), en el plasma.
- ❖ Regulan el pH sanguíneo al excretar una cantidad variable de iones hidrógeno (H^+) hacia la orina y conservan los iones bicarbonato (HCO_3^-), que son importantes para amortiguar los iones H^+ de la sangre.
- ❖ Regulan el volumen plasmático conservando o eliminando agua en la orina. Un aumento del volumen plasmático aumenta la presión arterial, mientras que un descenso, la disminuye.
- ❖ Producen dos hormonas. El calcitriol, la forma activa de la vitamina D, ayuda a regular los niveles de concentración del calcio. La eritropoyetina estimula la producción de los glóbulos rojos.
- ❖ Regulan la concentración de glucosa sanguínea al sintetizarla (a partir del aminoácido glutamina) y liberarla a la sangre para mantener su nivel normal.
- ❖ Excretan desechos (sustancias que no tienen una función útil en el organismo) mediante la formación de orina. Algunos de estos desechos son: el **amoníaco** y la **urea**, son producto

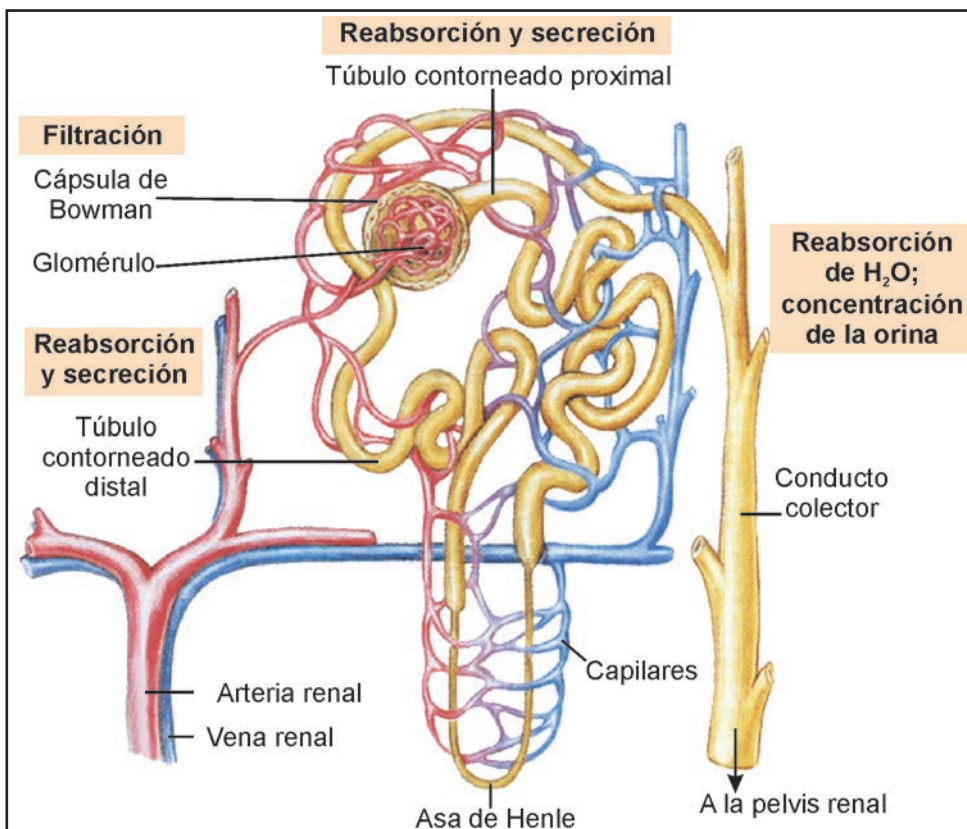


Figura 11.4. Esquema de la nefrona, unidad funcional del riñón donde se observan los lugares en los que se producen la filtración, reabsorción y secreción.

de la desaminación de los aminoácidos; la **bilirrubina** deriva del catabolismo de la hemoglobina; la **creatinina** es producto del catabolismo de la fosfocreatina en las fibras musculares; el **ácido úrico** es producto del catabolismo de los ácidos nucleicos. Otros residuos que se excretan con la orina son sustancias que no derivan de las moléculas de los alimentos, como los fármacos.

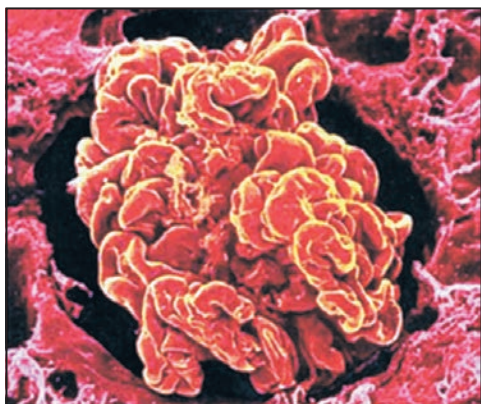


Figura 11.5. Un glomérulo renal amplificado 185X. La sangre entra en cada nefrona a través de esta pelotita de capilares.

Nefrona

La nefrona, unidad funcional de los riñones, consta de dos partes: un corpúsculo renal y un túbulo renal. El **corpúsculo renal** está formado por el glomérulo (red capilar) y la cápsula glomerular (de Bowman), una cubierta que rodea al glomérulo. El **túbulo renal** consta de tres regiones principales: el **túbulo contorneado proximal** (cercano al glomérulo), el **asa de Henle** (en forma de U) y el **túbulo contorneado distal** (lejano). Las nefronas están situadas en la corteza renal excepto por sus asas de Henle, que bajan hasta la médula renal. El plasma sanguíneo se filtra en la cápsula glomerular

y luego el líquido filtrado pasa al túbulo renal.

Por la zona del hilio renal, entra una arteria de gran tamaño, la **arteria renal** (lleva sangre al riñón), que se ramifica en **arteriolas aferentes**. Cada nefrona recibe una arteriola aferente que se divide en una red de capilares que es el glomérulo.

Los capilares glomerulares se reúnen y constituyen la **arteriola eferente** (transporta sangre fuera del glomérulo) que se ramifica en capilares peritubulares (rodean a los túbulos de la nefrona), estas a su vez se reúnen y forman las vénulas peritubulares; posteriormente forman la **vena renal**, que sale por el hilio, por medio de la cual la sangre abandona el riñón y desemboca en la vena cava inferior.

Recorrido de la orina

Los túbulos contorneados distales de diversas nefronas vacían su contenido en un sólo **túbulo colector**, que es recto. Todos los túbulos colectores de una **pirámide** desembocan en estructuras en forma de copa, llamadas **cálices menores y mayores** de la **pelvis renal** (cada riñón tiene de 8 a 18 cálices menores y de 2 a 3 cálices mayores); posteriormente, la orina es conducida por los **uréteres** hacia la **vejiga urinaria** donde se almacena, para luego excretarse por medio de la **uretra**.

Formación de la orina

La orina se forma mediante la combinación de tres procesos: **filtración**, **reabsorción** y **secreción tubular**. La filtración es función del glómerulo y la reabsorción y secreción se lleva a cabo en los túbulos de la nefrona. Mediante estos tres procesos, las nefronas mantienen la homeostasis de la sangre, es decir, mantienen el volumen y composición sanguínea.

Filtración

La **filtración** ocurre en el punto de contacto entre los capilares glomerulares y la pared de la cápsula de Bowman. La sangre entra a los capilares del glomérulo con una presión alta. En la mayor parte de los tejidos, la presión de la sangre en los capilares es de 20 mm de mercurio.

Sin embargo, en el glomérulo la presión es de cerca de 60 mm de mercurio. La alta presión saca una gran cantidad de plasma a través de las paredes porosas de los capilares del glomérulo hasta la cápsula de Bowman. De esta manera, el glomérulo funciona como un filtro. Los poros de los capilares del glomérulo son de tal tamaño que los glóbulos de la sangre y las proteínas no pueden salir, pero sí el agua y las partículas más pequeñas (tanto sustancias útiles como desechos disueltos). Este líquido (o filtrado) que sale del glomérulo hacia la cápsula de Bowman contiene agua, aminoácidos, glucosa, vitaminas, sodio, potasio, cloruro, bicarbonato, otras sales y urea.

Reabsorción

El filtrado del glomérulo se produce en grandes cantidades. Un adulto sano produce cerca de 180 litros de filtrado diariamente. Sin embargo, a su paso por los túbulos casi 99% del filtrado se reabsorbe hacia la sangre, de modo que sólo 1% sale del cuerpo (1 litro diario es convertido en orina).

A medida que el filtrado va pasando por los túbulos, se reabsorben las sustancias que el cuerpo necesita. Estas sustancias que reabsorben los túbulos pasan a la sangre de los capilares que los rodean. Entre las sustancias que se reabsorben, están: agua, glucosa, aminoácidos, vitaminas e iones, sodio, potasio, calcio, cloro, bicarbonato y fosfato.

Secreción

La **secreción** es el paso de sustancias de la sangre hacia el filtrado. Las sustancias secretadas de esta manera incluyen iones potasio e hidrógeno, amonio, creatinina y fármacos como la penicilina. La secreción tiene dos efectos principales, la eliminación de ciertos desechos y la regulación del pH sanguíneo.

El cuerpo tiene que conservar el pH sanguíneo normal (que es de 7.35 a 7.45), no obstante que la dieta usual incluye más alimentos productores de ácidos que los que originan álcalis. Cuando la sangre se torna demasiado ácida, la secreción de iones hidrógeno hacia el filtrado aumenta. La secreción de iones hidrógeno es un mecanismo homeostático importante para la regulación del pH de la sangre.



Diuréticos

Son sustancias que disminuyen la reabsorción renal de agua y producen cantidades elevadas de orina (diuresis), que a su vez reducen el volumen sanguíneo. Son indicados para tratar la hipertensión (presión arterial alta), ya que la disminución del volumen sanguíneo generalmente hace descender la presión arterial. La cafeína del café, del té y algunas bebidas que inhiben la reabsorción de Na^+ , y el alcohol que inhibe la secreción de la hormona antidiurética son ejemplos de diuréticos naturales.



Cálculos renales

Son piedras insolubles que se forman con los cristales de las sales (oxalato de calcio, ácido úrico y fosfato de calcio), presentes en la orina, que de vez en cuando se precipitan y se solidifican. En la formación de los cálculos, influyen varios factores tales como ingestión excesiva de calcio, baja ingesta de agua, orina anormalmente alcalina o ácida, o exceso de la actividad de las glándulas paratiroides. Cuando un cálculo se aloja en un uréter, el dolor es muy intenso.

Los cálculos renales son extirpados quirúrgicamente o pueden ser desintegrados (pulverizados) con ondas de alta energía, formando fragmentos lo suficientemente pequeños para ser arrastrados por la orina. Este procedimiento se denomina **litotricia por ondas de choque** (de *lithos*, piedra).

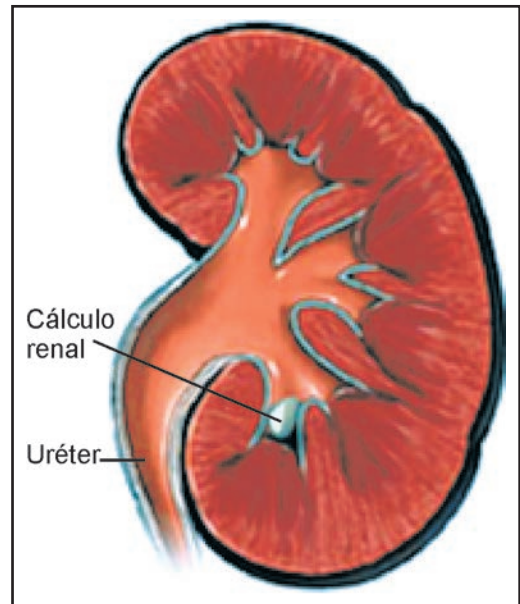


Figura 11.6. Este dibujo nos muestra un cálculo renal alojado en un cáliz menor.

Uréteres

El cuerpo posee dos **uréteres**, uno por cada riñón. Los uréteres son tubos que tienen una longitud de 25 a 30 cm, sus paredes son gruesas y su diámetro fluctúa entre 1 y 10 mm a lo largo de la trayectoria que va de la pelvis renal a la vejiga urinaria. La función principal de los uréteres es transportar la orina de la pelvis renal a la vejiga, gracias a las contracciones peristálticas de sus paredes musculares y a la gravedad.

Vejiga

La **vejiga urinaria** es un órgano hueco, muscular y distensible que almacena la orina que los uréteres vierten en ella de forma regular y continuada. Tiene una capacidad de almacenamiento de 700 a 800 ml de orina. Este órgano está situado en la cavidad pelviana, detrás del pubis. En los hombres está situada delante del recto; en la mujer, es anterior a la vagina e inferior al útero. Su forma depende del volumen de orina que contenga; cuando está vacía, se asemeja a un globo desinflado; cuando se distiende ligeramente por la acumulación de orina, adopta una forma esférica. A medida que el volumen de orina aumenta, adquiere forma de pera. Es más pequeña en las mujeres porque el útero ocupa el espacio que está por encima de la vejiga.

Existen tres orificios en el suelo de la vejiga: dos de los uréteres y uno que comunica con la uretra. En el área que rodea al orificio de la uretra, se localizan dos esfínteres: el interno y el externo (voluntario), los cuales son muy importantes durante la micción (expulsión de la orina, de la vejiga).

Un esfínter es un músculo que tapa un orificio de forma que, si se contrae, el orificio permanece cerrado; si se dilata, se abre y sale la orina al exterior. Cuando la vejiga se va llenando con la orina que le llega de los uréteres, sus paredes se dilatan y al llegar a un límite se empieza a sentir la necesidad de orinar. Aunque el vaciado de la vejiga está sujeto a regulación refleja, puede iniciarse e interrumpirse voluntariamente a raíz del control cerebral sobre el esfínter externo de la uretra.

Uretra

La **uretra** es un conducto que se extiende desde el extremo inferior de la vejiga hasta el exterior del cuerpo. En los varones, la uretra mide unos 20 cm de longitud. En su inicio, por debajo de la vejiga, pasa a través de la próstata y luego penetra en el pene. En el varón, es el conducto mediante el cual se excreta tanto la orina como el semen.

En la mujer, la uretra es corta, mide unos 4 cm y sólo transporta la orina. Se localiza entre el clítoris y el orificio de la vagina.

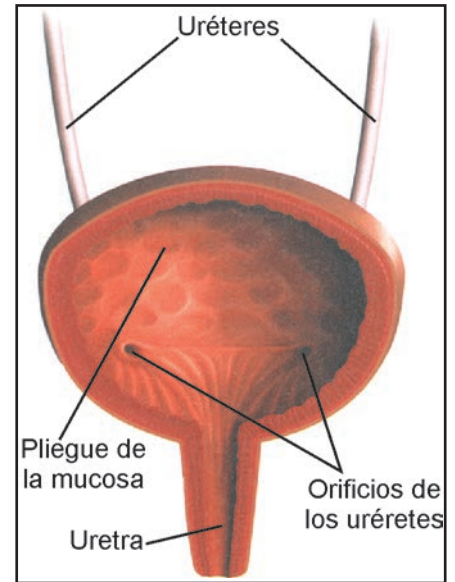


Figura 11.7. Dibujo de la vejiga donde se observan los orificios de los uréteres y de la uretra.

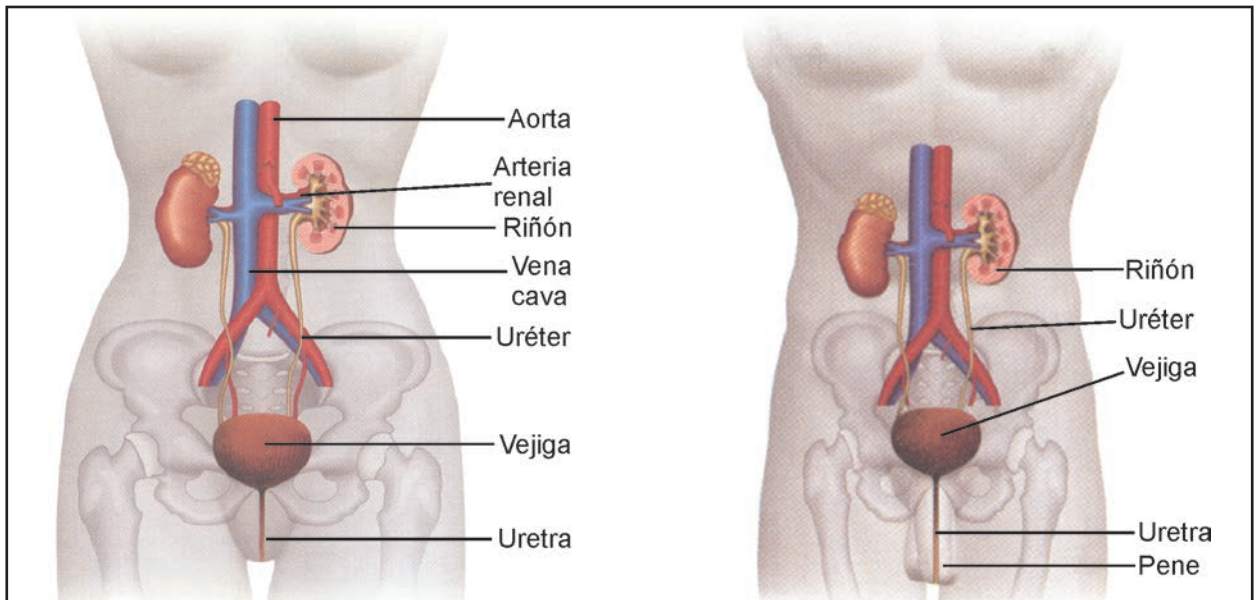


Figura 11.8. La uretra en la mujer es más corta que en el varón, en éste, pasa a través del pene.

Trasplante de riñón y diálisis

Como te habrás dado cuenta, la función de los riñones es vital para conservar la vida. Si los riñones funcionan mal, surgen diversos problemas de salud que, de no atenderse, pueden llegar a causar la muerte. Tenemos dos riñones, si uno de ellos se enferma o se lesiona, podemos seguir

manteniendo una función renal adecuada, es decir, podemos sobrevivir con uno solo. Pero si los dos riñones sufren daños, solo hay dos métodos para conservar la vida: el trasplante de riñón y la hemodiálisis.

El trasplante de riñón es la transferencia del riñón de un donante a una persona (receptor) que lo necesita. El riñón es trasplantado durante una operación quirúrgica y puede provenir de un cadáver o de una persona viva. Como en todos los trasplantes de órganos, los receptores de trasplante renal deben estar atentos a signos de infección o rechazo del órgano.

La hemodiálisis se utiliza cuando no se consigue un donante o no es recomendable la cirugía. Cuando los riñones no funcionan adecuadamente debido al daño que les causó alguna enfermedad o lesión, la sangre debe depurarse (limpiarse) artificialmente por diálisis (la separación de los solutos por difusión) a través de una membrana con permeabilidad selectiva.

Mediante este método, la sangre que sale del organismo del paciente se envía a un hemodializador (riñón artificial) donde se filtra directamente, eliminando sustancias de desechos (urea, creatinina, ácido úrico, exceso de fosfato, sulfato y potasio) y el exceso de electrolitos y de líquido, al mismo tiempo que se incorporan en la sangre sustancias necesarias como la glucosa y los iones bicarbonato, luego el paciente vuelve a recibirla depurada.

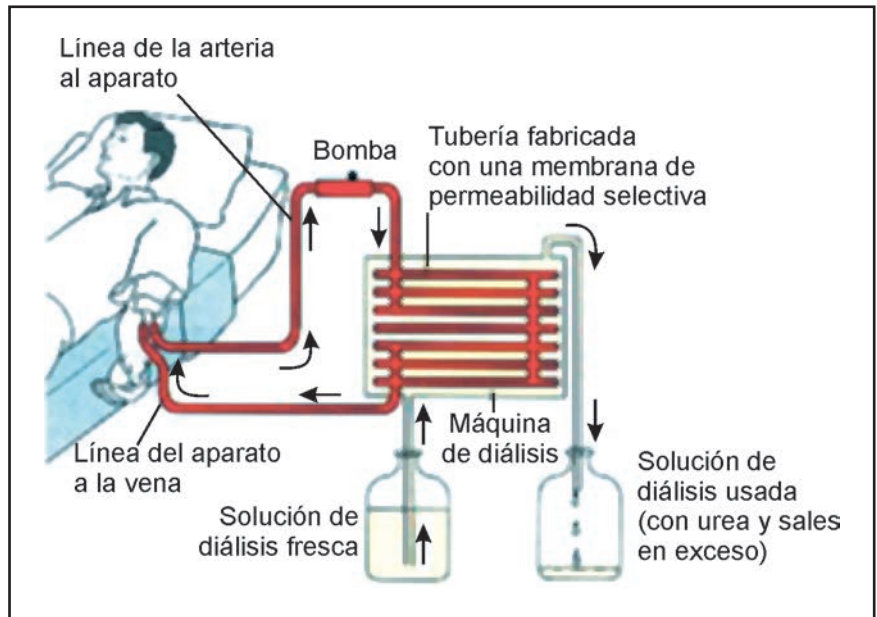


Figura 11.9. Este dibujo nos muestra el funcionamiento de una máquina de diálisis, la cual realiza muchas de las funciones de los riñones.

Actividad de laboratorio



Realizar la actividad 8 “Composición de la orina” que se encuentra en la p. 305.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. La secuencia correcta de estructuras por las que fluye la orina son _____, _____, _____ y la _____.
2. La expulsión de orina de la vejiga urinaria se llama _____.
3. Cada nefrona consta de un grupo de capilares, llamado _____, rodeado por una _____ que se abre en un _____, largo y enrollado. Este último consta de un _____, _____ y un _____.
4. La orina se forma por _____ del plasma, _____ de los materiales necesarios y _____ de unas pocas sustancias como iones, potasio e hidrógeno, hacia el túbulo renal.
5. _____ tanto en los hombres como en las mujeres constituye la porción terminal del aparato urinario y por ella pasa _____. En los hombres también da salida _____ durante la _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

6. La función principal de los uréteres es transportar la orina de la pelvis renal a la vejiga. ()
7. La región más superficial del interior del riñón es la médula renal. ()
8. Además de los riñones también son órganos excretores, la piel los pulmones y el tubo digestivo. ()

Contesta las siguientes preguntas:

10. ¿Cuál es la función primordial del aparato urinario?

11. ¿Qué órganos constituyen el aparato urinario?

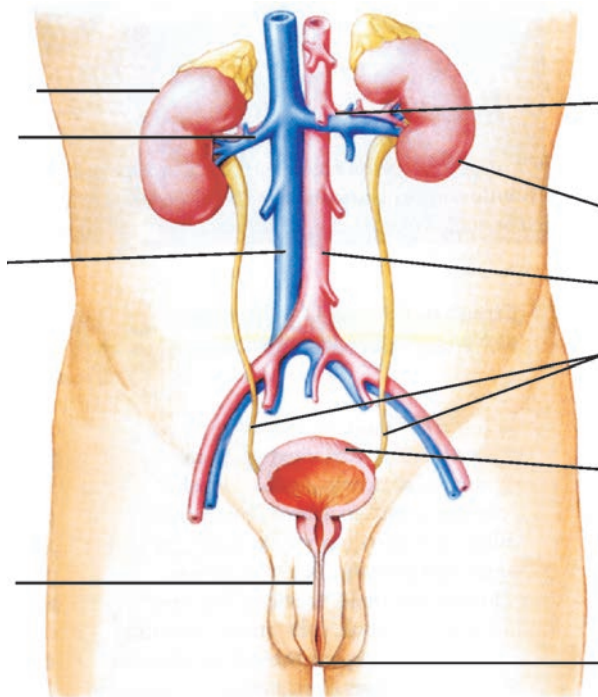
12. Además de filtrar los desechos de la sangre ¿qué funciones adicionales desempeña el riñón?

Elige la respuesta correcta a las siguientes preguntas y enunciados:

13. La unidad funcional básica del riñón es:
- a) La cápsula de Bowman
 - b) El glomérulo
 - c) El asa de Henle
 - d) La nefrona
 - e) El corpúsculo renal
14. La orina se excreta del cuerpo a través de:
- a) El uréter
 - b) La vejiga urinaria
 - c) La uretra
 - d) La vena renal
 - e) La arteria renal
15. En los riñones, las sustancias útiles y los desechos se extraen de la sangre mediante:
- a) La reabsorción
 - b) La excreción
 - c) La diálisis
 - d) La filtración
 - e) La respiración
16. ¿Cuál de las siguientes sustancias no suele estar presente en la orina?
- a) Urea
 - b) Glucosa
 - c) Sales
 - d) Agua
 - e) Restos de pigmentos biliares

Rotula la siguiente figura:

17. Anota los órganos del aparato urinario señalados.



Aplicación de conceptos

18. ¿Por qué normalmente no hay glucosa en la orina? ¿Por qué está presente en la de las personas con diabetes mellitus?

19. ¿Por qué la diálisis es una técnica muy importante para salvar la vida a las personas con insuficiencia renal?

20. ¿Por qué suelen recetarse diuréticos en el tratamiento de la presión alta?

21. Recuerda la estructura de la nefrona, y sugiere una razón por la cual la presión alta puede dañar los riñones.

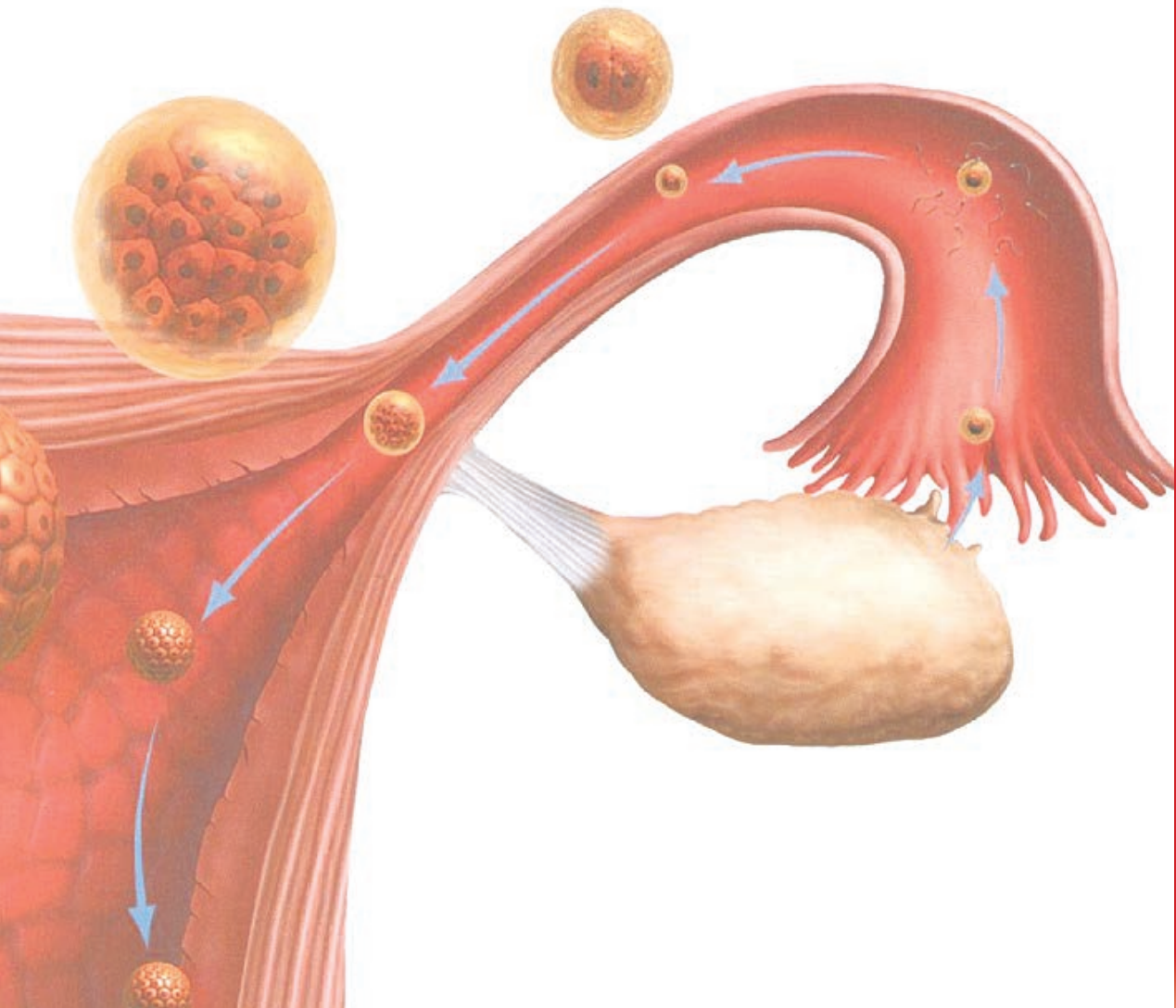
Construye y aprende

22. Realiza un diagrama de flujo que ilustre cómo extraen desechos los riñones. Incluye los términos cápsula de Bowman, asa de Henle, capilares, conducto colector y uréter.
23. Compra unos riñones de puerco o res en el mercado, con un cuchillo córtalos longitudinalmente y observa su interior. Haz un dibujo de lo que ves y señala las estructuras que identificaste. Compáralo con la figura 11.3.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

12

Aparato reproductor masculino y femenino



Introducción

El proceso de **reproducción** permite a los seres humanos tener descendencia es decir, formar un nuevo ser a partir de dos células microscópicas conocidas como gametos.

Desde el punto de vista biológico, la reproducción es el medio para perpetuar las especies, y ya sólo bajo este concepto su importancia es primordial. Pero en su aspecto humano es algo más que eso, pues la sexualidad interviene en nuestra vida dándole un sentido distinto.

Los hombres y las mujeres poseen órganos reproductores anatómicamente distintos que se encuentran adaptados para producir gametos, permitir la fecundación y, en las mujeres, mantener el crecimiento del embrión y del feto.

Los órganos reproductores masculinos y femeninos por su función se agrupan en:

Gónadas. Son los testículos en el hombre y ovarios en la mujer. Producen los gametos y secretan hormonas.

Conductos. Se encargan del almacenamiento y transporte de los gametos.

Glándulas sexuales accesorias. Producen sustancias que protegen los gametos y facilitan su movimiento.

Estructuras de sostén. Ayudan en la liberación y el encuentro de los gametos y, en las mujeres, en el crecimiento del embrión y el feto durante el embarazo.

Aparato reproductor masculino

El **aparato reproductor masculino** está constituido por los testículos, un sistema de conductos (que son el epidídimo, el conducto deferente, los

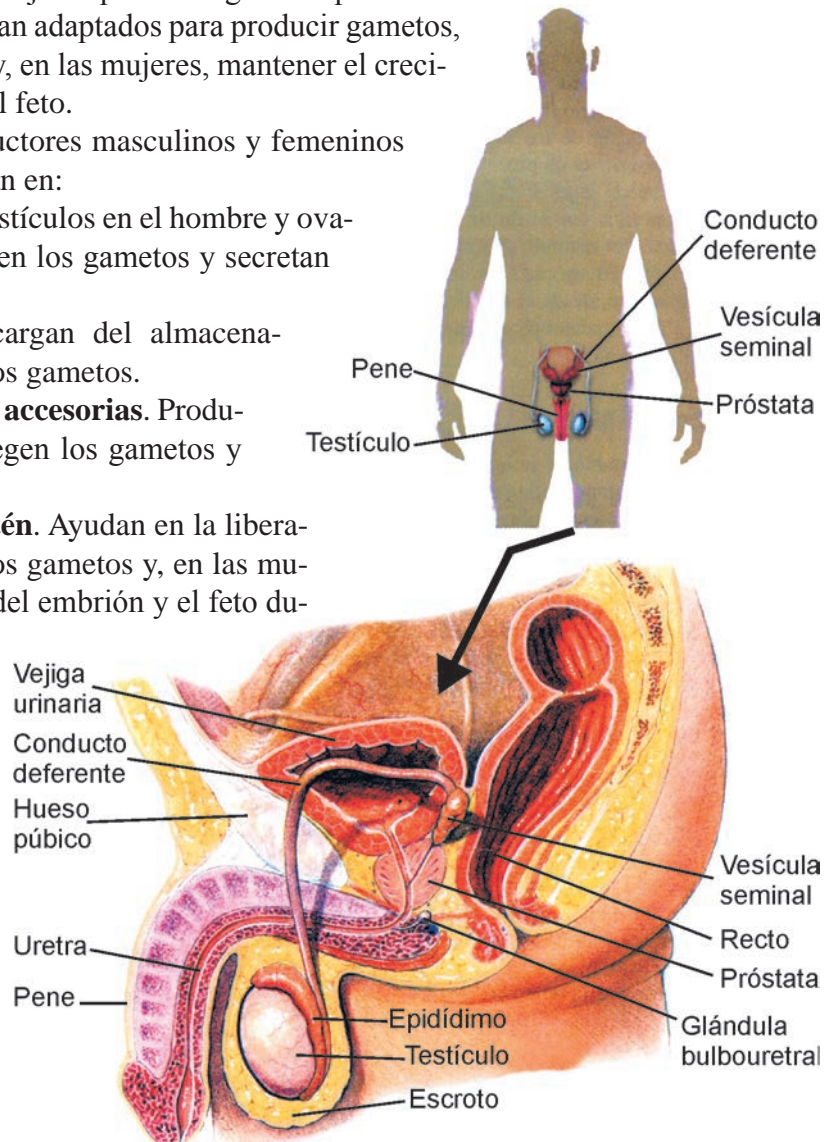


Figura 12.1. Órganos del aparato reproductor masculino (arriba). Vista detallada de los órganos masculinos en sección sagital (abajo).

conductos eyaculadores y la uretra), glándulas sexuales accesorias (las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales) y las estructuras de sostén, son el escroto y el pene.

Las funciones de este aparato son producir y suministrar espermatozoides y secretar las hormonas sexuales.

Escroto

El **escroto**, la estructura de sostén para los testículos, es una bolsa o saco de piel arrugada que se encuentra debajo del pene. Por fuera, parece una sola bolsa de piel, pero interiormente está dividida por un tabique en dos sacos, cada uno de los cuales contiene un testículo.

La localización del escroto y la contracción de sus fibras musculares (músculo cremáster) regulan la temperatura de los testículos. La formación y supervivencia de los espermatozoides requieren una temperatura menor que la del resto del cuerpo. Dado que el escroto está fuera de las cavidades corporales, su temperatura es 3°C menor que la corporal. El músculo cremáster eleva los testículos durante la excitación sexual y la exposición al frío, aproximándolos al cuerpo cuya temperatura es más alta. De esta manera quedan protegidos contra el frío. Por el contrario, si la temperatura aumenta, los músculos se relajan y los testículos descienden, apartándose así del calor del cuerpo.

Testículos

Los **testículos** son las **gónadas masculinas** o **glándulas sexuales masculinas**. Son dos cuerpos ovalados ubicados en el escroto, de 5 cm de largo y un peso de 10 a 15 gramos cada uno. Se encuentran en la parte inferior del pubis, entre los muslos y debajo del pene. Generalmente, el testículo izquierdo es más voluminoso que el derecho. Los testículos están cubiertos por una membrana llamada **albugínea**, que se extiende hacia adentro y divide cada testículo en un conjunto de compartimientos internos, o **lóbulos**. Cada testículo está formado por unos 200 a 300 lóbulos, aproximadamente. Cada uno de estos lóbulos contiene de uno a tres túbulos seminíferos, donde se producen los espermatozoides por un proceso llamado **espermatogénesis**.

Además está el espacio intersticial que separa los túbulos seminíferos. En este espacio se encuentran las **células de Leydig**, que secretan **testosterona**. En la pubertad, la testosterona es responsable del desarrollo y crecimiento de los órganos sexuales y del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios masculinos. Estos incluyen el crecimiento muscular y esquelético; crecimiento de vello púbico, axilar, facial y pectoral; engrosamiento

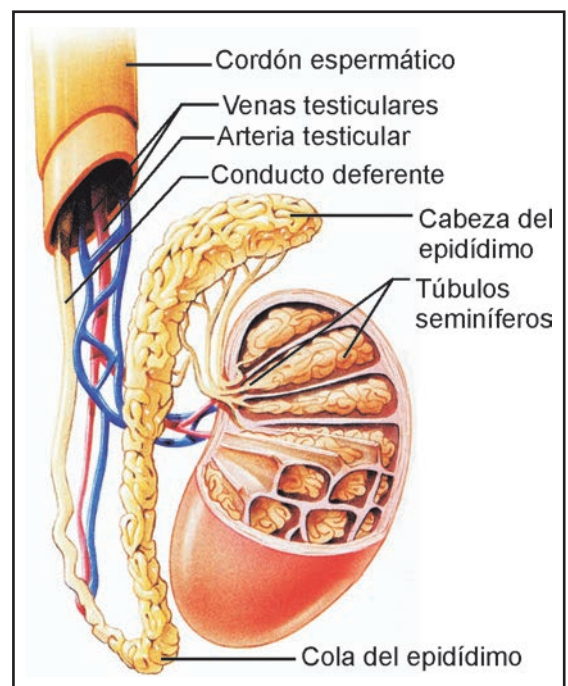


Figura 12.2. Estructura interna de un testículo.



Plano transversal

de la piel y crecimiento de la laringe y voz más gruesa. La testosterona también estimula el impulso sexual en el hombre.

El corte transversal de un túbulo seminífero revela que está revestido por varias células en diversas etapas de desarrollo. Las células más inmaduras son las **espermatogonias**. En dirección a la luz (cavidad) del túbulo, se observan capas de células cada vez más maduras, que en orden creciente de madurez son los **espermatoцитos primarios**, **secundarios** y **espermátidas**. Estas últimas maduran en un lapso aproximado de 74 días, convirtiéndose en **espermatozoides** estos se ubican en la luz del túbulo y empiezan a desplazarse por diversos conductos.

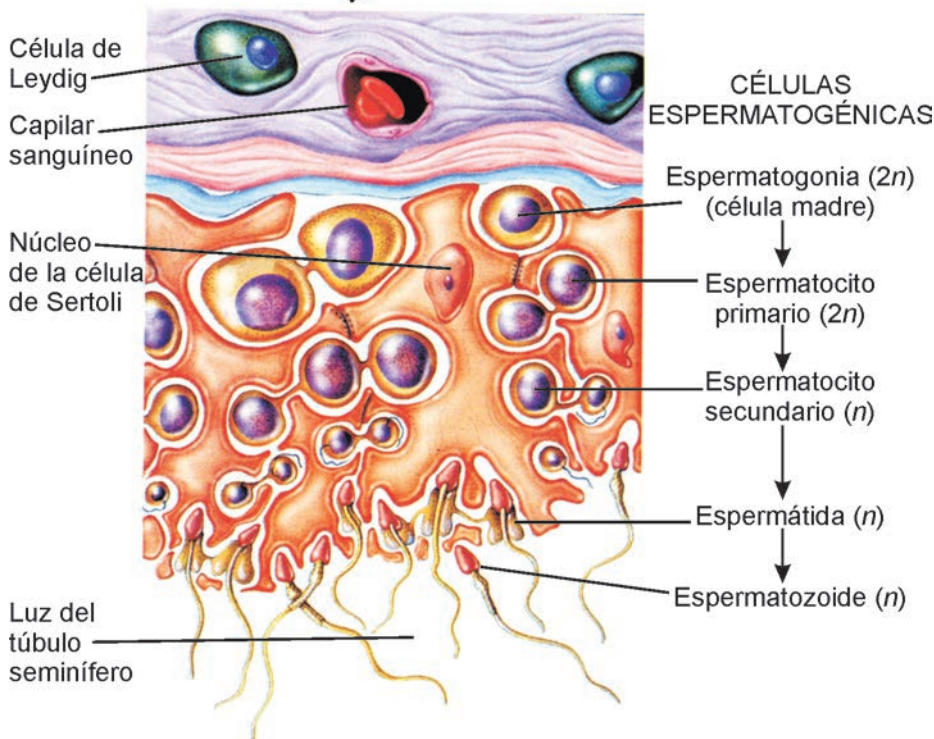


Figura 12.3. Corte transversal de un túbulo seminífero (arriba). Dibujo que nos muestra una sección del mismo corte, mostrando el proceso de espermatogénesis (abajo).

Entre los espermatozoides en desarrollo se encuentran las grandes **células de Sertoli**, que protegen y nutren a los gametos en desarrollo.

Espermatogénesis

La **espermatogénesis** es la formación de espermatozoides por meiosis en los testículos. Se produce en todos los túbulos seminíferos durante la vida sexual activa, que empieza aproximadamente a los 13 años de edad a consecuencia de estimula-

ción por la **hormona gonadotrófica de la hipófisis**, y continúa el resto de la vida.

Como ya se mencionó, los túbulos seminíferos están revestidos por células inmaduras, las **espermatogonias**, que son las “células madre” de la línea celular de los espermatozoides. La primera etapa de la espermatogénesis es el crecimiento de algunas espermatogonias para formar células mucho más voluminosas, llamadas **espermatoцитos primarios**, que sufren dos rápidas divisiones meióticas. Durante la primera división meiótica se forman **espermatoцитos secundarios**. Estos espermatoцитos secundarios sufren la segunda división meiótica y producen **espermátidas**. Cada espermátida se diferencia para dar un espermatozoide maduro. En conclusión, en la espermatogénesis se producen 4 espermatozoides (células haploides) a partir de una espermatogonia (célula diploide).

Recuerda que una célula haploide contiene un sólo juego de cromosomas, en el humano 23.

Espermatozoides

Los **espermatozoides** son pequeñas células delgadas, cuya forma recuerda a la de un renacuajo. Su tamaño es de aproximadamente 60 micrómetros de longitud. Comparada con el óvulo, el espermatozoide es unas veinte veces más pequeño que éste.

Los espermatozoides se forman o maduran con un ritmo de 300 millones por día, y una vez eyaculados, sobreviven en el sistema genital femenino unas 48 horas. Se trata de células con adaptaciones especiales para llegar hasta el ovocito secundario y penetrarlo. Están constituidos por la **cabeza** y la **cola**. En la cabeza está el núcleo, con 23 cromosomas, y el acrosoma que contiene enzimas que facilitan su penetración al ovocito secundario y así lograr la fecundación. La cola se divide en cuatro partes: cuello, pieza intermedia, pieza principal y pieza terminal. Las numerosas mitocondrias de la pieza intermedia aportan la energía (ATP) para su desplazamiento hacia el sitio de fecundación. La pieza principal es la porción mas larga de la cola.

Vías espermáticas

Son los conductos por donde pasan los espermatozoides desde su formación en los túbulos seminíferos hasta su expulsión o salida al exterior. Estos conductos son los siguientes:

Epidídimo

Cada **epidídimo** es un órgano en forma del signo de coma de unos 4 cm de largo, que se sitúa en la parte posterior de cada testículo. Cada epidídimo consiste principalmente de un conducto epididimario, muy enrollado. El epidídimo se continúa con el conducto deferente; tiene las siguientes funciones: es el sitio de maduración de los espermatozoides, y su almacén antes de la eyaculación. En este sitio los espermatozoides permanecen vivos por varios meses.

Conducto deferente

El **conducto deferente** que mide aproximadamente 45 cm de largo es continuación del epidídimo; sale de los testículos, llega al abdomen, pasa por detrás de la vejiga y penetra en la próstata, donde se une al conducto de la vesícula seminal para formar el conducto eyaculador. En cuanto al aspecto funcional, el conducto deferente transporta los espermatozoides durante la excitación sexual desde el epidídimo hacia la uretra. Al igual que el epidídimo, puede almacenar espermatozoides por muchos meses.

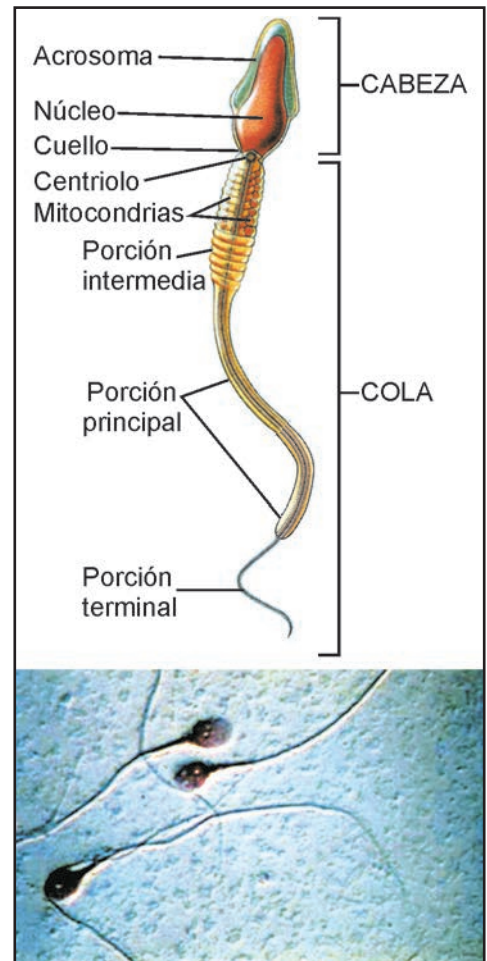


Figura 12.4. Dibujo de las partes de un espermatozoide (arriba) y espermatozoides humanos vistos a través de un microscopio óptico moderno (abajo).

Conducto eyaculador

Los dos **conductos eyaculadores** son túbulos de corta longitud que atraviesan la próstata y terminan en la uretra. Se encargan de transportar los espermatozoides a la uretra.

Uretra

La **uretra** es el conducto terminal del sistema reproductor y urinario del varón, es decir, el conducto por el que se expulsa el semen y la orina. Con alrededor de 20 cm de largo, pasa a través de la próstata y el pene.

Glándulas sexuales accesorias

Los conductos del aparato reproductor del varón almacenan y transportan los espermatozoides, mientras que las **glándulas sexuales accesorias** secretan o producen la porción líquida del semen. Las glándulas sexuales accesorias son las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales.

Vesículas seminales

Son dos estructuras en forma de bolsa, de uno 5 cm de largo, situadas a ambos lados de la vejiga. Secretan un líquido viscoso componente del semen, rico en fructosa. Como azúcar simple, la fructosa es la fuente de energía para la motilidad (movimiento) de los espermatozoides después de la eyaculación. Este líquido constituye cerca de 60% del volumen total del semen.

Próstata

Es una sola glándula situada debajo de la vejiga y atravesada por la uretra. La próstata secreta un líquido alcalino. Su alcalinidad ayuda a proteger a los espermatozoides del medio ácido de la uretra masculina y la vagina femenina, y de esta manera aumenta la motilidad de los espermatozoides. (La acidez inhibe o, si es lo bastante intensa, mata a los espermatozoides).

Glándulas bulbouretrales o de Cowper

Son dos glándulas del tamaño de un chícharo, situadas por debajo de la próstata. Desembocan mediante un conducto en la uretra. Su función es la de lubricar la uretra en el momento de la eyaculación. Añaden al semen una sustancia alcalina que contrarresta la acidez de la uretra.

Semen

El **semen** es una mezcla de espermatozoides y líquido seminal, un líquido formado a partir de las secreciones de los túbulos seminíferos, las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. El semen es un líquido blanco, lechoso y viscoso con un olor característico. El

volumen de semen de una eyacuación normal es de 2.5 a 5 ml, con 50 a 150 millones de espermatozoides/ml. Cuando este valor cae por debajo de los 20 millones/ml, se considera que el varón es infértil. Es necesario que haya un número muy grande de espermatozoides para la fecundación debido a que sólo una pequeña fracción logra alcanzar al ovocito secundario. El líquido seminal provee a los espermatozoides de un medio de transporte, nutrientes y protección del medio ácido que representan la uretra masculina y la vagina femenina.

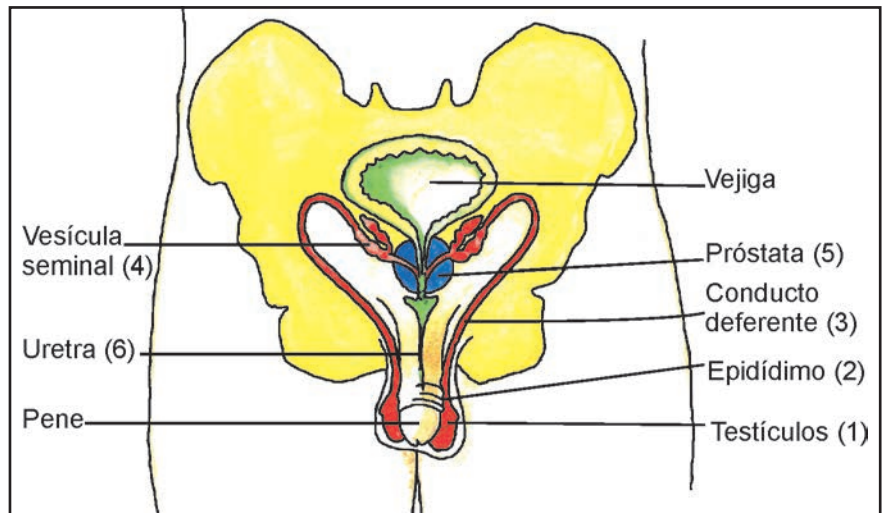


Figura 12.5. Dibujo del aparato reproductor masculino donde podemos observar los dos testículos, los dos epidídimos, los dos conductos deferentes, las dos vesículas seminales y los dos conductos eyaculadores. La numeración indica el recorrido de los espermatozoides, desde los testículos hacia el orificio de la uretra.

Pene

El **pene** es el órgano copulador masculino, es decir, es el órgano que interviene en el coito, con que el varón introduce los espermatozoides en la vagina de la mujer; contiene a la uretra y es la vía de paso para la eyacuación del semen y la excreción de la orina.

El pene tiene forma cilíndrica y está situado en la parte baja del abdomen, delante del pubis. Cuando se encuentra en estado de flaccidez o reposo, cuelga ante el escroto, y tiene por regla general la misma longitud que éste.

El pene es el órgano eréctil fundamental masculino. Debido a las terminaciones nerviosas que posee, es capaz de sentir numerosas sensaciones. Su tamaño varía de un hombre a otro, en esto influye también el estado de reposo o erección del mismo.

Algunos hombres poseen un pene pequeño cuando está flácido (en reposo), pero aumenta mucho de tamaño en el momento de la erección (cuando se pone duro). Puede ocurrir que en aquellos cuyo tamaño es grande no aumente proporcionalmente al pasar de un estado de reposo al de erección.

A pesar de que preocupa a muchos hombres el tamaño de su pene, no deben olvidar que éste no guarda relación ni con la capacidad reproductora ni con la gratificación sexual. Existen muchos varones que poseen un pene pequeño y tienen tantos hijos y sensaciones de placer como uno cuyo tamaño es mayor.

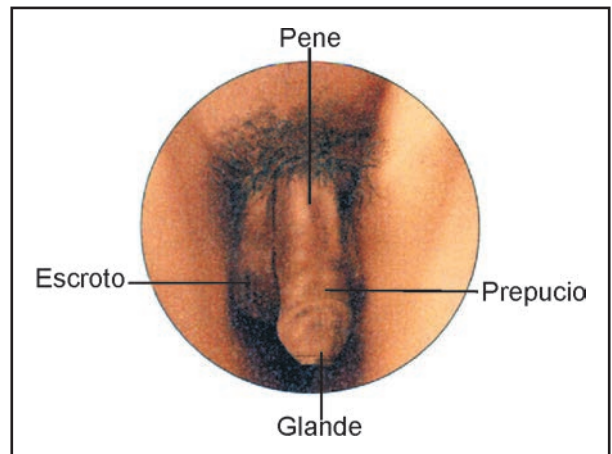


Figura 12.6. Órganos genitales masculinos externos: pene y escroto.

En el pene se distinguen tres partes:

Cuerpo. Está formado por tres masas cilíndricas de tejido eréctil: dos **cuerpos cavernosos** y un **cuerpo esponjoso** más pequeño, que contiene a la uretra y la mantiene abierta durante la eyaculación. La disposición y estructura de estas masas cilíndricas posibilita que el pene se alargue durante la erección. El tejido eréctil contiene numerosos vasos sanguíneos.

Glande. Es el extremo final del pene y está cubierto por el prepucio. En el centro existe una abertura que corresponde al meato urinario u orificio uretral. Es una de las partes más sensibles de los genitales masculinos debido a la gran cantidad de nervios sensitivos que posee, los cuales hacen que sea muy receptivo a la estimulación.

Prepucio. Piel que cubre el glande y que forma una envoltura más o menos laxa (floja) que puede retraerse. Cuando el pene está flácido, el prepucio cubre todo el glande. Este queda al

descubierto si se tira de la piel del pene hacia atrás. Durante la erección, el prepucio se retrae.

El prepucio está adherido al glande mediante el **frenillo**. En este punto se encuentra una de las partes más sensibles del pene.

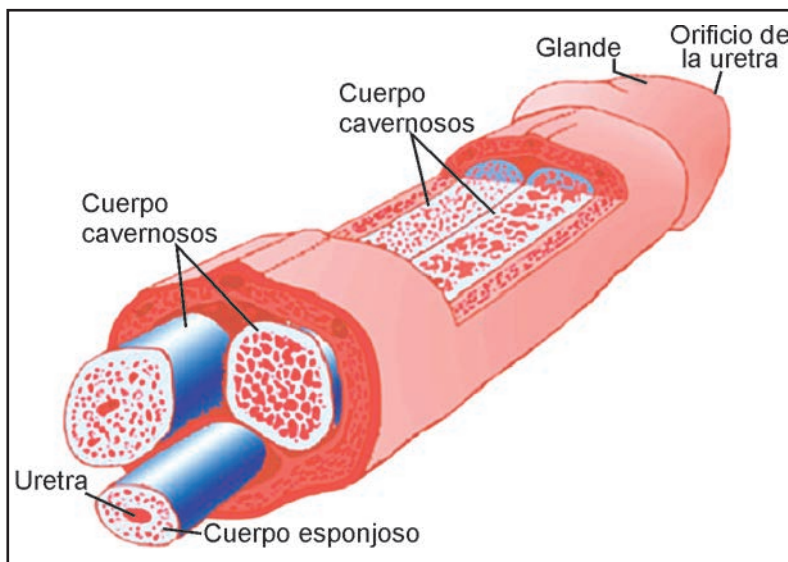


Figura 12.7. Corte del pene humano. El pene está formado por tres masas cilíndricas de tejido eréctil, las cuales se observan en el esquema.

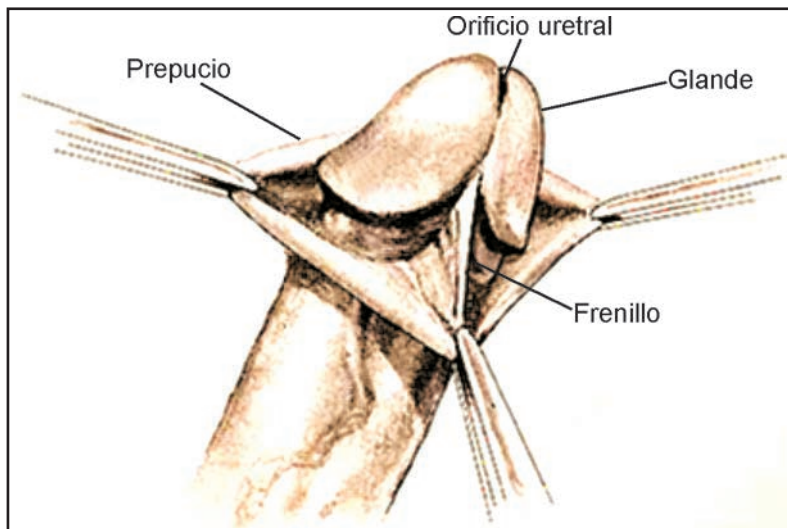


Figura 12.8. Glande y prepucio, mostrando la posición del frenillo



Circuncisión

Es una cirugía en la que se quita una parte o todo el prepucio. Se realiza para disminuir principalmente el riesgo de infecciones urinarias o bien por razones religiosas, en el caso de los judíos.

Funciones del varón en la reproducción

Las funciones del varón en la reproducción consisten en la producción de los espermatozoides e introducción de estas células en el cuerpo femenino durante el coito. Con objeto de que ocurra el coito, debe suceder primero erección del pene; para que los espermatozoides

entren en el cuerpo de la mujer, el semen debe ser eyaculado por el pene. Tanto la erección como la eyaculación se comentan a continuación:

- ❖ **Erección.** La erección del pene es un reflejo parasimpático iniciado principalmente por ciertos estímulos táctiles, visuales y mentales. Consiste en la dilatación de las arterias y arteriolas del pene. A medida que la sangre va llenando los vasos sanguíneos del tejido eréctil, este se va hinchando. Esto comprime las venas que extraen la sangre del pene, reduciendo el flujo sanguíneo de salida. Así, en el pene entra más sangre de la que sale, lo que hincha aún más el tejido eréctil. Debido a esto el pene se vuelve más grande, recto, duro y rígido, es decir, experimenta una **erección**.
- ❖ **Eyaculación.** Si la estimulación continúa, como la producida por los movimientos repetidos del pene en el interior de la vagina, esto producirá la eyaculación, o sea la expulsión del semen por el pene al exterior del cuerpo, acompañado de una sensación placentera. La eyaculación es el resultado de varias contracciones musculares involuntarias coordinadas, incluyendo aquellas de las paredes del epidídimo y conductos deferentes, desalojando a los espermatozoides por los conductos hacia la uretra. Al mismo tiempo, las vesículas seminales, la próstata y las glándulas de Cowper liberan sus secreciones. El semen sale a borbotones del extremo del pene a través de la uretra. Para impedir que se produzca la micción (expulsión de la orina) mientras se produce la eyaculación, una pequeña válvula situada en la base de la vejiga se cierra automáticamente.

Como ya se mencionó, el volumen promedio de semen en cada eyaculación es de 2.5 a 5 ml. Muchos jóvenes tienen con frecuencia eyaculaciones durante la noche. Esta emisión nocturna es un fenómeno fisiológico normal, a través del cual el aparato reproductor masculino se libera de las cantidades excesivas de semen. El joven no tiene control alguno sobre este proceso y es indicio de que su cuerpo está madurando.

Aparato reproductor femenino

El **aparato reproductor femenino** está formado por distintos órganos destinados a producir los ovocitos secundarios.

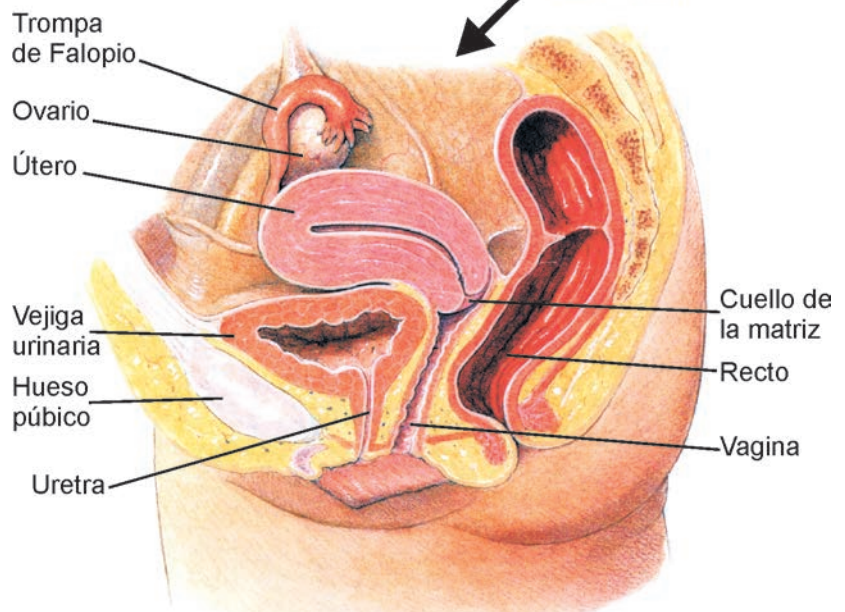
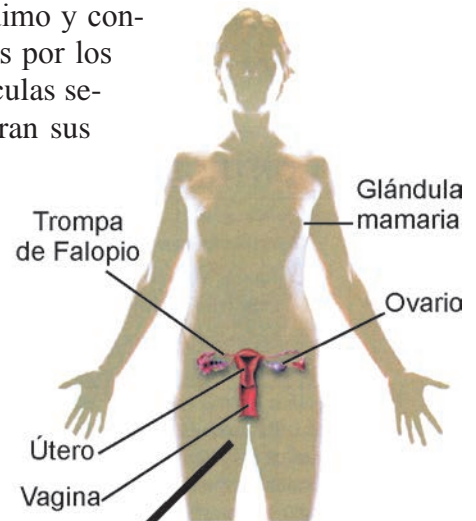


Figura 12.9. Órganos del aparato reproductor femenino y corte sagital del mismo.

darios, posibilitar la fecundación de los mismos por los espermatozoides, contener y nutrir el feto durante la gestación y expulsarlo en el acto del parto.

El aparato reproductor femenino comprende los siguientes órganos: los ovarios (gónadas femeninas), las trompas uterinas (de Falopio), el útero, la vagina, y los genitales externos, llamados en conjunto vulva. También corresponden a este aparato las glándulas mamarias, órganos encargados de alimentar al recién nacido en las primeras etapas de su vida.

Ovarios

Son las gónadas o glándulas sexuales femeninas. Los ovarios son homólogos (es decir, equivalentes) de los testículos del varón. Son dos órganos compactos de forma ovalada, del tamaño de una almendra grande; miden aproximadamente 25 mm de largo y 15 mm de ancho. Están situados uno a cada lado del útero.

En su constitución interna se distinguen dos partes: una parte central, que recibe el nombre de **médula** y una parte externa, llamada **corteza**. En ella se encuentran los elementos esenciales del ovario, los **folículos ováricos**. Cada folículo está constituido por un óvulo inmaduro rodeado por una capa de células. Dependiendo del grado de madurez del óvulo, los folículos pueden ser: primarios, secundarios y De Graaf.

Los ovarios producen:

- ❖ Gametos, ovocitos secundarios que se desarrollan hasta formar el óvulo después de la fecundación.
- ❖ Hormonas sexuales femeninas llamadas estrógenos y progesterona, que actúan sobre el

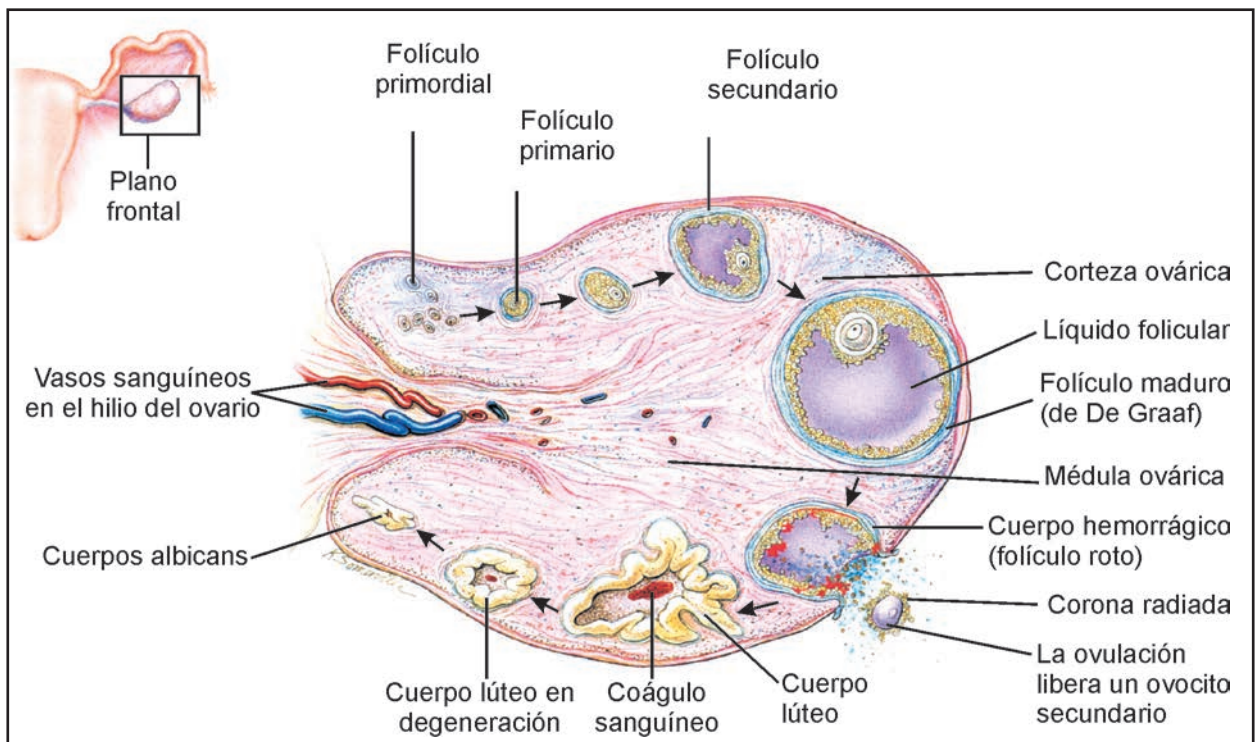


Figura 12.10. Corte frontal de un ovario. Las flechas indican las etapas de desarrollo de los folículos ováricos.

aparato reproductor y especialmente sobre el útero, preparándolo para la fecundación, nidación y nutrición del embrión.

Los estrógenos participan en el desarrollo y conservación de las estructuras de la mujer que participan en la reproducción, en particular el endometrio, así como las características sexuales secundarias incluyen la distribución de grasa en mamas, abdomen y caderas; la tonalidad aguda de la voz, el ensanchamiento de la pelvis y la distribución de vello corporal en la mujer.



Quistes de ovario

Un quiste ovárico es una bolsita llena de líquido, se forma en el interior o sobre el ovario. Son muy comunes y por lo general no son cancerosos, por lo que desaparecen espontáneamente. Los quistes cancerosos son más comunes en mujeres mayores de 40 años. Pueden causar dolor durante el acto sexual y periodos menstruales irregulares. Cuando miden más de 5 cm deber ser extirpados quirúrgicamente.

Ovogénesis

La **ovogénesis** es el proceso de meiosis que se realiza en los ovarios para producir gametos femeninos. En la mujer, la ovogénesis empieza antes del nacimiento. La célula precursora en la ovogénesis es diploide y recibe el nombre de **ovogonio**. En los inicios del desarrollo prenatal de los ovarios, los ovogonios proliferan por mitosis y en el tercer mes de desarrollo se transforman en células de mayor tamaño, llamadas **ovocitos primarios**. Al nacer la niña, los ovocitos primarios están en la profase de la primera división meiótica, “profase suspendida”, en la cual permanecen durante muchos años hasta que se alcanza la madurez sexual. A partir de la pubertad, varios folículos primarios (contienen al ovocito primario) responden cada mes al aumento en la concentración de las hormonas folículo-estimulante (**HFE**) secretada por la glándula hipófisis. Al madurar los folículos primarios, la profase meiótica se reanuda. La primera división meiótica, para cada óvulo en desarrollo, se completa poco tiempo antes de la ovulación. Las células resultantes de esta primera división meiótica son dos células de tamaño desigual. La célula más pequeña, o **primer cuerpo polar**, se desintegra. La otra célula, más grande, es el **ovocito secundario**, que recibe la mayor parte del citoplasma de la célula original.

Al tener lugar la **ovulación**, son expulsados del ovario tanto el ovocito secundario como el cuerpo polar. Normalmente estas células son arrastradas hacia el interior de la trompa de Falopio y, si hay espermatozoides en este conducto y uno de ellos penetra al ovocito secundario, tiene lugar la **fecundación**, completándose la **meiosis II**. El ovocito secundario ya fecundado da origen a dos células de tamaño desigual, ambas haploides (con 23 cromosomas). La célula grande es el **óvulo**, mientras que la pequeña es el cuerpo polar secundario.

El primer cuerpo polar experimenta en ocasiones otra división, que da origen a dos cuerpos polares. En tal situación, la meiosis del ovocito primario origina un solo óvulo y tres cuerpos polares, todos haploides. Sea cual fuere el caso, todos los cuerpos polares se desintegran. Observa este proceso en la figura 12.11.

Cada mes es liberado un ovocito secundario y una vez que abandona el ovario, tiene un período de supervivencia máximo de unas 48 horas. Tanto el ovocito secundario como el óvulo son células esféricas.

El óvulo es una de las células más grandes del cuerpo humano, mide 200 micrómetros de diámetro. A causa de su tamaño se le denomina **macrogameto**. A diferencia de los espermatozoides, los óvulos carecen de movilidad.

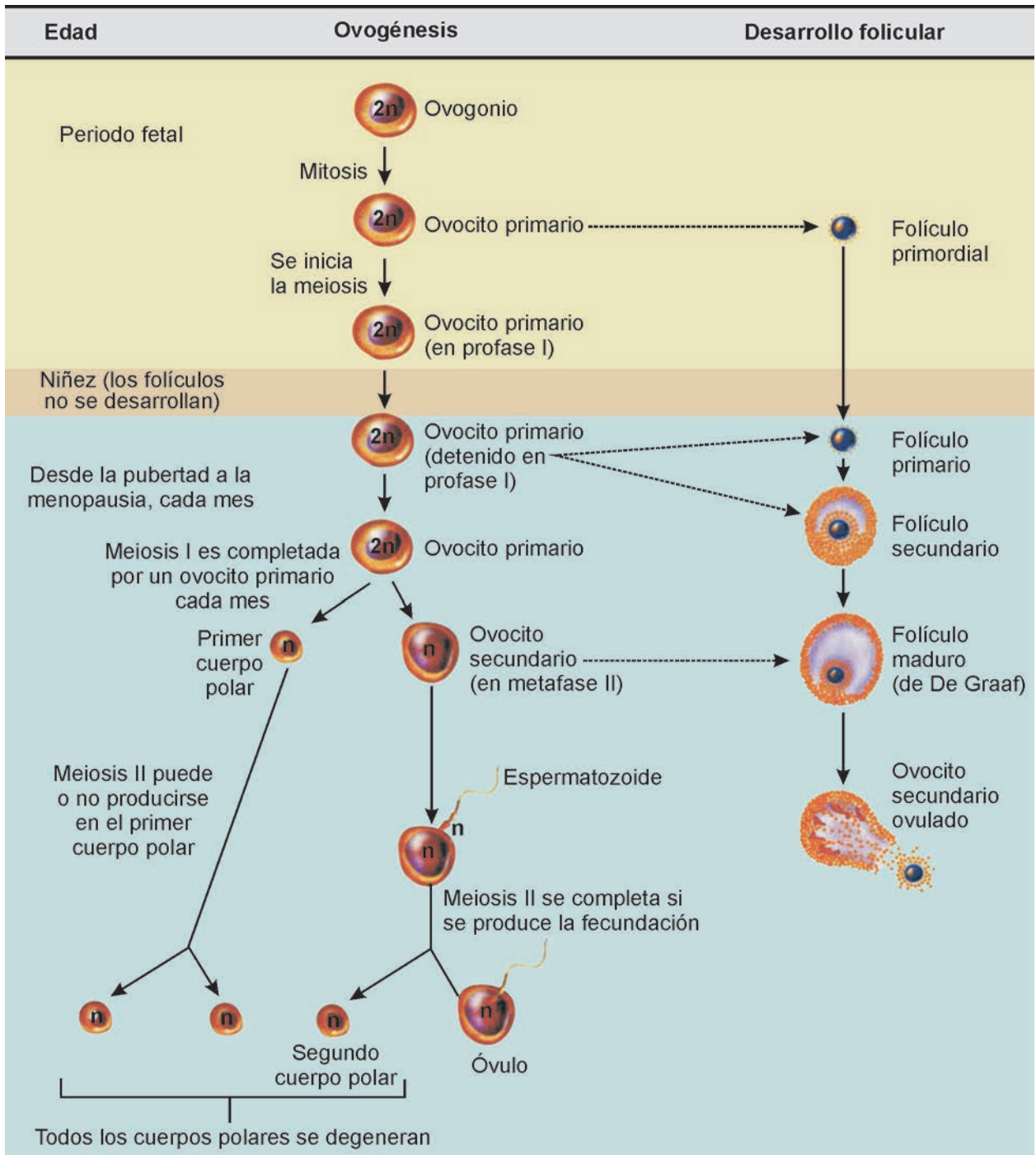


Figura 12.11. Resumen de la ovogénesis y el desarrollo folicular.

A continuación se ofrece un esquema-resumen de las diferentes características de las células sexuales.

Características	Célula sexuales	
	Masculina (Espermatozoide)	Femenina (Óvulo)
Tamaño	Microgameto 60 micrómetros	Macrogameto 200 micrómetros
Forma	De renacuajo	Redonda
Se origina en	Testículos	Ovarios
Producción	Continua	Cíclica
Desplazamiento activo	Si	No

Tabla 12.1. Principales diferencias de los gametos humanos.

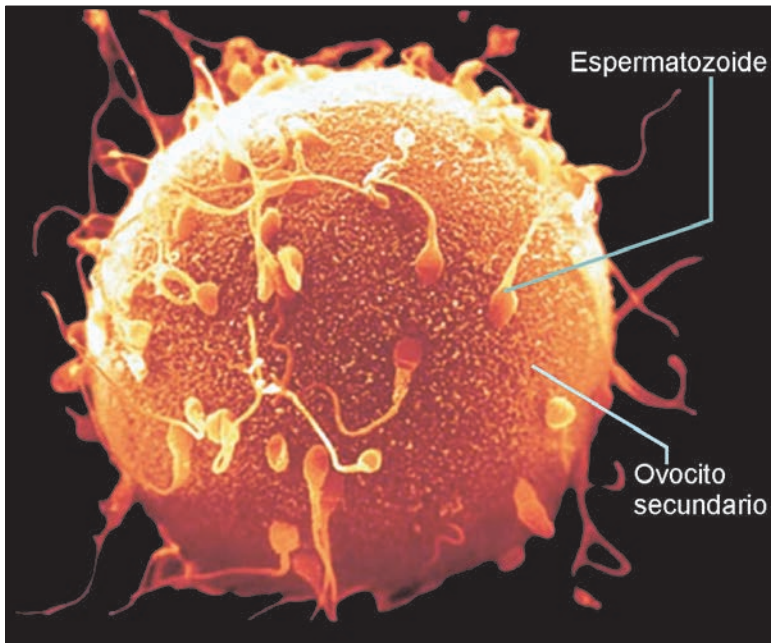


Figura 12.12. Microfotografía de barrido de un ovocito secundario humano rodeado por espermatozoides.

Trompas uterinas

Las **trompas uterinas** (de Falopio) u oviductos, son dos conductos, uno derecho y otro izquierdo, que se extienden desde el ovario hasta el ángulo superior del útero. Su misión es recoger el ovocito secundario cuando se rompe el folículo de De Graaf y transportarlo a la cavidad uterina, donde se fijará, si ha sido fecundado, y de donde será expulsado, en caso contrario.

Miden unos 10 cm de largo y constan de una porción tubular y de un extremo abierto llamado **infundíbulo**, en forma de embudo, provisto de unas prolongaciones en forma de dedo, llamadas **fimbrias**.

Las trompas están revestidas por células ciliadas cuyo movimiento hace que el ovocito secundario entre en ella y se desplace hacia el útero.

Útero (matriz)

El **útero** o **matriz** forma parte del trayecto que siguen los espermatozoides depositados en la vagina para llegar a las trompas uterinas. Así, tam-

bién es el sitio de implantación del óvulo fecundado, desarrollo para el feto durante el embarazo y con sus contracciones expulsa al nuevo ser humano durante el parto.

En la mujer adulta tiene forma de pera, de unos 7 a 8 cm de largo y 5 cm de ancho. Consta de una parte superior o **cuerpo**, de forma triangular, en cuyos ángulos superiores desembocan las trompas de Falopio, y de una parte inferior o **cuello (cervix)**, que se abre hacia la vagina.

El útero está constituido por tres capas de tejido:

- ❖ Endometrio (capa interna). El endometrio a su vez se divide en dos capas: la **capa funcional**, que reviste la cavidad uterina (se desprende durante la menstruación), y la capa

más profunda llamada **capa basal**, que es permanente y da origen a la capa funcional después de cada menstruación. La capa funcional se engruesa cada mes, a partir de la pubertad y hasta la menopausia, para que el cigoto se implante si se realiza la fecundación. Si esto no ocurre, se desprende lentamente y sale al exterior, dando lugar a la **menstruación**.

- ❖ **Miometrio (capa media)**. Es una capa muscular con numerosas arterias. Cuando se contrae en el momento del parto, el feto pasa del útero a la vagina y de ésta al exterior.
- ❖ **Perimetrio (capa externa)**. Recubre todo el útero menos la zona del cuello.

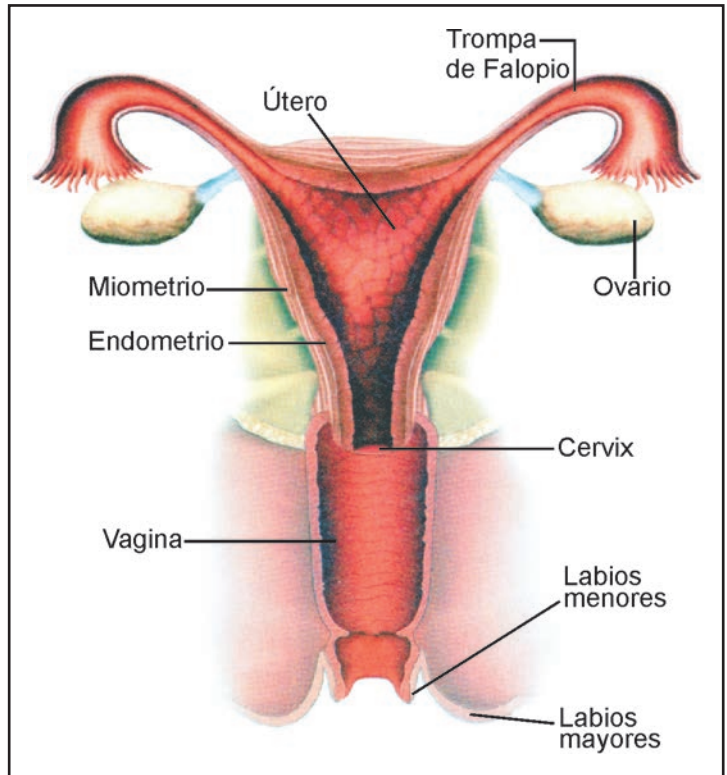


Figura 12.13. Órganos del aparato reproductor femenino.



Endometriosis

La **endometriosis** se caracteriza por el crecimiento de tejido endometrial fuera del útero, en órganos como los ovarios, y en casos muy graves en los riñones, en la vejiga urinaria o el intestino grueso. Puede causar infertilidad y generalmente ocasiona dolores premenstruales y menstruales muy intensos. Sin embargo, existen ya varios tratamientos, tanto para disminuir las molestias como para lograr la fecundación.



Cáncer cervical

Comienza con el cambio de tamaño, forma, organización y número de las células del cuello (cervix) de la matriz, es decir, una **displasia** cervical, la cual de no atenderse puede progresar a cáncer (**neoplasia**). En la mayoría de los casos, el cáncer cervical puede detectarse en sus estadios más tempranos por medio de un examen conocido comúnmente como Papanicolaou, donde se toma una muestra de células del cuello de la matriz, se colocan sobre un portaobjetos, se someten a coloración y se observan al microscopio.

Existe evidencia de que el virus del papiloma humano (causante de verrugas genitales) que se transmite sexualmente es un factor que puede desencadenar el cáncer cervicouterino. En nuestro país fallecen al día aproximadamente 12 mujeres por causa de este cáncer.

Vagina

La **vagina** es un conducto muscular tubular que mide unos 10 cm de largo desde el cuello uterino hasta el vestíbulo. En el extremo inferior del **orificio vaginal**, está un pliegue delgado de mucosa vascularizada, el **hímen**, que cierra parcialmente dicho orificio.

La vagina es el receptáculo del pene durante las relaciones sexuales, el lugar de salida para el flujo menstrual y el canal de parto.

Órganos genitales externos

En conjunto, los órganos genitales externos femeninos reciben el nombre de **vulva**. Están dispuestos alrededor de la cavidad vaginal y situados delante del ano en la parte inferior del pubis, entre los muslos. La vulva está constituida por: **monte del pubis**, **labios mayores**, **labios menores**, **clítoris** y **vestíbulo**.

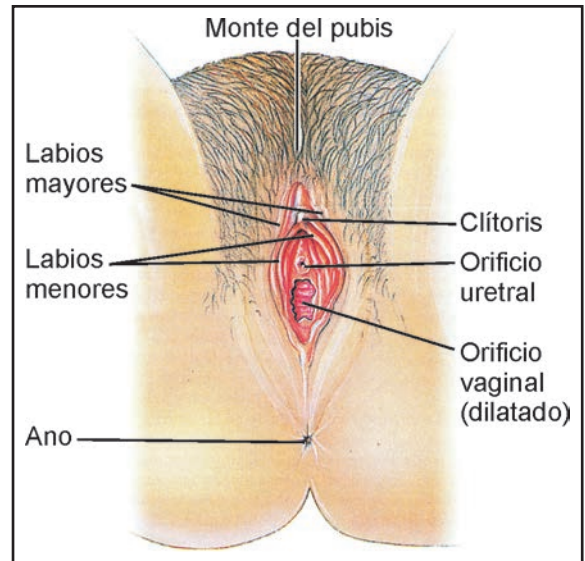


Figura 12.14. Estructuras que constituyen la vulva.

Monte del pubis

Es una elevación de tejido adiposo (graso) situada inmediatamente por encima del clítoris; en la pubertad se cubre de vellos gruesos (vello púbico) que persisten toda la vida.

Labios mayores

Son los dos pliegues longitudinales de piel más externos que recubren a los labios menores. Los labios mayores están cubiertos por vello púbico y contienen glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas.

Labios menores

Son dos pliegues de piel situados por dentro de los labios mayores; rodean íntimamente los orificios vaginal y uretral; carecen de vello púbico.

Clítoris

Es un pequeño órgano que consiste en tejido eréctil y nervios, situado en la unión anterior de los labios menores. Una capa de piel, o **prepucio del clítoris**, se forma en el punto de unión de los labios menores y cubre el cuerpo del clítoris. La porción expuesta de este es el **glante**. Al igual que el pene, aumenta de tamaño como resultado de la estimulación táctil.

El clítoris posee numerosas terminaciones nerviosas que lo hacen muy sensible al tacto. Su función es básicamente sexual y placentera; su excitación provoca la sensación de orgasmo en la mujer.

Vestíbulo

El vestíbulo es la región que limitan los labios menores, dentro de él están el **orificio vaginal**, el **orificio uretral** y las **glándulas de Bartholin**. Estas últimas se localizan a ambos lados del orificio vaginal y tienen como función producir una secreción mucoide que se suma al moco cervical para complementar la lubricación durante la relación sexual.

Ciclo reproductor femenino

El ciclo reproductor femenino se produce una vez al mes desde la **menarca** (primera menstruación) hasta la **menopausia** (última menstruación). Comprende a los ciclos ovárico y uterino, los cambios hormonales que los regulan y los cambios cíclicos relacionados que se observan en las mamas y el cuello uterino.

Durante la edad fecunda, las mujeres no embarazadas presentan cambios cíclicos en los ovarios y en el útero. Cada ciclo implica a la ovogénesis así como también la preparación del útero para recibir a un ovocito secundario fecundado. El ciclo ovárico comprende una serie de fenómenos que ocurren en los ovarios durante y después de la maduración de un ovocito secundario.

El ciclo uterino (menstrual) comprende una serie de cambios que ocurren en el endometrio que lo prepara para la llegada de un ovocito secundario fecundado, que se desarrollará allí hasta el momento de su nacimiento. Si la fecundación no ocurre, disminuyen las hormonas ováricas y se produce el desprendimiento de la capa funcional del endometrio.

La duración del ciclo reproductor femenino es en promedio de 28 días y se calcula desde el primer día de la menstruación hasta el primer día de sangrado de la siguiente.

Fases del ciclo reproductor femenino

Se acostumbra dividir el ciclo reproductor femenino en fases, que reciben el nombre de los fenómenos principales que ocurren en ellos. Estas fases están determinadas por la acción de diversas **hormonas**, las cuales se mencionan en la tabla 12.2.

1. Fase menstrual o menstruación
2. Fase preovulatoria
3. Ovulación
4. Fase posovulatoria

Fase menstrual o menstruación

Es la expulsión periódica de 50 a 150 ml de sangre (proviene de los capilares de la capa funcional del endometrio), líquido tisular, moco y tejido epitelial destruido. Se genera por la reducción súbita en las concentraciones de **estrógenos** y **progesterona**, lo que provoca que la capa funcional del endometrio se desintegre y se desprenda poco a poco del cuerpo bajo la forma de sangrado. El

HORMONA	GLÁNDULA QUE LA SECRETA
1. HFE (Hormona folículo estimulante) Función: estimula el desarrollo inicial de los folículos ováricos y la secreción de estrógenos por estos.	Lóbulo anterior de la hipófisis
2. HL (Hormona luteinizante) Función: estimula el desarrollo posterior de los folículos ováricos hasta la ovulación, así como la secreción de progesterona por los folículos.	Lóbulo anterior de la hipófisis
3. ESTRÓGENOS Función: promueven el desarrollo y mantenimiento de los órganos reproductores femeninos (especialmente el endometrio), de las características sexuales secundarias y las mamas.	Ovarios (folículos)
4. PROGESTERONA Función: prepara al útero para recibir y desarrollar al óvulo fecundado o fertilizado.	Ovarios (cuerpo lúteo o amarillo)

Tabla 12.2. Hormonas del ciclo reproductor femenino.

sangrado o flujo menstrual pasa a la vagina y de ésta al exterior. Por lo general, termina hacia el quinto día del ciclo, momento en que se ha desprendido por completo la capa funcional y el endometrio es muy delgado, ya que sólo queda la capa basal.

La menstruación también es llamada **período** o **regla**; durante los 30 a 35 años que una mujer está capacitada para concebir, menstrúa alrededor de 300 a 500 veces. Durante la fase menstrual, también está activo el **ciclo ovárico**.

Bajo la influencia de la HFE, varios folículos maduran y forman folículos primarios y luego secundarios.

Fase preovulatoria

Durante esta fase, uno de los folículos secundarios madura y se transforma en **folículo de De Graaf**, que está listo para la ovulación. En los comienzos de esta fase, la HFE es la secretada por la hipófisis en mayor cantidad, pero la hormona luteinizante (HL) aumenta conforme se acerca la ovulación.

La HFE y la HL estimulan, la producción de una mayor cantidad de estrógenos por parte de los folículos, lo que a su vez origina la reparación del endometrio. Las células de la capa basal entran en mitosis y producen una nueva capa funcional.

Ovulación

La ovulación, o sea, la ruptura del folículo de De Graaf con liberación del ovocito secundario en la cavidad pélvica, usualmente tiene lugar en el día 14 de un ciclo de 28 días, pero con la descarga del ovocito secundario, el papel del folículo no ha terminado. Estimulado por la HL, se transforma en el **cuerpo lúteo** o **amarillo**.

Fase posovulatoria

Representa el periodo de tiempo entre la ovulación y la iniciación de la menstruación siguiente. Después de la ovulación, la secreción de HL estimula el desarrollo del cuerpo lúteo, que a su vez secreta cantidades crecientes de estrógenos y progesterona. Esta última es la que prepara al endometrio para que reciba el cigoto. Entre las actividades preparatorias, el endometrio se engruesa y se vuelve más vascular.

Si no se presenta la fecundación y la implantación, el cuerpo lúteo degenera (se transforma en el cuerpo blanco que desaparece) y deja de fabricar hormonas, por lo que disminuye la concentración de estrógenos y progesterona. Esta disminución brusca de ambas hormonas origina una nueva menstruación y una nueva salida de hormonas de la hipófisis, especialmente HFE, con lo que se inicia un nuevo ciclo ovárico.

Si se presenta fertilización e implantación, el cuerpo lúteo se conserva durante los primeros tres o cuatro meses del embarazo, en los cuales secreta estrógenos y progesterona. Tal conservación depende de la **gonadotropina coriónica humana**, hormona que sintetiza la placenta en desarrollo. Esta también secreta estrógenos, que conservan el embarazo, y progesterona, que tiene esta misma función y la del desarrollo de las mamas para la lactación.

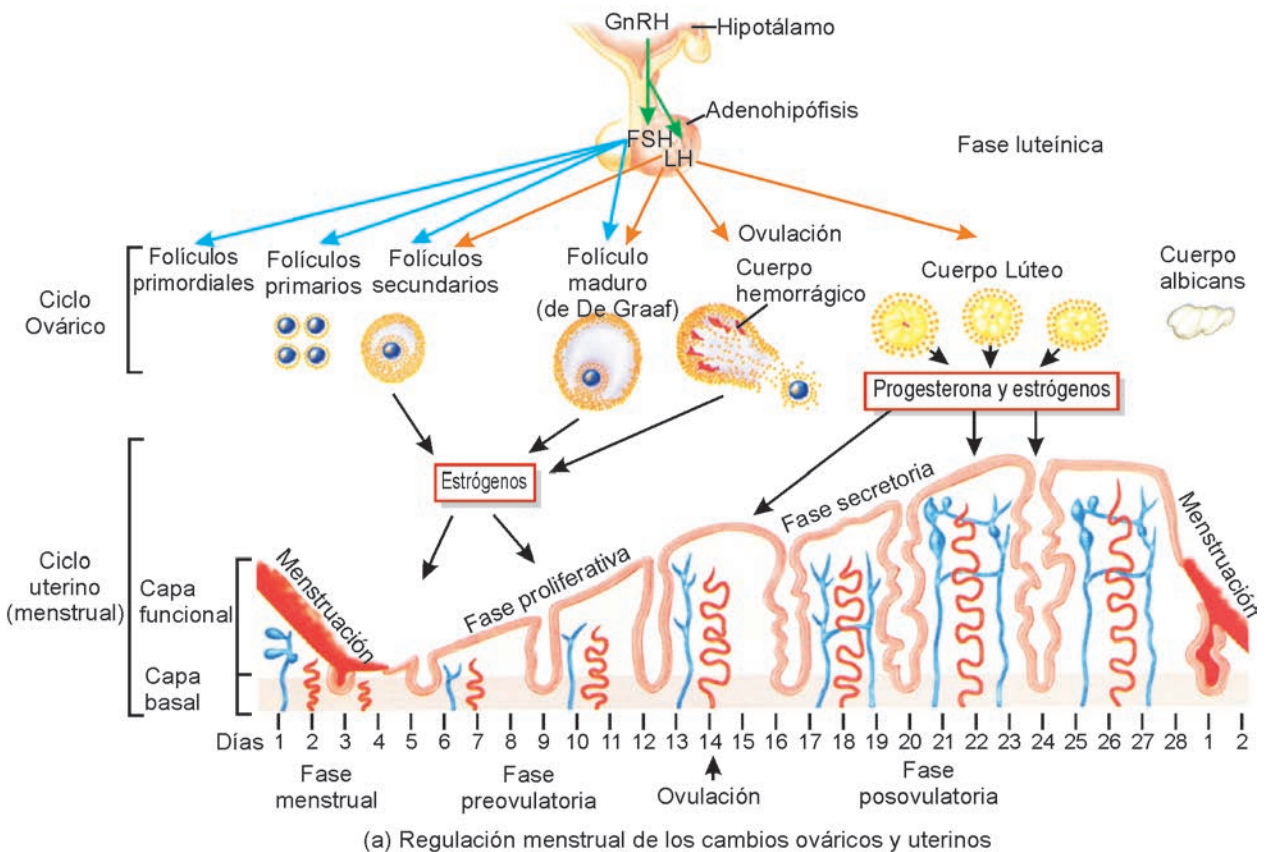


Figura 12.15. Ciclo menstrual y ovárico. Obsérvese que durante la fase menstrual la capa funcional del endometrio es muy delgada ya que se ha desprendido y ha sido eliminada en forma de sangrado por la vagina.

La fecundación

Durante la **fecundación**, el material genético que proviene del espermatozoide haploide y el que aporta el ovocito secundario haploide, se unen para formar un único núcleo diploide. El ovocito fecundado se llama **cigoto**. Una célula diploide contiene un juego de cromosomas de cada célula progenitora. Todo ser humano es el producto de la unión de estas células. La fecundación tiene lugar en la trompa que está del mismo lado que el ovario que desprendió el ovocito secundario.

Los espermatozoides que han alcanzado el ovocito secundario buscan un lugar por donde perforar su membrana. Entre los numerosos espermatozoides que rodean a esta célula sólo uno será capaz de fecundarlo. En el momento en que uno consigue penetrar su membrana, se manifiesta una serie de transformaciones que impiden la entrada de otros espermatozoides.

La cabeza del espermatozoide segrega una enzima que destruye las células foliculares que rodean al ovocito secundario y a su membrana. En el citoplasma de éste penetra sólo la cabeza del espermatozoide, que es la portadora de la carga hereditaria. El cuerpo y la cola del espermatozoide quedan fuera.

La fecundación sólo puede producirse dentro de las 12 horas siguientes a la ovulación, ya que el ovocito secundario va perdiendo vitalidad hasta que muere a las 48 horas.

Glándulas mamarias

Las **glándulas mamarias** conocidas también como **mamas**, **pechos** o **senos** están situadas sobre los músculos pectorales y unidos a ellos por una capa de tejido conectivo. Cada mama es una proyección (elevación) semiesférica de tamaño variable. En su cima presenta un área de piel pigmentada circular, llamada **aréola**, en cuyo centro sobresale una elevación cilíndrica, el **pezón**, que posee una serie de aberturas de conductos (galactóferos), por donde sale la leche.

Dentro de cada mama encontramos una glándula mamaria, (glándula sudorípara modificada que produce leche). Cada glándula mamaria está formada por 15 a 20 lóbulos o compartimentos separados por una cantidad variable de tejido adiposo. La cantidad de éste es el factor del que depende el tamaño de las mamas, que no tiene relación alguna con la cantidad de leche que se produce durante la lactación.

Cada lóbulo está formado, a su vez, por varios compartimentos pequeños llamados **lobulillos**, constituidos por racimos de células glandulares secretoras de leche llamadas **alvéolos**. De cada

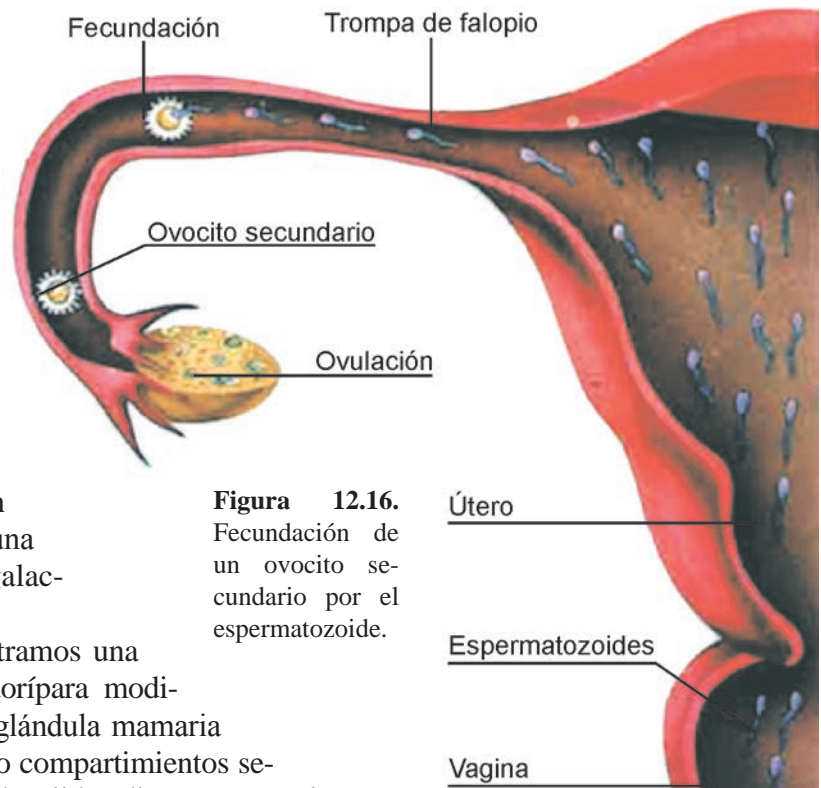


Figura 12.16. Fecundación de un ovocito secundario por el espermatozoide.

racimo salen conductos que se van reuniendo en un único **conducto galactífero** para cada lóbulo, de modo que en la superficie de un pezón hay de 15 a 20 pequeñas aberturas.

La función de las mamas es la **lactación**, esto es, la síntesis, secreción y salida de la leche para alimentar al recién nacido. Durante el embarazo, las altas concentraciones de estrógenos y progesterona estimulan el aumento de tamaño de las mamas. Después del nacimiento, la hormona **prolactina**, secretada por la hipófisis anterior, estimula la producción de leche. Cuando un bebé mama, la hipófisis posterior libera **oxitocina**, que estimula la expulsión de la leche desde los alvéolos a los conductos.

Las glándulas mamarias toman sustancias nutritivas de la sangre y elaboran la leche a partir de éstas. La leche materna posee un alto valor nutritivo, es rica en proteínas, azúcares y grasas, por lo que es el mejor alimento para el recién nacido. Además, contiene anticuerpos que lo protegen de una serie de infecciones.

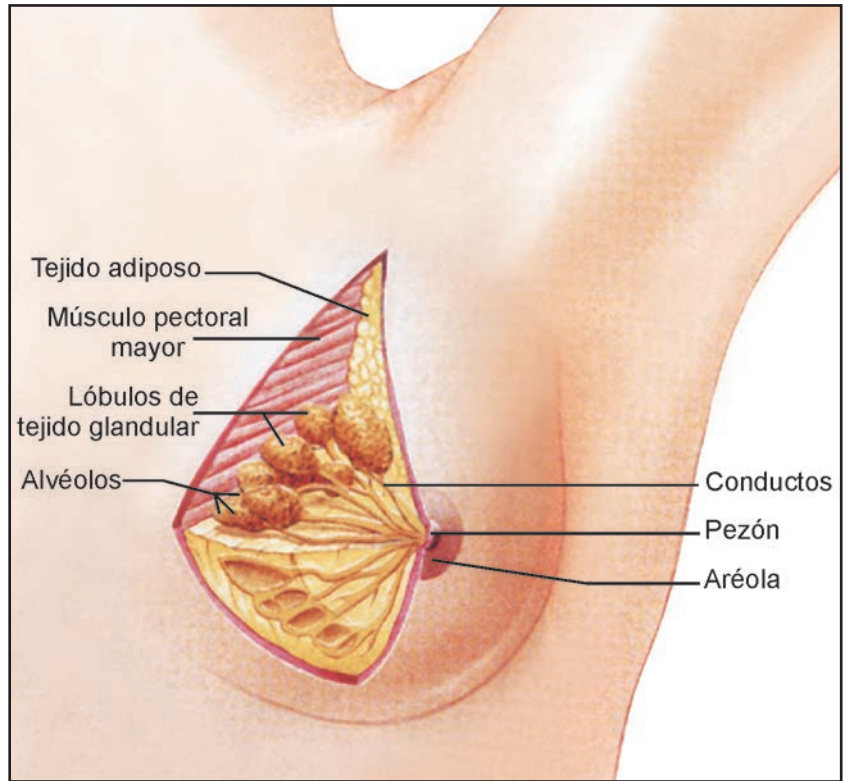


Figura 12.17. Vista anterior parcialmente seccionada de una mama femenina.



Figura 12.18. El autoexamen de las mamas debe realizarse por lo menos una vez al mes, después de la menstruación.

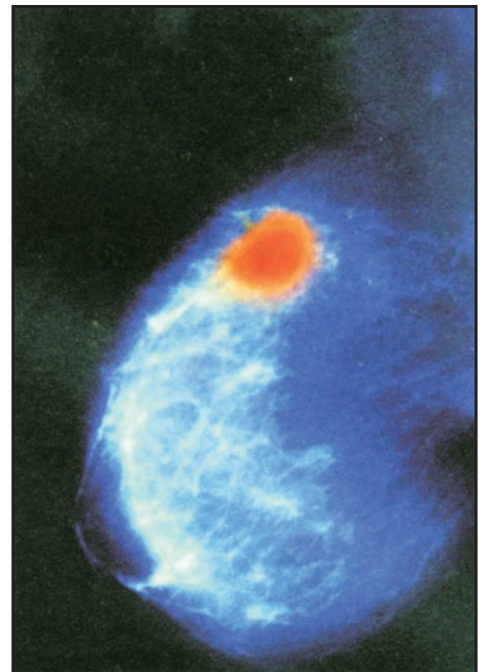


Figura 12.19. Mamografía mostrando una zona de cáncer de mama (mancha roja). La mamografía es un tipo de radiografía muy efectiva para la detección de tumores en las mamas.



Cáncer de mama

Es la primera causa de muerte de mujeres en el mundo, alrededor de 400 mil mueren al año por este cáncer. Sólo en Estados Unidos mueren al año más de 40 mil mujeres y en México fallecieron en el último sexenio más de 23 mil por esta causa, según reportes de la Secretaría de Salud. El cáncer de mama no respeta nivel social o académico.

La incidencia del cáncer de mama se eleva rápidamente luego de la menopausia. No es usual que aparezca antes de los 30 años. Puede aparecer en varones, pero es muy raro.

Entre los factores de riesgo se incluyen el sobrepeso (especialmente después de la menopausia), la ingestión excesiva de alcohol, la falta de ejercicio físico y el tabaquismo. Las mujeres con antecedentes familiares de cáncer de mama tienen mayor riesgo, especialmente en madres o hermanas.

La mastectomía (extirpación quirúrgica de la mama), la radioterapia y la quimioterapia son los métodos habituales para tratar el cáncer de mama. La detección temprana por autoexamen de mamas y mamografías aumenta mucho la probabilidad de curación y supervivencia. Un autoexamen puede salvar la vida porque ayuda a detectar oportunamente tumores en los senos. Todas las mujeres mayores de 20 años deben desarrollar el hábito de autoexaminarse las mamas mensualmente justo al final de su periodo menstrual (o con la misma frecuencia si ya no menstrúan).

Autoexamen:

(Paso 1)

- ❖ En la regadera, coloca el brazo derecho detrás de la cabeza. Usa las yemas de los tres dedos de en medio de tu mano izquierda para examinarte el seno derecho.
- ❖ Realiza movimientos circulares presionando ligera, mediana y firmemente.
- ❖ Sigue un movimiento de arriba abajo.
- ❖ Siente si se detectan cambios en el seno (abultamientos, asperezas o nudos), arriba y debajo de la línea de la clavícula y en el área de la axila.
- ❖ Repite el procedimiento en el seno izquierdo.

(Paso 2)

- ❖ Frente al espejo, revisa si hay cambios en la forma, tamaño o apariencia de los senos. Detecta si hay hoyuelos (huecos), irritaciones o fruncimientos (como la piel de naranja) en la piel o el pezón, secreciones en el pezón o cualquier otro cambio. También inspecciona tus senos con los brazos a los lados del cuerpo y con los brazos sobre la cabeza.

(Paso 3)

- ❖ Acuéstate y coloca una toalla bajo tu hombro derecho. Ponga la mano derecha detrás de la cabeza. Examina el seno derecho con la mano izquierda. Repite esta acción en el seno izquierdo.

Relación sexual (acto sexual)

La **relación sexual** o **coito** es el proceso por el que se depositan espermatozoides en la vagina.

Desde el punto de vista biológico, el acto sexual se inicia con un periodo de excitación provocada por estímulos de diverso tipo, táctiles, visuales, etc., que conducen a la erección del pene en el hombre y en la mujer se manifiesta por la erección del clítoris y con la turgencia (abultamiento) de los labios menores.

Los movimientos rítmicos de avance y retroceso del pene dentro de la vagina provocan una estimulación psíquica que conduce al **orgasmo** o punto de máxima excitación sexual, que en el hombre se manifiesta por la eyacuación del semen y en la mujer se acompaña por contracciones del útero y de la vagina. El orgasmo es una sensación intensa de placer, en la mujer es conocido como **clímax**.

Después del orgasmo hay una disminución de la tensión física y psíquica, una relajación muscular y un regreso a su tamaño normal del pene, clítoris y labios menores.

Métodos de control de la natalidad

Los métodos de control de la natalidad se refieren a la restricción del número de hijos por medio de distintos métodos diseñados para controlar la fecundidad y evitar la concepción. No existe un único método ideal. El único método 100% confiable que evita el embarazo es la abstinencia total, es decir, evitar las relaciones sexuales. Hay muchos métodos anticonceptivos disponibles como los hormonales, de barrera, naturales y quirúrgicos, los cuales se describen a continuación.

Métodos hormonales

Los métodos hormonales son el método más efectivo de control de la natalidad, después de la abstinencia y la esterilización quirúrgica. El primero de estos métodos que apareció en el mercado fue el anticonceptivo oral conocido como “la píldora”, más de 80 millones de mujeres en todo el mundo utilizan los anticonceptivos orales. Existen otros tipos de anticonceptivos hormonales, algunos de ellos son: los parches cutáneos, el anillo vaginal y las inyecciones intramusculares.

Anticonceptivos orales (la píldora)

Se basa en la inhibición de la ovulación mediante la administración de hormonas (estrógenos y progesterona) que se toman en pastillas. Su uso debe ser controlado por un médico ya que a veces se pueden presentar problemas en mujeres con várices, diabetes, afecciones cardíacas, depresiones, etc.



Figura 12.20. “La píldora.”

Parches cutáneos

Contienen estrógenos y progesterona y se ponen en la piel una vez a la semana por tres semanas. Cada semana se debe remover un parche y colocar uno nuevo en otra área de la piel. Para permitir la menstruación, el parche no se utiliza durante la cuarta semana.

Anillo vaginal

El anillo vaginal tiene forma de una dona delgada y flexible de plástico, que se inserta en la vagina, donde libera hormonas. Este anillo se utiliza durante tres semanas, en la cuarta se retira para permitir la menstruación.

Inyección intramuscular

Contiene hormonas que impiden la ovulación y su efecto dura tres meses.

Métodos de barrera (mecánicos)

Están diseñados para impedir el acceso de los espermatozoides hacia el ovocito secundario. Los anticonceptivos de barrera son el dispositivo intrauterino, el diafragma, el preservativo y el saco vaginal. Además de evitar el embarazo, estos dos últimos métodos anticonceptivos pueden también proveer cierta protección contra enfermedades de transmisión sexual (ETS) como el SIDA.



Píldora del día siguiente

“La píldora de la mañana siguiente” es una dosis grande de anticonceptivos orales. Es conocida como “el plan B”. La píldora son realmente 2 pastillas, una es tomada 72 horas después de la relación sexual y la segunda 12 horas más tarde.

Se cree que el “plan B” actúa principalmente como un anticonceptivo de emergencia, previniendo la ovulación o la fecundación. Adicionalmente, puede inhibir la implantación del cigoto.

No es eficaz una vez que el proceso de implantación ha comenzado.

Es muy importante recalcar que, como su nombre lo indica, la anticoncepción de emergencia es exactamente para eso, para emergencias, como puede ser en caso de violación; cuando fallan otros métodos (por ejemplo, si se rompió el condón, o se olvidó tomar dos o más pastillas anticonceptivas); o si se tuvieron relaciones sexuales sin protección. Pero no debe de ser usado continuamente porque implica ingerir altas dosis de hormonas.



Figura 12.21. La píldora de la mañana siguiente.

Dispositivos Intrauterinos (DIU)

El **DIU** es un objeto pequeño de plástico, cobre o acero inoxidable, que se coloca en el interior del útero y tiene como función impedir la nidación del cigoto. El dispositivo debe ser seleccionado y aplicado en el interior del útero por un médico. Delgados hilos de plástico salen de la matriz hacia la vagina. El DIU queda colocado permanentemente hasta que la mujer desea embarazarse, momento en el cual el médico extrae el dispositivo.

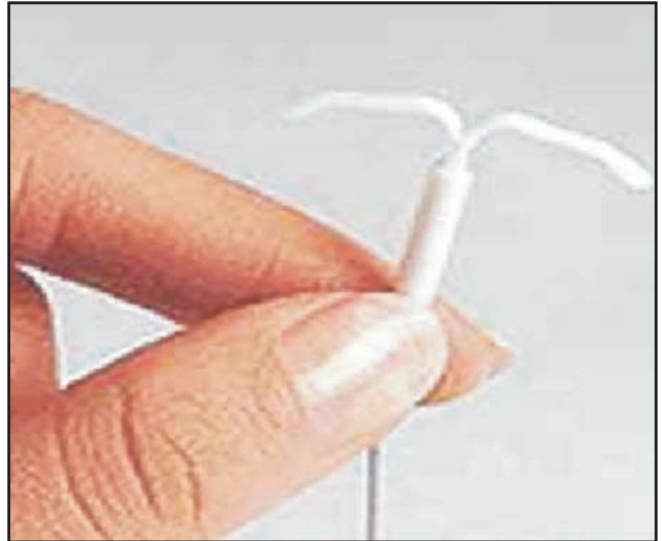


Figura 12.22. El dispositivo intrauterino (DIU).



Figura 12.23. Diafragma.

Diafragma

Está fabricado de goma y tiene forma de cúpula que se ajusta sobre el cuello del útero. Se utiliza junto con un espermicida (espumas, cremas, supositorios y lavados vaginales que matan a los espermatozoides). El diafragma bloquea mecánicamente el paso de la mayoría de los espermatozoides hacia el cervix y el espermicida elimina a los que logran atravesarlo.

Preservativo

El **preservativo** o **condón** es una cubierta elástica, de látex. Los condones son baratos, sencillos de usar, desechables, y se encuentran disponibles en todas las farmacias. El condón es una simple vaina cilíndrica con un anillo de látex alrededor en el extremo abierto. El extremo cerrado, por lo general es plano, pero algunos tienen una bolsita que proporciona espacio para el semen eyaculado. El condón se coloca sobre el pene erecto (rígido) poco antes del coito, de modo que el semen quede en su interior y no penetre al aparato reproductor de la mujer.



Figura 12.24. El condón o preservativo.

Saco vaginal

El **saco vaginal** también llamado **condón femenino**, es una funda de poliuretano, blanda pero resistente, que se inserta en la vagina antes de la relación sexual.

Métodos naturales

Estos métodos no son anticonceptivos en sentido estricto, pues más que técnicas que impidan el embarazo son una serie de prácticas sexuales que dificultan la fecundación. Algunos son el coito interrumpido y el método del ritmo.



Figura 12.25. Saco vaginal.

Coito interrumpido

Esta práctica requiere que el hombre retire el pene de la vagina de la mujer antes de que se produzca la eyaculación. El coito interrumpido constituye la forma más antigua y conocida de anticoncepción.

Método del ritmo

El **método del ritmo** o **de calendario** consiste en evitar el contacto sexual durante el tiempo de la ovulación o alrededor de la misma. Este método se trata simplemente de contar los días transcurridos desde el inicio de la menstruación hasta llegar al día 14 en que se espera que ocurra la ovulación y evitar las relaciones sexuales cinco días previos y cinco días posteriores. Sin embargo, la dificultad de este método es la imposibilidad de predecir con exactitud el momento de la ovulación. Este método sólo puede utilizarse cuando la mujer tiene ciclos menstruales regulares.

Métodos quirúrgicos

Además de los anteriores métodos anticonceptivos descritos, existen otros métodos de control de la natalidad como la **esterilización**, un procedimiento quirúrgico que vuelve a una persona incapaz de reproducirse. La esterilización es el único método sin contraindicaciones y completamente eficaz de anticoncepción. Aquí estudiaremos la vasectomía, que se realiza en los hombres, y la ligadura de trompas, (salpingoclasia), en la mujer.

Vasectomía

La **vasectomía** es una intervención relativamente sencilla que suele practicarse con anestesia local, en la que se extirpa una porción de cada conducto deferente. En esta intervención se efectúa una incisión en el escroto, se localizan los conductos, se anuda cada uno de ellos en dos sitios y se

extirpa la porción situada entre los nudos. La formación de espermatozoides continúa en los testículos, pero degeneran porque no pueden llegar al exterior como resultado del seccionamiento de los conductos. La vasectomía no tiene efectos sobre el impulso y la función sexual y, de practicarse correctamente, su eficacia es prácticamente de 100%.

Ligadura de las trompas de Falopio (salpingoclasia)

En la ligadura de las trompas se realiza una incisión en la cavidad abdominal, se cortan las trompas de Falopio y se suturan (ligan) con grapas o se cauterizan de manera que los dos extremos no se encuentren, manteniendo a los ovocitos secundarios y espermatozoides separados. La esterilización normalmente no afecta el disfrute o función sexual.

En la actualidad, existen técnicas para restablecer la funcionalidad de los conductos obstruidos, de tal forma que se puede recuperar la fertilidad tanto en hombres como en mujeres.

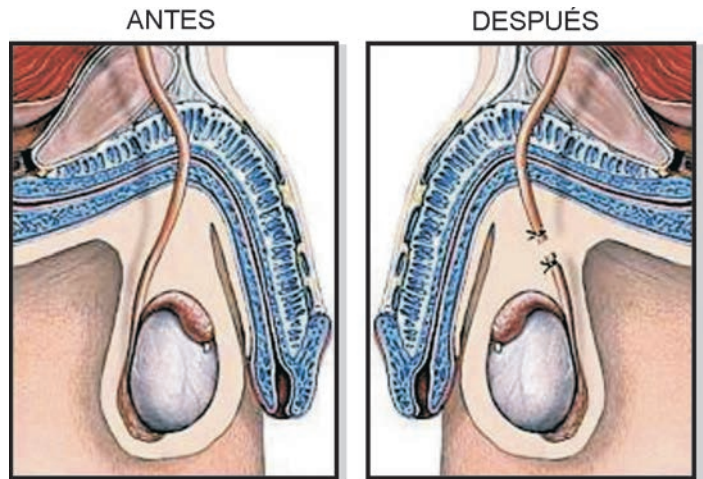


Figura 12.26. Durante la vasectomía se seccionan ambos conductos deferentes, y los extremos son plegados y ligados, impidiendo que los testículos liberen espermatozoide. Después de esta cirugía, al semen le faltan los espermatozoides.

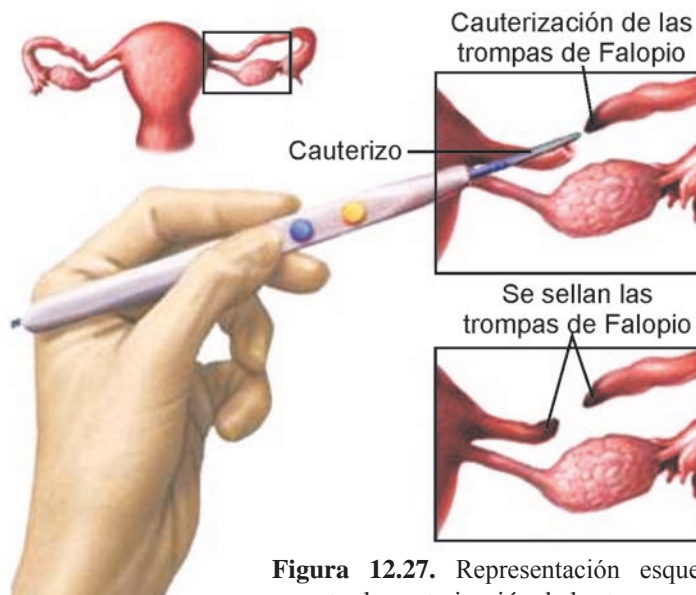


Figura 12.27. Representación esquemática que muestra la cauterización de las trompas de Falopio.

Actividad de laboratorio



Realizar la actividad 9 “Espermatozoide humano” que se encuentra en la p. 309.

Autoevaluación

Repaso de la unidad

Completa los espacios en blanco de los siguientes enunciados:

1. Órgano donde se producen los espermatozoides: _____, por un proceso llamado _____.
2. Las estructuras de sostén del aparato reproductor masculino son _____ y _____.
3. _____ es la glándula que produce una secreción alcalina que forma parte del semen.
4. El semen es una mezcla de _____ y _____.
5. El recorrido de los espermatozoides por el aparato reproductor masculino es el siguiente; túbulos seminíferos → _____ → _____ → _____ → _____ → exterior del cuerpo.
6. _____ es la fusión de un espermatozoide y de un _____ secundario. Este proceso tiene lugar en _____.
7. Los órganos femeninos de la reproducción son: _____, _____, _____, _____ y _____.
8. El _____ es la capa del útero que se engruesa cada mes preparándose para un posible embarazo.
9. Las glándulas mamarias o _____ tienen como función _____. La hormona _____ estimula la producción de leche y la _____ estimula la salida de la leche.
10. La dilatación de los vasos sanguíneos que penetran los tejidos eréctiles del pene, produce _____.

Indica cuál de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- 11. Las mitocondrias en la parte media del espermatozoide producen ATP utilizado para motilidad. ()
- 12. Los estrógenos promueven el desarrollo y mantenimiento de los órganos reproductores femeninos y las características sexuales secundarias. ()
- 13. Los anticonceptivos orales actúan irritando las paredes del útero de forma que no sea apto para el desarrollo fetal. ()
- 14. El ovocito secundario completa meiosis II y forma un óvulo y un cuerpo polar solo si se produce la fecundación. ()
- 15. El endometrio recubre la vagina. ()

Contesta las siguientes preguntas:

- 16. ¿Qué funciones desempeñan los testículos?

- 17. ¿Qué diferencias hay entre la ovogénesis y la espermatogénesis?

- 18. ¿Por qué el espermatozoide es una célula haploide?

- 19. ¿Qué papel desempeña el pene en la reproducción?

- 20. ¿Cuáles son las funciones del aparato reproductor femenino?

- 21. ¿Qué funciones desempeñan los ovarios?

- 22. ¿Qué sucede durante la fecundación?

- 23. ¿Qué nombre recibe el proceso por el cual un ovocito secundario sale del ovario?

- 24. ¿Qué significan los términos “menarca” y “menopausia”?

25. ¿Cuáles son los métodos anticonceptivos de barrera?

26. ¿Qué es la píldora del día siguiente y cuándo se debe de utilizar?

27. ¿Cuáles son los cuatro tipos de anticonceptivos hormonales?

28. ¿Cuáles y cómo algunos métodos para el control de la natalidad protegen de enfermedades de transmisión sexual?

Elige la opción correcta a las siguientes preguntas y enunciados:

29. Es el sitio de implantación del óvulo fecundado:

- | | | |
|----------------------|----------|-----------|
| a) Trompa de Falopio | b) Útero | c) Vagina |
| d) Ovario | e) Vulva | |

30. Su desprendimiento da lugar a la menstruación o regla:

- | | | |
|---------------|-----------------|---------------|
| a) Miometrio | b) Perimetrio | c) Endometrio |
| d) Capa media | e) Capa externa | |

31. La principal hormona sexual masculina es:

- | | | |
|-----------------|-----------------|--------|
| a) Estrógeno | b) Progesterona | c) FSH |
| d) Testosterona | e) Oxitocina | |

32. Actúa como receptáculo del pene durante las relaciones sexuales:

- | | | |
|-------------|-------------------|----------|
| a) Vagina | b) Cervix | c) Vulva |
| d) Clítoris | e) Labios mayores | |

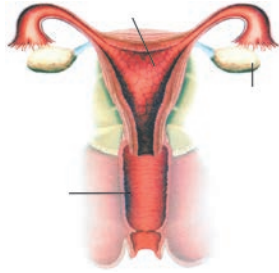
33. ¿Cuál de las siguientes células es haploide?

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| a) Ovogonio | b) Ovocito primario |
| c) Ovocito secundario | d) Cuerpo lúteo |
| e) Célula folicular | |

34. Después de la ovulación, el ovocito secundario pasa a:

- | | | |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| a) Ovario | b) Cuerpo lúteo | c) Cuello uterino |
| d) Trompa de Falopio | e) Vagina | |

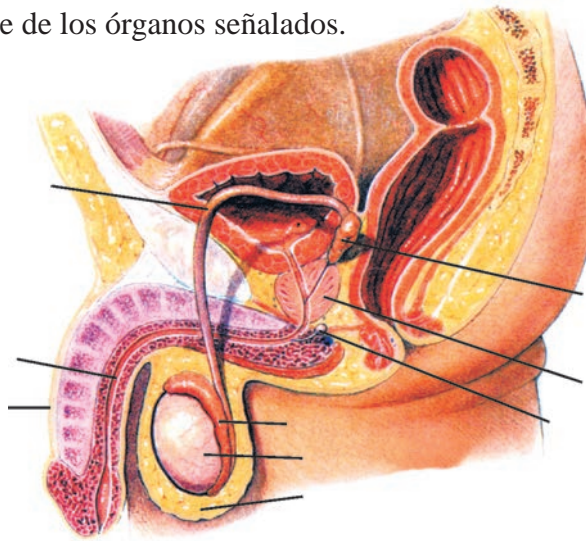
35. El dibujo muestra el aparato reproductor femenino. ¿Qué estructuras indican las flechas?



- a) Labios mayores, útero, oviducto
- b) Útero, oviducto, vagina
- c) Útero, ovario, vagina
- d) Endometrio, cérvix, ovario
- e) Ovario, vagina, cérvix

Rotula la siguiente figura:

36. Anota el nombre de los órganos señalados.



37. Completa el siguiente cuadro:

Órgano	Función
Ovarios	
	Recogen el ovocito secundario y lo transportan a la cavidad uterina.
Útero	
	- Receptáculo del pene durante la relación sexual. - Lugar de salida del flujo menstrual. - Canal de parto.
Vulva	

Aplicación de conceptos

38. ¿Por qué el varón produce muchos espermatozoides y la mujer pocos óvulos?

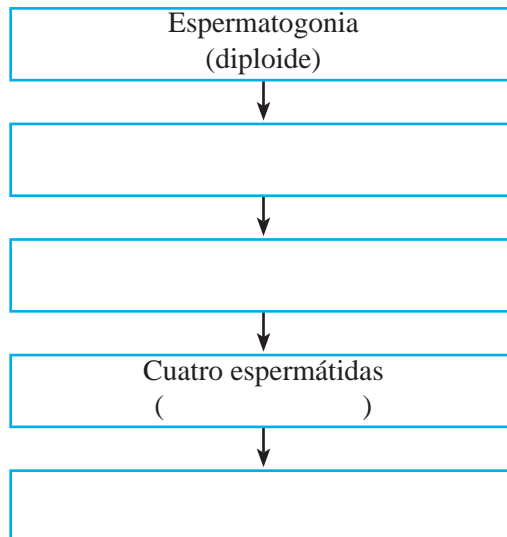
39. La menstruación se interrumpe durante el embarazo. Explica por qué sucede esto:

40. A veces, un cigoto no llega al útero y se fija a la pared de una trompa de Falopio ¿Por qué podría ser muy peligroso esta situación para la madre?

Construye y aprende

41. Elabora un mapa conceptual que presente los órganos que constituyen el aparato reproductor femenino, incluyendo su función.

42. Completa el siguiente diagrama de flujo sobre el proceso de espermatogénesis. Indica si la célula formada es haploide o diploide.



43. Elaboren por equipos una tabla con los principales métodos anticonceptivos. El encabezado deberá incluir método, modo de acción, ventajas y desventajas de su uso. Preséntenla al resto del grupo y concluyan cuáles son los mejores métodos anticonceptivos.

NOTA: Algunos ejercicios de la autoevaluación fueron tomados y otros adaptados de los siguientes libros: Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*.

Actividades de laboratorio



Actividad 1

Huellas digitales (dactilares)



Habilidades

Observar, comparar y clasificar.

Problema

- ¿Cuáles son tus patrones básicos de huellas digitales?
- ¿Son únicas tus huellas digitales?
- ¿Son iguales a las huellas digitales de tus compañeros?

Estrategia

Durante esta investigación, marcarás tus propias huellas digitales y encontrarás tus patrones dactilares. Compararás el patrón dactilar de tus huellas con las huellas digitales de tus compañeros de clase.

Hipótesis

Cada persona tiene su propia forma de huellas digitales, éstas son diferentes a las de cualquier otra persona en el mundo.

Materiales

Equipo: lupa y cojín con tinta negra.

Procedimiento

1. Presiona la yema de tu dedo pulgar en el cojín con tinta.
2. Con un movimiento giratorio de izquierda a derecha cuidadosamente marca tu huella en el cuadro correspondiente (figura 1.2 Tus huellas digitales).
3. Repite los pasos 1 y 2 para los otros cuatro dedos.
4. Examina tus huellas digitales con una lupa e identifica el patrón de dibujo que tienen, comparando con los patrones básicos que aquí se muestran:



En arco



En espiral



En lazo



Combinada

Figura 1.1. Patrones básicos de huellas digitales.

5. Ahora compara tus huellas digitales con las de tus compañeros de la mesa de trabajo.

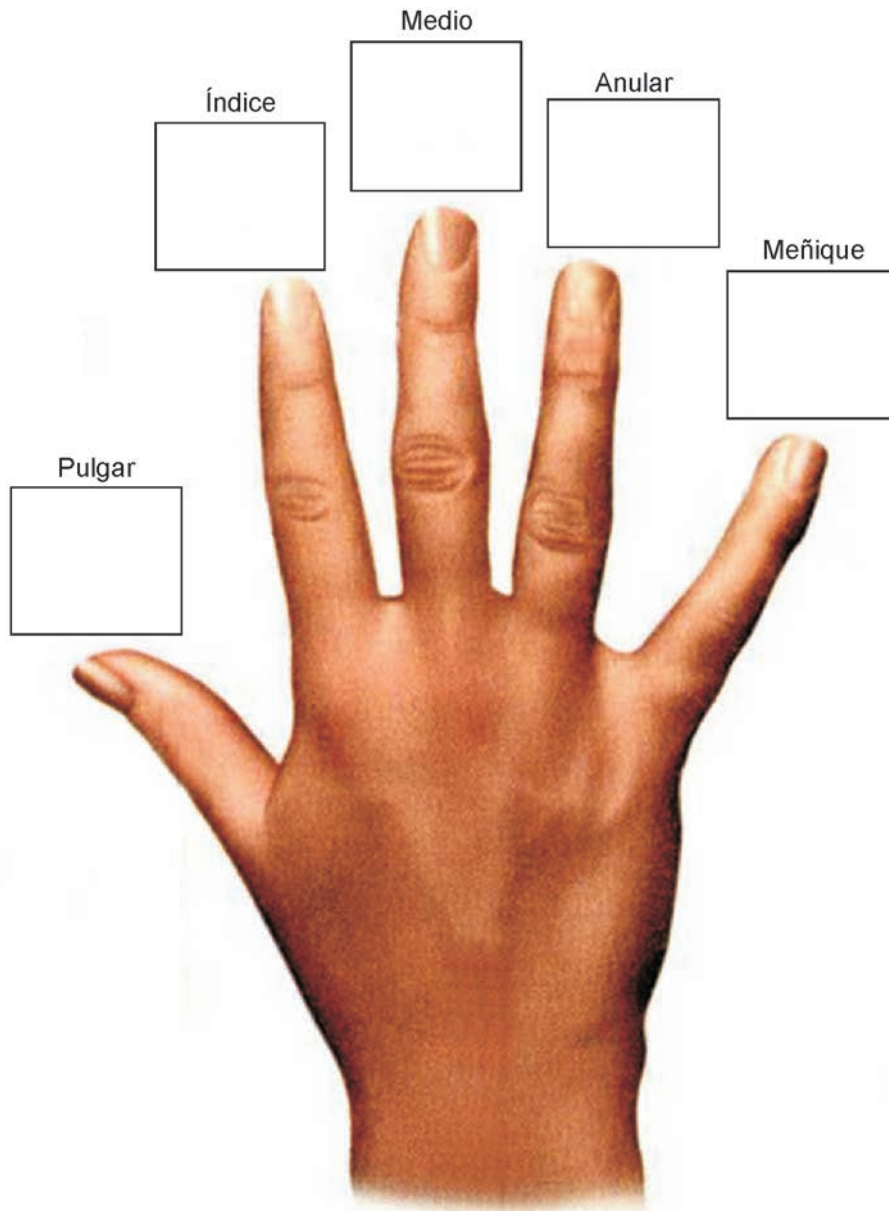


Figura 1.2 Tus huellas digitales.

Análisis

1. ¿Alguna de tus huellas muestra patrones similares en cuanto a su forma general? Si es así, ¿cuál patrón es similar? _____ ¿En cuál de los dedos ocurre? _____
2. ¿Alguna de tus huellas mostró una combinación de dos o más patrones básicos?

3. ¿Tienes los mismos patrones de huellas que algunos de tus compañeros de clase?

4. ¿Por qué las huellas digitales son un buen método para identificar a una persona?

Conclusión

Anota tu conclusión con base en tus observaciones.

Actividad 2

Estructura del hueso

Habilidades

Observar, manipular, identificar, contrastar.

Problema

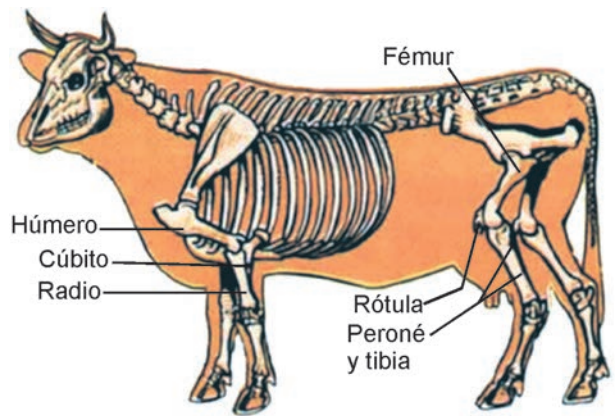
¿Cuál es la estructura macroscópica, tanto externa como interna de un hueso?

Estrategia

Durante esta actividad, observarás e identificarás la estructura macroscópica tanto interna como externa de un hueso.

Hipótesis

En un hueso largo se pueden observar externamente las siguientes partes: diáfisis, epífisis, cartílago y periostio. En su parte interna se encuentra la médula ósea amarilla, la médula ósea roja, hueso esponjoso y hueso compacto.



Materiales

Equipo: charola de disección y guantes.

Reactivos y material biológico: dos patas de res, una con corte longitudinal y otra con corte transversal. Además, diversos trozos de hueso de res.

Procedimiento

1. Observa la apariencia externa de la pata de res.
2. Observa ahora los dos huesos e identifica las distintas partes, auxiliándote de la figura 2.1.

Análisis

1. ¿Cómo se llama la parte más larga del hueso?

2. ¿Qué diferencia observaste entre el hueso compacto y el hueso esponjoso?

3. ¿Observaste la médula ósea roja? _____ ¿Cuál es su función? _____

4. ¿Observaste la médula ósea amarilla? _____ ¿Comúnmente como se le conoce? _____

5. ¿Observaste el cartílago articular? ¿Que función tiene? _____

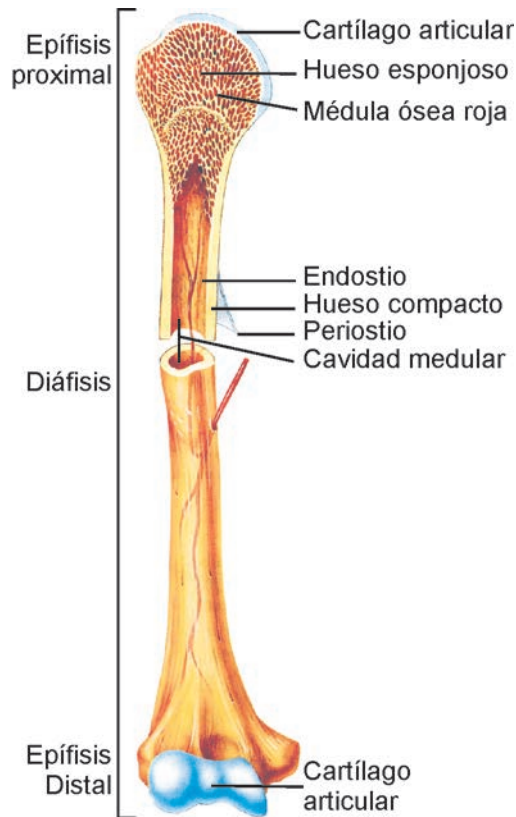


Figura 2.1 Estructura de un hueso (húmero humano).

Conclusión

Anota tu conclusión con base en tus observaciones.

Actividad 3

Actos reflejos

Habilidades

Observar, manipular, dibujar.

Problema

¿Cómo se llevan a cabo los actos reflejos?

Estrategia

Durante esta investigación, provocarás y observarás dos actos reflejos en tu organismo.

Hipótesis

Un reflejo es una respuesta rápida e involuntaria a un estímulo. Las bases estructurales y funcionales de un reflejo reciben el nombre de acto reflejo.

Materiales

Equipo: lámina ilustrativa de un acto reflejo, lámparas de mano pequeñas.

Procedimiento

1. Apaga la luz del laboratorio.
2. Pide a tu compañero(a) que cierre los ojos durante 3 minutos.
3. Pide que los abra e inmediatamente enciende la lámpara en el ojo.
4. Observa qué sucede con el tamaño de la pupila.
5. Enciende la luz del laboratorio.
6. Pide a tu compañero(a) que cierre un ojo, aplaude con tus manos enfrente de su cara.
7. Observa los cambios en la pupila.
8. Pide a tu compañero(a) que se siente y cruce la pierna.
9. Golpea a tu compañero(a) con el borde de la mano con cuidado, justo debajo de la rótula, observa qué pasa con la pierna.

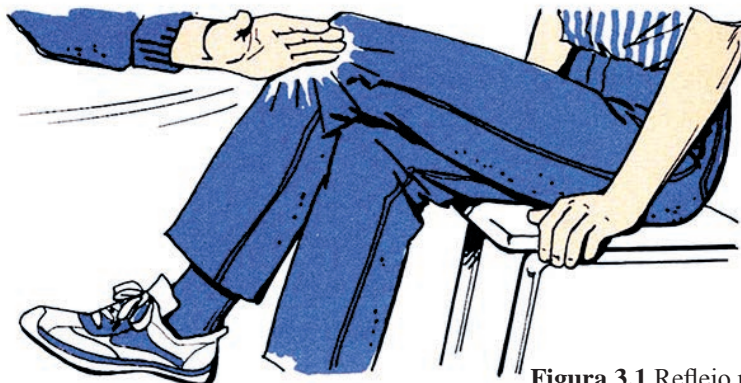
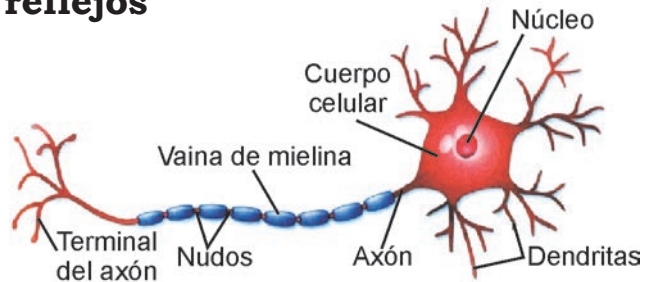


Figura 3.1 Reflejo patelar.

Análisis

1. ¿A qué crees que se deba la ausencia, disminución o exageración de un reflejo?

2. ¿Qué sucedió con la pupila al acercar la lámpara al ojo de tu compañero(a)?

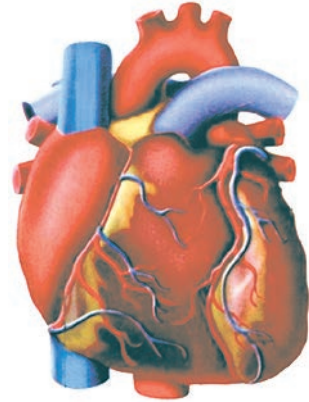
¿Por qué?

Conclusión

En base a tus observaciones, elabora tu conclusión.

Actividad 4

Corazón humano



Habilidades

Manipular, observar, comparar.

Problema

¿Cuál es la estructura del corazón humano?

Estrategia

Durante esta investigación, observarás e identificarás las estructuras del corazón humano.

Hipótesis

El corazón está dividido interiormente en cuatro cavidades separadas por válvulas, de él salen las arterias pulmonar y aorta, y a él llegan las venas cavas y pulmonares.

Materiales

Equipo: charola de disección, bisturí, pinzas, guantes y 4 varillas de vidrio de 30 cm.

Reactivos y material biológico: corazón de mamífero (cerdo o res).

Procedimiento

1. Haz un corte al corazón del tal manera que identifiques ventrículo izquierdo (tiene el miocardio más grueso que el derecho), ventrículo derecho, tabique interventricular, válvula mitral (lado izquierdo), válvula tricúspide (lado derecho), miocardio y endocardio.
2. Observa la membrana que recubre externamente al corazón, la aurícula izquierda y la aurícula derecha.
3. Identifica las venas cavas (desembocan en la aurícula derecha), venas pulmonares (desembocan en la aurícula izquierda) arteria aorta (sale del ventrículo izquierdo) y arteria pulmonar (sale del ventrículo derecho).

Análisis

1. ¿Qué diferencias encuentras entre arterias y venas?

2. ¿Qué arteria saca la sangre oxigenada desde el corazón?

3. ¿Cómo sabes cuál es el lado derecho y el lado izquierdo del corazón?

4. Escribe en la siguiente figura los nombres de las estructuras señaladas.

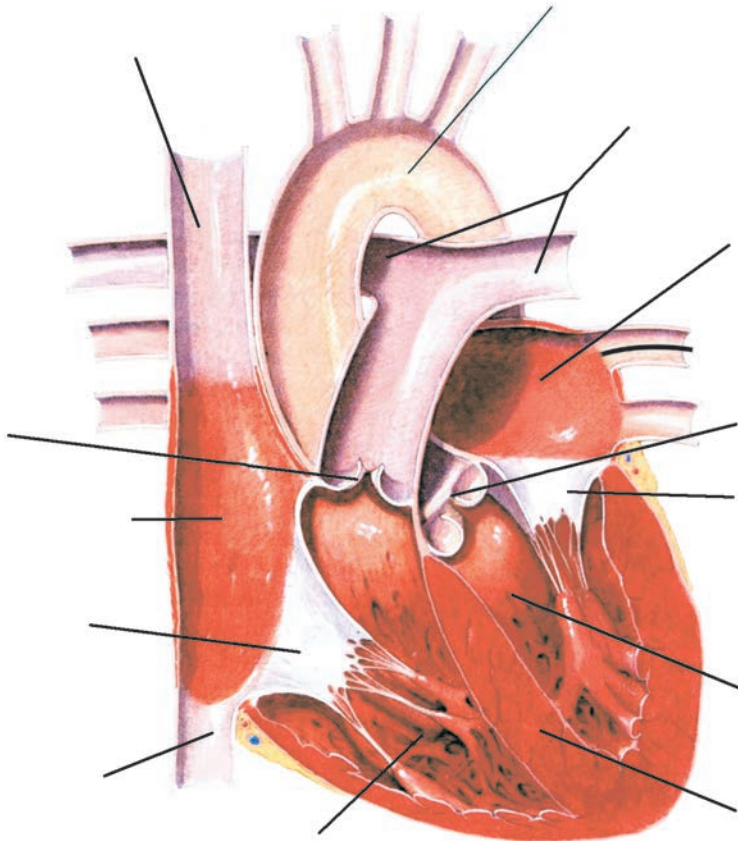


Figura 4.1. Corazón humano.

Conclusión

Anota tu conclusión con base en tus observaciones.

Actividad 5

Células sanguíneas

Habilidades

Observar, manipular, contrastar, dibujar.

Problema

¿Cuántos tipos de células sanguíneas humanas existen?
¿Qué diferencias hay entre ellas?

Estrategia

Durante esta actividad, harás una extensión de una gota de sangre y la observarás al microscopio para encontrar las diferencias entre las distintas células sanguíneas.

Hipótesis

La sangre contiene varios tipos de células suspendidas en el plasma.

Materiales

Equipo: lanceta estéril, microscopio, dos portaobjetos y un gotero.

Reactivos y material biológico: algodón, alcohol, colorante de Wright, agua destilada, aceite de inmersión y sangre humana.

Procedimiento

1. Limpia cuidadosamente la yema del dedo medio con un algodón empapado en alcohol, deja que se seque pero no lo pongas en contacto con nada que contamine la piel de esta zona.
2. Permite que tu compañero de equipo o tu profesor te efectúe un pinchazo con la lanceta estéril desechable.
Precaución: para evitar infecciones o contagios, usa la lanceta sólo una vez.
3. Deshecha la primera gota de sangre y provoca la salida de una segunda gota, apretando la yema del dedo. Coloca esta gota de sangre en el extremo de un portaobjetos limpio. Cubre la herida con el algodón mojado en alcohol.
Precaución: desecha la lanceta envuelta en papel absorbente. Deposítala junto con el algodón utilizado en un recipiente adecuado.
4. Coloca otro portaobjetos en forma vertical delante de la gota de sangre, de tal manera que forme un ángulo de 45 grados. Deslízalo suavemente sobre el portaobjetos inferior, de esta manera se extenderá la sangre. El portaobjetos sólo debe pasarse una vez de forma continua e ininterrumpida. De esta manera has realizado un frotis o extensión sanguínea. Observa la siguiente figura.



Plaqueta



Glóbulo rojo



Glóbulo blanco

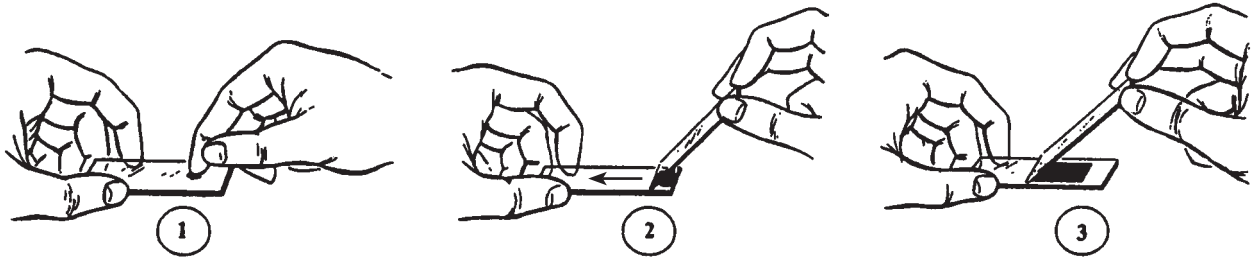
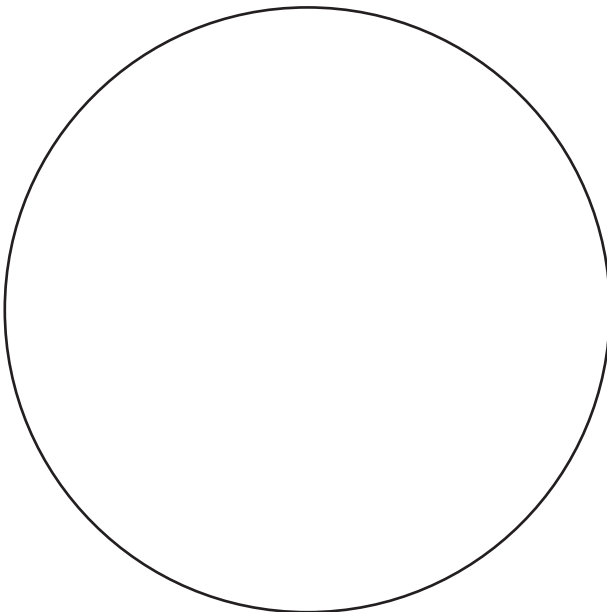
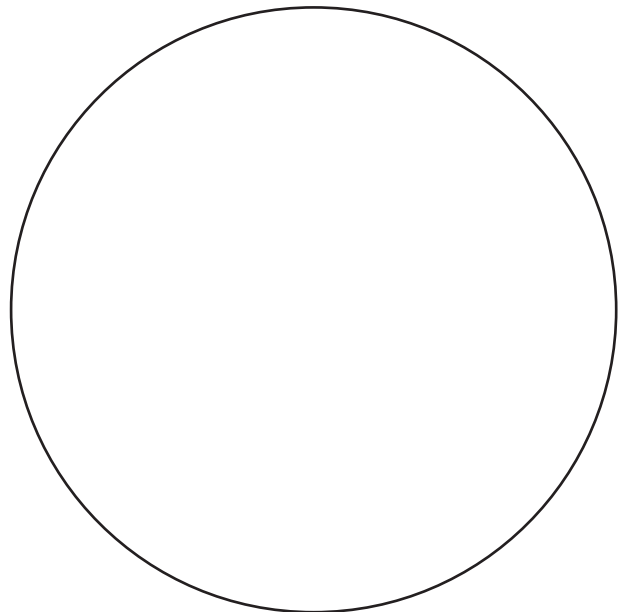


Figura 5.1. Manera de preparar un frotis sanguíneo.

5. Espera de uno a tres minutos para que la extensión de sangre seque.
6. Observa al microscopio y dibuja lo que observaste en el espacio para dibujo 5.1.



Dibujo 5.1.



Dibujo 5.2.

El frotis con la sangre hacia arriba, se pone sobre una repisa de tinción (dos varillas de vidrio paralelas separadas por 5 cm).

Ahora, agrega el colorante de Wright sobre la extensión de sangre de tal manera que se cubra toda, más dos goteros de agua destilada. Después de diez minutos, se lava la preparación con agua corriente y se deja secar al aire.

Nota: cabe aclarar que el tiempo para esta tinción depende de la calidad del colorante de Wright utilizado.

Observa al microscopio primero con el objetivo de 40X y después con el de 100X. Recuerda que cuando utilizas este objetivo, a tu preparación se le agrega una gota de aceite de inmersión. Dibuja lo que observaste en el espacio para dibujo 5.2, señalando con una flecha el nombre de las células sanguíneas que observaste.

Análisis

1. Escribe los nombres de los cinco tipos de glóbulos blancos. Si alguno de ellos no lo encuentras, indica cuál es.

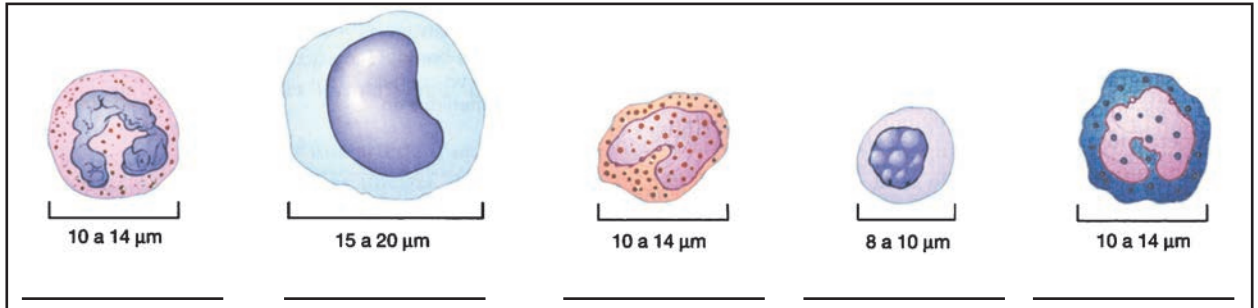


Figura 5.2. Los cinco tipos de glóbulos blancos.

2. ¿Por qué es necesario colorear la extensión de sangre?

3. ¿Qué diferencias observaste entre glóbulos rojos y glóbulos blancos en la preparación teñida?

4. ¿Observaste plaquetas? ¿Qué apariencia tienen?

5. ¿Cuáles son algunas de las condiciones que pueden causar la elevación anormal del número de leucocitos en la sangre?

Conclusión

Basándote en lo que observaste, anota tus conclusiones.

Actividad 6

Tipos sanguíneos y factor Rh

Habilidades

Manipular e interpretar.

Problema

¿Cuántos tipos sanguíneos existen en el sistema ABO?

Tipo de sangre	Aglutinógeno en la membrana del eritrocito	Aglutinina en el plasma sanguíneo
Tipo A	A	b
Tipo B	B	a
Tipo AB	AB	Ninguno
Tipo O	Ninguno	a, b

Estrategia

Durante esta actividad, mediante una sencilla prueba de aglutinación determinarás el tipo sanguíneo y factor Rh de algunos de tus compañeros.

Hipótesis

La sangre se clasifica en el sistema ABO en cuatro tipos: A, B, AB y O. Algunas personas poseen el factor Rh (son las llamadas Rh⁺) y otras no lo heredan (Rh⁻).

Materiales

Equipo: lancetas estériles, portaobjetos con excavaciones y palillos de dientes.

Reactivos y material biológico: algodón, alcohol, suero anti-A, suero anti-B, suero anti-Rh y sangre humana.

Procedimiento

1. Limpia el extremo del dedo medio con una mota de algodón empapado de alcohol.
2. Permite que tu compañero de equipo te efectúe un pinchazo con la lanceta estéril desechable.
Precaución: no uses la lanceta más de una vez.
3. Deshecha la primera gota de sangre con una mota de algodón.
Precaución: coloca la lanceta y algodón utilizados en un recipiente adecuado.
4. Coloca tres gotas de sangre separadas sobre un portaobjetos.
5. Coloca una gota de cada antisuero sobre cada una de las gotas de sangre de la siguiente manera: el suero anti-A sobre la gota de sangre de la izquierda, el suero anti-B sobre la gota del centro y el suero anti-Rh sobre la gota de la derecha.
6. Con un palillo de dientes, mezcla la sangre y el antisuero de cada gota. Para cada gota es un palillo.

Si se presenta aglutinación (reacción del aglutinógeno que se encuentra en la membrana de los glóbulos rojos o eritrocitos con la aglutinina que se encuentra en el antisuero), en la mezcla del extremo izquierdo, la sangre es tipo A, porque esos eritrocitos poseen en su membrana el aglutinó-

geno *A* y éste reaccionó con la aglutinina *a* del antisuero. Si se presenta aglutinación en la mezcla del centro, el tipo sanguíneo es *B*. Si se presenta aglutinación en las mezclas de la izquierda y del centro, el tipo sanguíneo es *AB*. Si no se presenta aglutinación en las mezclas de la izquierda y del centro, el tipo sanguíneo es *O*.

Si se presenta aglutinación en la mezcla de la derecha, es Rh⁺ si no, es Rh⁻.

La aglutinación con el suero anti-*A* y anti-*B* es rápida y muy notoria, mientras que la de Rh es lenta y muy fina.

Análisis

1. ¿Cuántos tipos sanguíneos existen en el sistema ABO?
 _____ ¿Cuáles son? _____

2. ¿Qué tipos sanguíneos tienen tus compañeros? Elabora una tabla de frecuencia con los tipos sanguíneos que poseen tus compañeros en el grupo.

Tipo sanguíneo	No. de estudiantes que lo poseen
A	
B	
AB	
O	

Tabla 6.1.

3. ¿Qué tipo sanguíneo predominó?

4. ¿Qué porcentaje de alumnos presentó el factor Rh?

5. Observa la siguiente fotografía de unas pruebas de tipo sanguíneo. Anota el tipo sanguíneo que resulta.

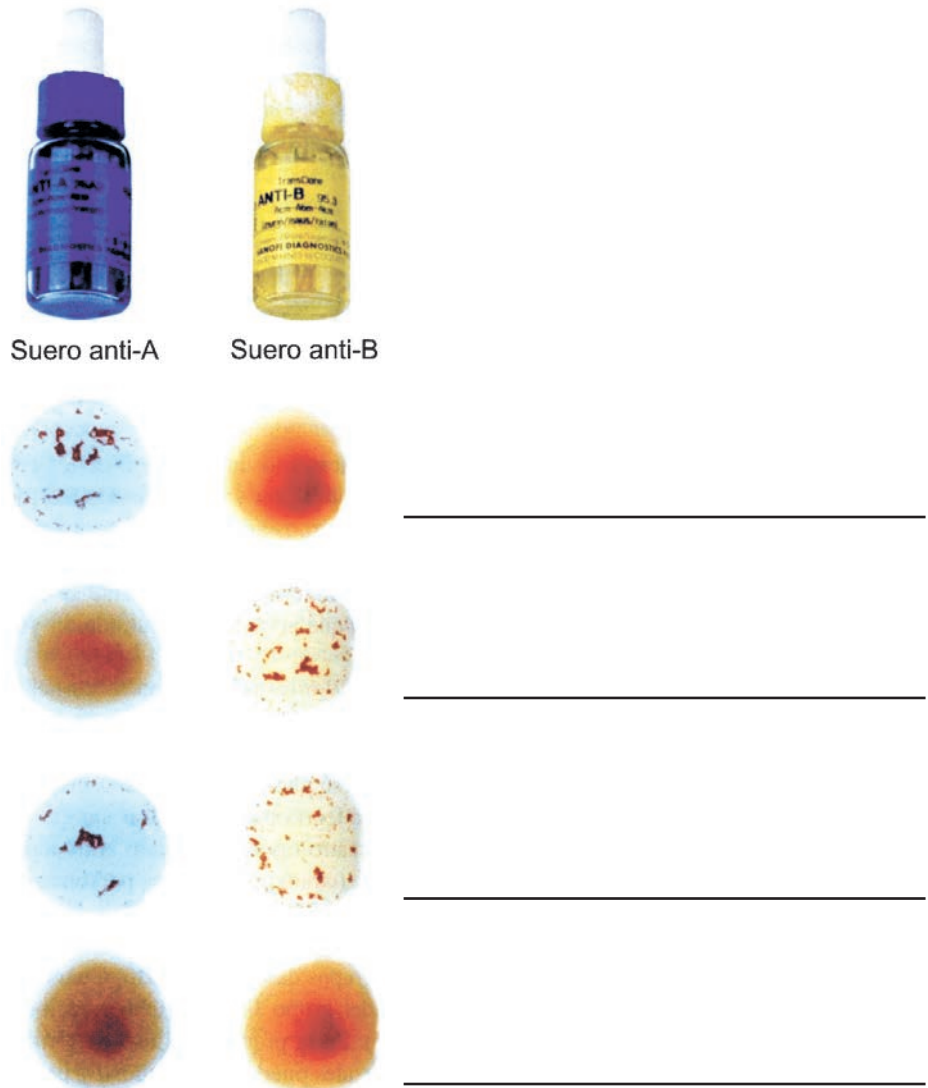


Figura 6.2.

Conclusión

Basándote en lo que observaste, anota en los siguientes renglones las conclusiones a las que llegaste.

Actividad 7

Respiración y ejercicio

Habilidades

Experimentar, observar, comparar.

Problema

¿Cómo influye el ejercicio en la producción de CO_2 (bióxido de carbono) durante la exhalación?

Estrategia

Durante esta actividad, observarás como el ejercicio influye directamente en la cantidad de CO_2 exhalado.

Hipótesis

La solución de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ = hidróxido de bario es incolora, y cuando reacciona con el CO_2 forma carbonato de bario que es blanco. El cambio de la coloración es más rápido cuando se ha realizado ejercicio porque la concentración de CO_2 es alta.

Materiales

Equipo: matraz Erlenmeyer, 2 tubos de ensayo, reloj, pipeta graduada de 10 ml, popotes.

Reactivos y material biológico: solución saturada de $\text{Ba}(\text{OH})_2$, filtrada al momento de utilizarla.

Procedimiento

1. Vierte 5 ml de la solución de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en 5 tubos de ensayo.
2. Introduce un popote dentro de uno de los tubos de ensayo.
3. Descansa durante un minuto.
4. Cuenta el tiempo y el número de exhalaciones necesarias para que se presente el cambio de color. Anótalos en la tabla de la siguiente página.
5. Coloca dos dedos sobre tu muñeca (parte interior) como se observa en la figura 7.1. Cuenta el número de pulsaciones durante un minuto. Cada pulsación que sientes es una contracción (estrechamiento) y relajación de una arteria a través de la cual pasa la sangre. Anota el número de pulsaciones en la misma tabla.



Figura 7.1
Medición del pulso.

6. Salta durante 2 minutos en el mismo lugar, así sin descansar, repite los pasos 4 y 5. Anota tus resultados.

	Antes del ejercicio	Después del ejercicio
Número de exhalaciones		
Tiempo que tarda en presentarse el cambio de color		
Número de pulsaciones		

Tabla 7.1.

Análisis

- ¿Liberó tu organismo mayor o menor cantidad de CO_2 cada segundo, después de saltar? _____
- ¿Consideras que el número de pulsaciones de la arteria (de tu muñeca) es el mismo que el de los latidos de tu corazón? _____
- Explica por qué aumentan el número de latidos del corazón y el número de respiraciones (inhalaciones y exhalaciones) con el ejercicio.

- La glucosa es el monosacárido que te proporciona energía para hacer ejercicio, esta molécula es ingerida en los alimentos y transportada a las células por medio de la _____ que bombea el _____.
- El oxígeno entra a tu aparato respiratorio y en los alvéolos pulmonares pasa a la _____, esta lo transporta a las _____ para reaccionar con la _____ y liberar ATP (energía) necesaria para realizar el _____.

6. En esta actividad vemos la relación que hay entre el aparato _____, _____ y _____.
7. Completa: $C_6H_{12}O_6 + 6$ _____ \longrightarrow $6CO_2 + ATP + 6$ _____.

Conclusión

Redacta tu conclusión basándote en tus observaciones.

Actividad 8

Composición de la orina

Habilidades

Manipular, observar

Problema

¿De qué está formada la orina?

Estrategia

Durante esta investigación, determinarás los componentes de la orina.

Hipótesis

La orina está constituida por sustancias inorgánicas (agua, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, etc.) y sustancias orgánicas (urea, creatinina, ácido úrico, etc.).

Materiales

Equipo: 4 tubos de ensayo, gradilla, 5 pipetas, vasos de precipitado, portaobjetos cubreobjetos, microscopio y gotero.

Reactivos y material biológico:

- ❖ Solución al 10% de AgNO_3 (nitrato de plata).
- ❖ Solución de hipoclorito de sodio (cloralex).
- ❖ Solución al 3% de NaOH .
- ❖ Solución al 1% de ácido pícrico.
- ❖ Solución al 3% de BaCl_2 (cloruro de bario).
- ❖ Tiras para medir pH

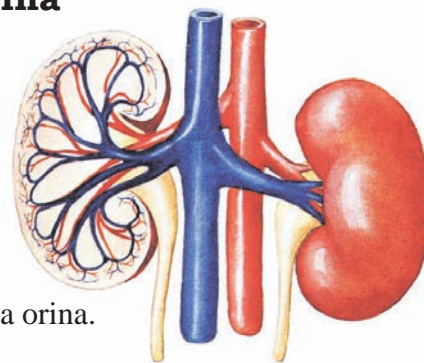
Procedimiento

1. Para medir el pH de la orina, introduce a la orina una tira para medir pH, compara el color con el de la cajita que contiene las tiras.
2. Para investigar la presencia de **cloruros**, vierte 5 ml de orina a un tubo de ensayo y agrégale unas gotas de AgNO_3 al 10%. La formación de un precipitado blanco indica la presencia de cloruros.
3. Para saber si la orina tiene **urea**, vierte en un tubo de ensayo 5 ml de orina y 2 ml de hipoclorito de sodio (cloralex). La reacción es positiva cuando hay efervescencia.
4. Para determinar la presencia de **creatinina**, vierte 2 ml de orina a un tubo de ensayo, añade 1 ml de picrato alcalino. Una coloración anaranjado-rojiza indica que sí contiene creatinina.

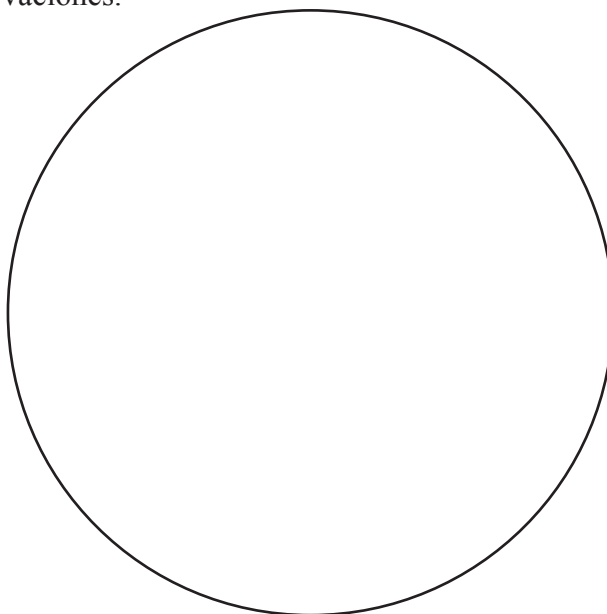
Preparación de picrato alcalino:

Mezcla partes iguales de las dos soluciones siguientes (en el momento de hacer el paso 4).

- a) Solución de ácido pícrico al 1%. Para prepararlo, se calienta el agua, se disuelve el gramo con la ayuda de un agitador, se decanta o filtra.
- b) Solución de NaOH al 3%.



5. Para investigar los **sulfatos**, vierte 2 ml de orina a un tubo de ensayo, enseguida agrega unas gotas de BaCl_2 al 3%. Un precipitado blanco indica que sí contiene sulfatos.
6. Con un gotero o una pipeta, toma una gota del sedimento de la orina, deposítala sobre un portaobjetos, colócale encima un cubreobjetos y observa al microscopio. Compara tus observaciones con las figuras 8.1 y 8.2 de las siguientes páginas.
7. Dibuja tus observaciones.



Dibujo 8.1.

Análisis

1. ¿Qué moléculas orgánicas encontraste en la orina?

2. ¿Es normal encontrar células epiteliales en el sedimento urinario?

Conclusión

Basándote en tus observaciones, redacta tu conclusión

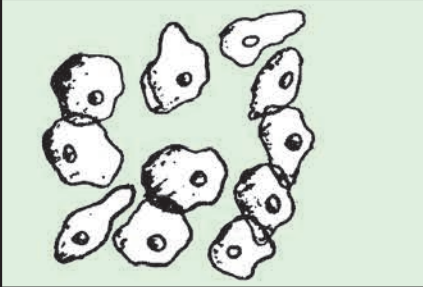




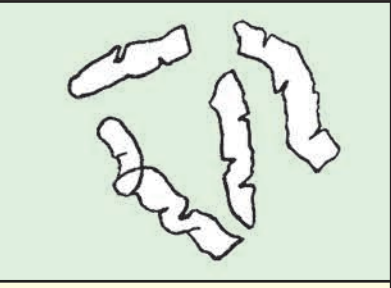





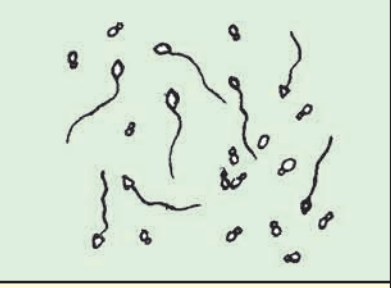
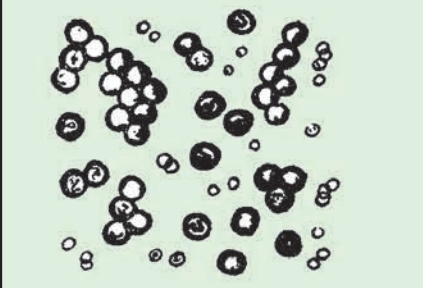

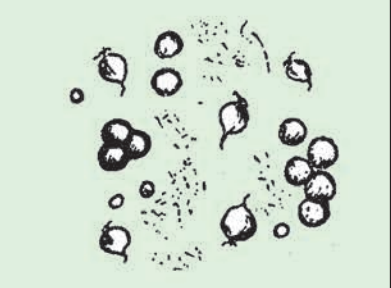
		
1. Células epiteliales pavimentosas	2. Células epiteliales poliédricas	3. Células piriformes o caudadas
		
4. Cilindros hialinos	5. Cilindros granulados gruesos y finos	6. Cilindros céreos
		
7. Cilindros epiteliales y grasosos	8. Cilindros hemáticos	9. Cilindros leucocitarios
		
10. Cilindroides	11. Filamentos mucosos	12. Espermatozoides y monilias
		
13. Leucocitos y eritrocitos	14. Hongos y levaduras	15. Tricomonas y bacterias

Figura 8.1. Diversos componentes del sedimento de la orina.

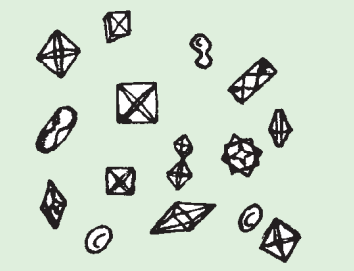

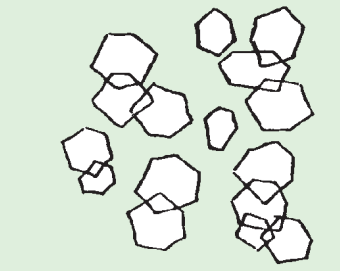
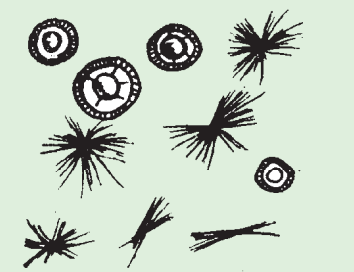

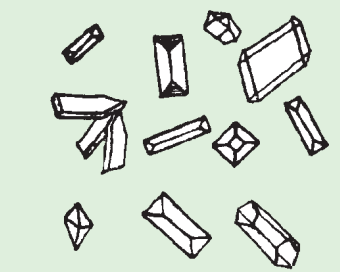
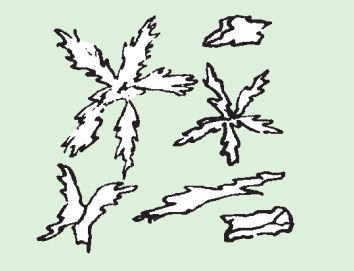

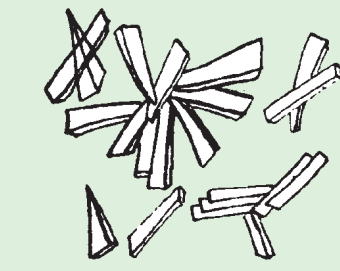

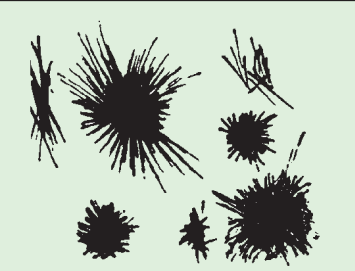

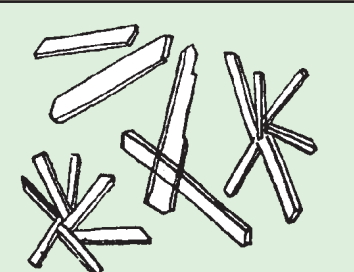
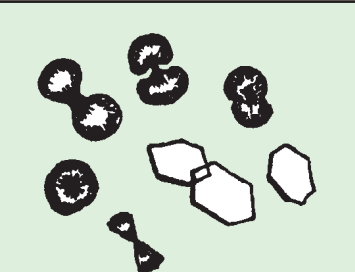

		
<p>16. Cristales de oxalato de calcio</p>	<p>17. Cristales de ácido úrico</p>	<p>18. Cristales de cistina</p>
		
<p>19. Cristales de leucina y tirosina</p>	<p>20. Uratos o fosfatos amorfos</p>	<p>21. Cristales de fosfatos triples</p>
		
<p>22. Fosfatos triples tipo plumoso</p>	<p>23. Cristales de carbono de calcio</p>	<p>24. Cristales de fosfato de calcio</p>
		
<p>25. Cristales de urato de amonio</p>	<p>26. Cristales de urato cálcico</p>	<p>27. Cuerpos extraños</p>
		
<p>28. Cristales de sulfanilamida</p>	<p>29. Cristales de sulfatiazol</p>	<p>30. Cristales de sulfapiridina</p>

Figura 8.2. Diversos tipos de cristales en el sedimento de la orina.

Actividad 9

Espermatozoide humano



Habilidades

Observar, contrastar y dibujar.

Problema

¿Cuáles son las características de los espermatozoides?

Estrategia

Durante esta actividad, elaborarás una preparación microscópica para observar la forma y movimiento de los espermatozoides.

Hipótesis

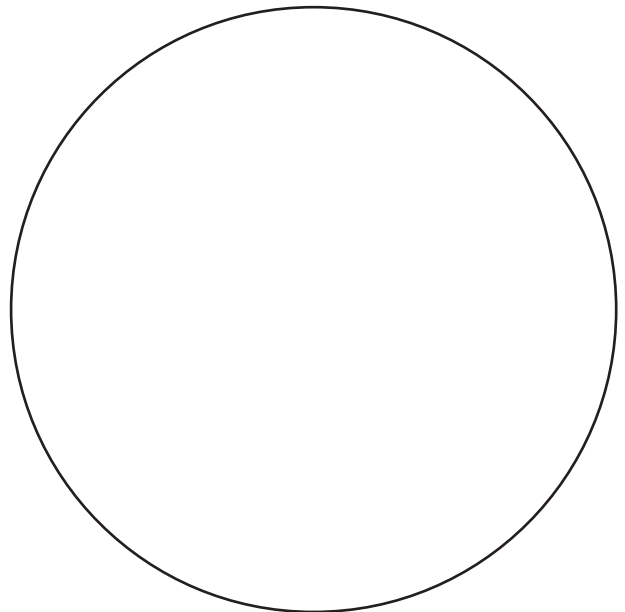
Los espermatozoides son células constituidas por una cabeza y una cola que le permite una gran movilidad. Forman parte del semen eyaculado.

Materiales

Equipo: microscopio, portaobjetos, cubreobjetos, vaso de precipitado de 50 ml y pipeta.
Reactivos y material biológico: semen humano.

Procedimiento

1. La muestra de semen se recoge en un vaso de precipitado limpio y seco, preferiblemente estéril. Debe observarse lo más pronto posible (antes de que transcurran dos horas), y procurar mantenerlo resguardado del frío a fin de que la temperatura sea la más aproximada a la normal.
2. Toma con una pipeta el semen, deposita una gota sobre un portaobjetos y coloca un cubreobjetos.
3. Observa al microscopio y fíjate en la forma y movilidad que presentan los espermatozoides.
4. Dibuja lo que observaste en el microscopio, en el siguiente campo visual.



Dibujo 9.1.

5. Contrasta los espermatozoides que observaste con los del siguiente esquema.

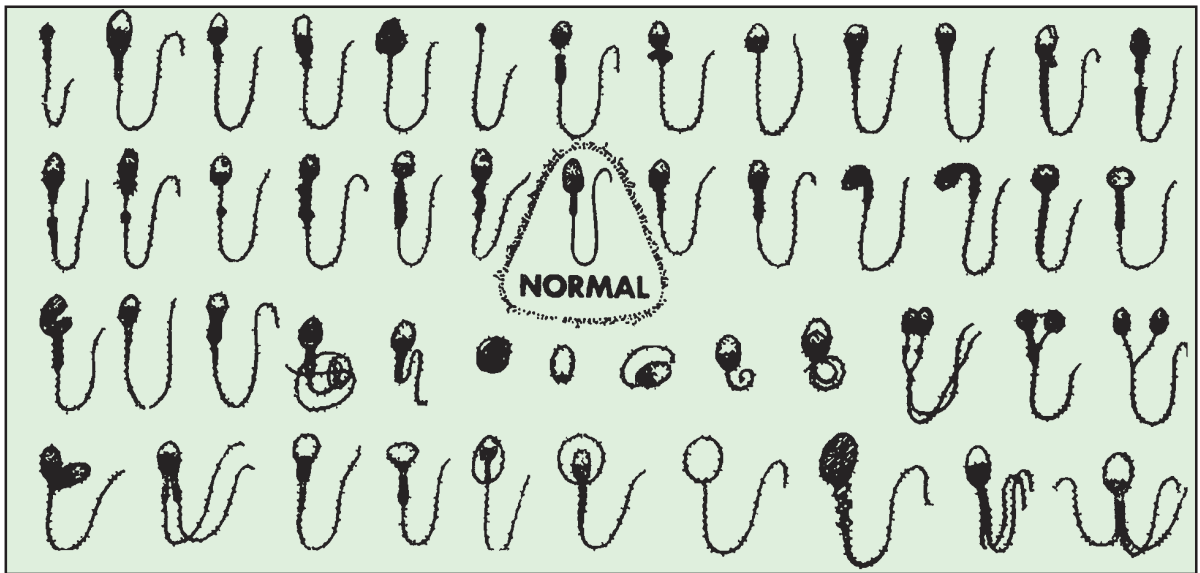


Figura 9.1. Algunas de las variedades observadas en los espermatozoides humanos.

Análisis

1. Escribe los nombres de cada una de las partes que forman un espermatozoide.

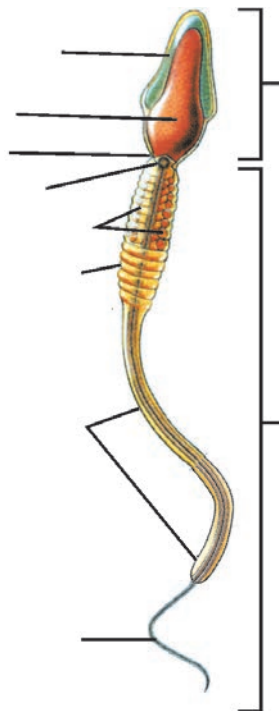


Figura 9.2. Espermatozoide humano.

2. ¿Por qué debemos observar rápidamente la muestra?

Glosario

A

- Abdomen.** Región del cuerpo entre el diafragma y la pelvis.
- Aborto.** Pérdida prematura (espontánea) o extracción (inducida) del embarazo o el feto no viable; pérdida debida a una falla en el proceso normal de desarrollo o maduración.
- Absceso.** Acumulación localizada de pus y tejidos desintegrados en una cavidad.
- Acetilcolina.** Neurotransmisor liberado por muchas neuronas del sistema nervioso periférico y algunas neuronas del sistema nervioso central. En la uniones neuromusculares es excitatorio, pero inhibitorio en otras sinapsis (p. ej., disminuye la frecuencia cardíaca).
- Ácinos.** Grupos de células pancreáticas que secretan enzimas digestivas.
- Acné.** Inflamación de las glándulas sebáceas que suele comenzar con la pubertad; las lesiones básicas de este trastorno, en orden de gravedad creciente, son los comedones, pápulas, pústulas y quistes.
- Acromegalia.** Trastorno causado por hipersecreción de hormona del crecimiento durante la edad adulta, que se caracteriza por engrosamiento de los huesos e hipertrofia de otros tejidos.
- Acrosoma.** Organelo semejante a un lisosoma ubicado en la cabeza de los espermatozoides; contiene enzimas que facilitan la penetración del espermatozoide en el ovocito secundario.
- Actina.** Proteína contráctil que forma parte de los filamentos delgados de las fibras musculares.
- Adipocito.** Célula grasa, derivada de un fibroblasto.
- Adolescencia.** Período entre la pubertad y la edad adulta.
- Adrenalina.** Hormona secretada por la médula suprarrenal que tiene acciones similares a las que produce la estimulación simpática. También llamada *epinefrina*.
- Albinismo.** Ausencia parcial o total de pigmento en la piel, el cabello y los ojos.
- Alucinación.** Percepción sensorial de algo que no existe realmente, es decir, experiencia sensorial creada en el encéfalo.
- Alvéolo.** Pequeño hueco o cavidad. Saco aéreo en los pulmones. Porción secretora de leche de la glándula mamaria.
- Alzheimer, enfermedad de.** Trastorno neurológico incapacitante, que se caracteriza por disfunción y muerte de neuronas cerebrales específicas, lo que da por resultado disminución generalizada de las funciones intelectuales, cambios de personalidad y fluctuaciones en el estado de alerta.
- Amenorrea.** Ausencia de la menstruación.
- Amilasa salival.** Enzima presente en la saliva que inicia la degradación química del almidón.
- Aminoácido.** Ácido orgánico que contiene un grupo carboxilo y otro amino, y constituye la unidad básica para la formación de proteínas.
- Amnesia.** Falta o pérdida de la memoria.
- Anabolismo.** Reacciones de síntesis que requieren energía a través de las cuales las moléculas pequeñas se unen para formar otras mayores.
- Anatomía.** Estudio de las estructuras del cuerpo y sus relaciones.
- Andrógenos.** Hormonas sexuales masculinizantes producidas por los testículos en los

hombres y la corteza suprarrenal en ambos sexos. Es responsable de la libido (deseo sexual); los dos andrógenos principales son la testosterona y la dihidrotestosterona.

Anemia. Trastorno de la sangre en el cual el número de glóbulos rojos funcionantes o su contenido de hemoglobina están por debajo de lo normal.

Anestesia. Pérdida total o parcial de la sensibilidad o la sensación; puede ser general o local.

Aneurisma. Dilatación sacular de un vaso sanguíneo provocado por un debilitamiento de su pared.

Anfiartrosis. Articulación con escasa movilidad.

Anión. Ión de carga negativa.

Ano. Extremo distal y orificio exterior del recto.

Anorexia nerviosa. Trastorno caracterizado por disminución del apetito y hábitos alimenticios anormales.

Antebrazo. Parte del miembro superior ubicada entre el codo y la muñeca.

Antígeno. Cualquier sustancia cuya presencia en los tejidos o sangre induce la formación de anticuerpos o que reacciona con ellos.

Anticoagulante. Sustancia que demora o suprime la coagulación de la sangre.

Anticuerpo. Proteína producida por las células plasmáticas en respuesta a un antígeno específico; el anticuerpo se une con dicho antígeno y lo neutraliza, lo inhibe o lo destruye.

Aorta. Principal vaso del sistema arterial del cuerpo que se origina en el ventrículo izquierdo.

Apéndice vermiforme. Estructura tubular con torneada que está unida al ciego.

Apendicitis. Inflamación del apéndice vermiforme.

Aquiles, tendón de. Tendón que se inserta en el calcáneo; recibe este nombre a causa del

mito griego de que la madre de Aquiles lo sostuvo por los talones al sumergirlo en la Laguna Estigia, lo cual lo tornó invulnerable excepto de esta región.

Árbol bronquial. El formado por la tráquea, los bronquios y sus ramas.

Arco reflejo. Vía fundamental de transmisión nerviosa, que conecta un receptor con un efector y consiste en receptor, neurona sensorial, un centro del sistema nervioso central para una sinapsis, neurona motora y efector.

Arteria. Vaso sanguíneo que transporta sangre desde el corazón hacia la periferia.

Arteria pulmonar. Vaso sanguíneo que sale del ventrículo derecho del corazón y se ramifica a cada uno de los pulmones.

Arteriola. Arteria pequeña, casi microscópica, que lleva sangre hacia un capilar.

Arteriosclerosis. Grupo de enfermedades caracterizadas por el engrosamiento y la falta de elasticidad de las paredes arteriales.

Articulación. Unión, punto de contacto entre los huesos, el cartílago y el hueso, o el diente y el hueso.

Artritis. Inflamación de una o más articulaciones.

Artrología. Estudio de las articulaciones.

Asa de Henle. Parte de un túbulo en forma de U en la nefrona.

Atrofia. Disminución de tamaño de una parte del cuerpo debido a insuficiencia, anormalidad en la nutrición o falta de uso.

Aurícula. Cámara superior del corazón.

Autónomo. Que se rige a sí mismo, independiente.

Autólisis. Autodestrucción de las células por acción de sus propias enzimas digestivas lisosómicas, después de la muerte celular o debido a un proceso patológico.

Autopsia. Examen del cuerpo después de la muerte.

Autosoma. Cualquier cromosoma diferente del X o el Y (cromosomas sexuales).

Avitaminosis. Cualquier deficiencia de una vitamina.

Axón. Prolongación de una neurona por la que se propagan los impulsos nerviosos hacia los terminales axónicos.

B

Basófilo. Tipo de glóbulo blanco caracterizado por un núcleo claro y gránulos grandes que se tiñen de color azul-púrpura con las tinciones básicas.

Bazo. Órgano linfático voluminoso presente entre el fondo del estómago y el diafragma, que desempeña funciones en la fagocitosis de las células sanguíneas dañadas y en la formación de linfocitos B durante las respuestas inmunitarias.

Bilis. Secreción hepática que emulsiona los lípidos antes de su digestión.

Bocio. Aumento en el tamaño de la glándula tiroides.

Bolo. Masa blanda y redondeada, por lo general de alimento, que se deglute.

Bomba de sodio potasio. Sistema de transporte activo de la membrana plasmática que extrae iones sodio de la célula e introduce iones potasio en ella, con energía proveniente del ATP celular. Participa en el mantenimiento de las concentraciones de estos elementos dentro de los límites fisiológicos.

Brazo. La porción del miembro superior que va del hombro al codo.

Bronquio. Una de las dos divisiones de la tráquea.

Bronquiolos. Ramas de pequeño calibre de un bronquio.

Bucal (oral). Perteneciente o relativo a la boca.

Bulimia nerviosa. Trastorno caracterizado por una ingestión alimentaria excesiva, al menos dos veces por semana, seguida de purgas en forma de vómitos autoprovocados, dieta estricta o ayuno, ejercicio intenso o consumo de laxantes y diuréticos.

C

Calcitonina. Hormona de la glándula tiroides que ayuda a controlar la cantidad de calcio y fósforo en la sangre.

Cálculo. Masa insoluble de sales cristalizadas u otros materiales, que se forma en estructuras corporales como la vesícula biliar, riñones o vejiga urinaria.

Cáliz. Cualquiera de las divisiones con forma de copa de la pelvis renal.

Caloría. Unidad básica de energía térmica. Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua 1 grado Celsius. La kilocaloría (Kcal) se emplea en los estudios de metabolismo y nutrición y es la cantidad de calor necesaria para aumentar en 1° C la temperatura de 1 000 g de agua, es decir, equivale a 1 000 cal.

Cáncer. Tumor maligno de origen epitelial que tiende a diseminarse y originar otros semejantes, o metástasis. También se llama *carcinoma*.

Capilar. Vaso sanguíneo microscópico localizado entre una arteriola y una vénula a través del cual se intercambian sustancias entre la sangre y las células de los tejidos.

Cápsula de Bowman. Estructura de doble pared que rodea al glomérulo.

Carpó. Término genérico para los ocho huesos de la muñeca.

Cartílago. Tipo de tejido conectivo sólido en el que las células se encierran en una matriz blanda que contiene fibras de proteína.

Catabolismo. Reacciones químicas en las que se degradan compuestos orgánicos complejos para convertirse en otros más simples, con liberación neta de energía.

Cefálico. Perteneciente o relativo a la cabeza; en posición superior.

Ceja. Reborde cubierto de pelo ubicado encima del ojo.

- Célula.** Unidad estructural y funcional básica de todos los organismos vivos; es la estructura más pequeña que lleva a cabo todas las actividades indispensables para la vida.
- Cerebelo.** Parte del encéfalo que controla el equilibrio y coordina los movimientos.
- Cerebro.** La parte más grande del encéfalo que controla las sensaciones conscientes, el control voluntario de los músculos del esqueleto y muchas otras actividades.
- Ciclo menstrual.** Conjunto de cambios del endometrio de una mujer no embarazada, que preparan dicha capa para recibir a un óvulo fecundado.
- Ciclo ovárico.** Conjunto de fenómenos más o menos mensuales del ovario, gracias a los cuales se produce un óvulo maduro.
- Ciego.** Bolsa cerrada ubicada en el extremo proximal del intestino grueso y que está unida al íleon.
- Cigoto.** Célula que resulta de la unión de un gameto femenino y uno masculino; el óvulo fecundado o huevo.
- Circulación coronaria.** Flujo de la sangre por los vasos sanguíneos, que nutren al mismo corazón. También llamada circulación cardiaca.
- Circulación pulmonar** Flujo de sangre desoxigenada desde el ventrículo derecho a los pulmones y regreso de la sangre oxigenada desde los pulmones hacia la aurícula izquierda.
- Circulación renal.** Flujo de la sangre por los vasos que pasan por los riñones.
- Circulación sistémica.** Rutas a través de las cuales fluye la sangre oxigenada desde el ventrículo izquierdo, por medio de la aorta, a todos los órganos del cuerpo y regresa la sangre desoxigenada a la aurícula derecha.
- Circuncisión.** Extirpación del prepucio, o sea, el pliegue que cubre al glande del pene.
- Cistitis.** Inflamación de la vejiga urinaria.
- Clímax.** Período o momento de mayor intensidad durante la excitación sexual de la mujer. También llamado *orgasmo*.
- Clítoris.** Órgano eréctil de la mujer localizado en la unión anterior de los labios menores; es homólogo al pene masculino.
- Coagulación.** Proceso de formación del coágulo sanguíneo.
- Coágulo sanguíneo.** Masa de fibras de proteína enredadas con plaquetas y glóbulos rojos.
- Coito.** Introducción del pene erecto de un hombre en la vagina de una mujer. También llamado *cópula*.
- Colágeno.** Proteína que es el principal componente orgánico del tejido conectivo.
- Colecistectomía.** Extirpación quirúrgica de la vesícula biliar.
- Colesterol.** Sustancia que se clasifica como lípido y es el esteroide más abundante en los tejidos animales; forma parte de las membranas celulares y participa en la síntesis de las hormonas esteroideas y sales biliares.
- Colon.** Parte del intestino grueso formada a su vez por las porciones ascendente, transversa, descendente y sigmoidea.
- Columna vertebral.** La formada por las 26 vértebras de un adulto; rodea y protege a la médula espinal y sirve de inserción a las costillas y los músculos de la espalda.
- Coma.** Inconsciencia profunda de la cual no se puede despertar al individuo, incluso con estimulación intensa.
- Corazón.** Órgano muscular hueco situado un poco a la izquierda de la línea media del tórax que bombea la sangre a través del sistema cardiovascular.
- Corpúsculo renal.** Constituido por la cápsula de Bowman y el glomérulo al que envuelve.
- Coxis.** Hueso resultante de la fusión de las cuatro vértebras coxígeas en el extremo inferior de la columna vertebral.
- Cráneo.** Parte del esqueleto que protege al encéfalo y a los órganos de la vista, el oído

y el equilibrio; incluye los huesos frontal, parietal, temporal, occipital, esfenoides y etmoides.

Cretinismo. Enanismo causado por la hipofunción de la glándula tiroidea.

Cromátide. Dos bandas o hebras idénticas de ADN que forman un cromosoma doble.

Cromatina. Material genético de aspecto filamentosos formado por ADN e histonas; está presente en el núcleo de una célula que no está en división, es decir, durante la interfase.

Cromosoma. Estructuras formadas de ADN presentes en el núcleo de una célula en división. La célula humana diploide contiene normalmente 46, que contienen el material genético.

Cromosomas sexuales. Los que forman el par cromosómico veintitrés, llamados X e Y, y que determinan el sexo genético de un individuo. En los hombres el par es XY; en las mujeres, XX.

Cuerpo lúteo. Cuerpo amarillento localizado en el ovario que se forma cuando un folículo libera su ovocito secundario; secreta estrógenos, progesterona, relaxina e inhibina.

D

Defecación. Expulsión de las heces por el recto.

Deglución. Acto de tragar.

Dendrita. Prolongación de las neuronas que transmite impulsos nerviosos al cuerpo celular.

Dermis. Capa de tejido conectivo denso que se halla por debajo de la epidermis.

Diáfisis. Eje o parte alargada de un hueso largo.

Diafragma. Capa de músculo esquelético en forma de domo, que separa la cavidad torácica y abdominal. Dispositivo con forma de cúpula que se coloca sobre el cuello uterino, por lo general con una sustancia espermicida, para evitar la concepción.

Diarrea. Defecación frecuente de heces líquidas causada por el aumento de la motilidad intestinal.

Diástole. En el ciclo cardíaco, período durante el cual los ventrículos se relajan.

Digestión. Degradación mecánica y química de los alimentos a moléculas simples, que pueden absorberse y ser usadas por las células del organismo.

Diseción. Separación de los tejidos y partes de un cadáver u órgano para estudio anatómico.

Duodeno. Primera parte del intestino delgado.

Duramadre. La más superficial de las tres meninges (cubiertas) del encéfalo y la médula espinal.

E

Embarazo. Conjunto de fenómenos que normalmente incluyen la fecundación, implantación, el desarrollo embrionario y fetal, y termina con el nacimiento.

Embrión. La forma más joven de cualquier organismo en las primeras etapas del desarrollo; en el ser humano, el organismo en desarrollo entre la fecundación y el final de la octava semana de desarrollo.

Enanismo hipofisiario. Trastorno causado por hiposecreción de la hormona del crecimiento durante los años del propio crecimiento; se caracteriza por rasgos físicos infantiles en adultos.

Encéfalo. Parte del sistema nervioso central que se localiza dentro de la cavidad craneal.

Endocrino. Sistema de glándulas que secretan sustancias químicas que controlan ciertas actividades del cuerpo.

Endometrio. Mucosa que reviste al útero.

Enfermedad. Cualquier alteración del estado de salud.

Epidermis. La capa superficial y más delgada de la piel.

Epidídimo. Órgano con forma de coma que se ubica a lo largo del borde posterior de los testículos y contiene el conducto del epidídimo, en el cual maduran los espermatozoides.

Epífisis. Extremos de un hueso largo.

Epiglotis. Gran cartílago con forma de hoja ubicado en la parte superior de la laringe, unido al cartílago tiroideos; su porción libre puede moverse hacia arriba y hacia abajo para cubrir la glotis durante la deglución.

Epilepsia. Trastorno neurológico caracterizado por ataques periódicos de disfunción motora, sensorial o psicológica.

Erección. Estado de rigidez y aumento de tamaño del pene o el clítoris, como resultado del llenado de su tejido esponjoso eréctil con sangre.

Eritrocito. Glóbulo rojo de la sangre.

Eritropoiesis. Proceso de formación de los eritrocitos.

Eructo. Expulsión enérgica de gas proveniente del estómago por la boca.

Escroto. Bolsa de piel que contiene a los testículos y sus estructuras afines.

Esfínter. Músculo circular que constriñe un orificio.

Esófago. Conducto muscular que conecta la faringe con el estómago.

Espalda. Parte posterior del cuerpo; dorso.

Espermatogénesis. Formación y desarrollo de los espermatozoides en los túmulos seminíferos de los testículos.

Espermatozoide. Gameto masculino maduro.

Espermicida. Agente que da muerte a los espermatozoides.

Estéril. Sin microorganismos vivos. Incapaz de concebir o de producir descendencia.

Estímulo. Cualquier factor de estrés que cambia una condición controlada; cualquier cambio en el medio interno o externo que excita a un receptor sensitivo, una neurona o una fibra muscular.

Estómago. Porción ensanchada en forma de letra “J” del tubo digestivo. Comunica el esófago con el intestino delgado.

Estrógenos. Hormonas sexuales femeninas producidas por los ovarios; promueven el desarrollo y mantenimiento de las estructuras reproductoras femeninas y de las características sexuales secundarias.

Excremento. Material expulsado del cuerpo como desecho, en especial la materia fecal.

Eyaculación. Expulsión refleja del semen por el pene.

F

Factor Rh. Antígeno heredado presente en la superficie de los glóbulos rojos en los individuos Rh⁺; no está presente en los individuos Rh⁻.

Fagocitosis. Proceso por el cual los fagocitos ingieren y destruyen microbios, residuos celulares y otros materiales extraños.

Falange. Hueso de un dedo.

Faringe. Conducto que comienza en las coanas y se extiende hacia abajo dentro del cuello, donde se abre hacia el esófago por detrás y hacia la laringe por delante.

Feto. En los seres humanos, el organismo en desarrollo dentro del útero desde el comienzo del tercer mes hasta el nacimiento.

Fibrina. Proteína insoluble que es indispensable para la coagulación sanguínea; se forma a partir del fibrinógeno por acción de la trombina.

Fibrinógeno. Proteína de alto peso molecular del plasma sanguíneo, que se convierte en fibrina por acción de la trombina.

Fiebre. Aumento en la temperatura corporal por arriba de lo normal, que es de 37° C.

Fisiología. Rama de la medicina que estudia el funcionamiento de un organismo o sus partes.

Fluido seminal. Sustancia que sirve como medio para transportar los espermatozoides.

Fluido sinovial. Lubricante que secreta la membrana de tejido conectivo que rodea una articulación.

Folículo ovárico. Término genérico que reciben los ovocitos en cualquier estadio de desarrollo, junto con las células epiteliales que los rodean.

Fractura. Cualquier rotura de un hueso.

G

Gameto. Célula reproductora masculina o femenina; espermatozoide u ovocito secundario.

Ganglio. Grupo de cuerpos celulares neuronales, situados fuera del sistema nervioso central.

Gigantismo. Padecimiento causado por hipersecreción de la hormona del crecimiento durante la niñez, caracterizado por crecimiento óseo y corporal -excesivo.

Gingivitis. Inflamación de las encías.

Glande. Región levemente ensanchada que se encuentra en el extremo distal del pene.

Glándula. Célula o grupo de células epiteliales especializadas que secretan sustancias; puede ser exocrina o endocrina.

Glándula endocrina. Glándula que secreta hormonas hacia el líquido intersticial y luego hacia la sangre; no tiene conductos.

Glándula exocrina. Glándula que secreta sus productos en conductos que transportan las secreciones hacia cavidades corporales, hacia la luz de un órgano o hacia la superficie externa del cuerpo.

Glándula intestinal. Glándula que se abre hacia la superficie de la mucosa intestinal y secreta enzimas digestivas.

Glándula mamaria. Glándula sudorípara modificada de la mujer que produce leche para la nutrición del recién nacido.

Glándula paratiroides. Cada una de las cuatro –por lo general- glándulas endocrinas pequeñas ubicadas en la cara posterior de los lóbulos laterales de la glándula tiroides.

Glándula pineal. Glándula que produce melatonina, localizada en la cabeza.

Glándula pituitaria. Glándula endocrina pequeña que libera muchas hormonas. También llamada *hipófisis*.

Glándula salival. Uno de los tres pares de glándulas que se ubican fuera de la boca y vuelcan su producto de secreción (saliva) en conductos que se vacían en la cavidad oral; son las glándulas parótida, submandibular y sublingual.

Glándula sebácea. Glándula exocrina ubicada en la dermis, casi siempre asociada con un folículo piloso; secreta sebo.

Glomérulo. Un grupo de capilares en una nefrona.

Glucagón. Hormona pancreática que causa la salida del glucógeno del hígado y de los músculos del esqueleto, y la liberación de glucosa a la sangre.

Glucosa. Azúcar de seis átomos de carbono, que es la fuente principal de energía para la producción de ATP en las células del organismo.

Gónada. Glándula productora de gametos y hormonas; los ovarios en la mujer y los testículos en el varón.

H

Hemofilia. Trastorno sanguíneo hereditario en el cual hay una producción deficiente de ciertos factores de la coagulación, lo que produce un sangrado excesivo en articulaciones, tejidos profundos y otras partes del organismo.

Hemoglobina. Componente principal de los glóbulos rojos; transporta la mayor parte del oxígeno y parte del bióxido de carbono en la sangre.

Hemorragia. Sangrado; salida de sangre de los vasos sanguíneos, en especial cuando la pérdida de sangre es profusa.

Hemorroides. Vasos sanguíneos dilatados o varicosos, usualmente venas, en la región anal.

Hemodiálisis. Filtración artificial de la sangre.

Hígado. Órgano anexo al sistema digestivo cuyas funciones son: producir bilis y sintetizar la mayoría de las proteínas plasmáticas, interconvertir nutrientes, detoxificar sustancias, almacenar glucógeno, hierro y vitaminas, fagocitar glóbulos rojos viejos y bacterias, y ayudar a sintetizar la forma activa de la vitamina D.

Himen. Pliegue delgado de mucosa vascularizada ubicada en el orificio vaginal.

Hioides. Hueso en forma de la letra U, situado en la base de la lengua.

Hipertensión. Aumento de la presión arterial.

Hipotálamo. Parte de la región cerebral que regula el control involuntario de muchas funciones del cuerpo.

Hipoxia. Déficit de oxígeno en los tejidos.

Histerectomía. Extirpación quirúrgica del útero.

Homeostasis. Estado en que el medio interno del cuerpo se mantiene relativamente constante dentro de los límites fisiológicos.

Hormona. Secreción de las células endocrinas que modifica la actividad fisiológica de las células diana del organismo.

I

Íleon. Parte terminal del intestino delgado.

Implantación. Inserción de un tejido o parte de él en un organismo. Unión del blastocito al estrato basal del endometrio alrededor de 6 días luego de la fecundación.

Impotencia. Debilidad; incapacidad para copular; incapacidad para mantener la erección.

Inanición. Pérdida de las reservas energéticas almacenadas como glucógeno, triglicéridos

y proteínas, ocasionada por una ingestión insuficiente de nutrientes o por la incapacidad de digerirlos, absorberlos o metabolizarlos.

Infarto de miocardio. Necrosis de tejido miocárdico debido a la interrupción de la irrigación sanguínea. Coloquialmente a veces se le llama *ataque cardiaco*.

Infeción. Invasión y multiplicación de microorganismos en los tejidos corporales; puede no ser evidente o caracterizarse por lesión celular.

Infertilidad. Incapacidad de concebir. También llamada *esterilidad*.

Ingestión. Acción de tomar alimentos, líquidos o fármacos por la boca.

Inmunidad. Estado de resistencia a las lesiones, en particular a los tóxicos, las proteínas extrañas y los microorganismos patógenos invasores.

Inspiración. Acto de introducir aire dentro de los pulmones.

Insulina. Hormona proteica producida por los islotes pancreáticos que disminuye la glucemia.

Intestino delgado. Porción tubular larga del tubo digestivo que comienza en el esfínter pilórico, adopta un aspecto enrollado en la parte central e inferior de la cavidad abdominal y termina en el intestino grueso; se divide en tres segmentos: duodeno, yeyuno e íleon.

Intestino grueso. Porción del tubo digestivo que se extiende entre el íleon del intestino delgado hasta el ano; se divide estructuralmente en ciego, colon, recto y canal anal.

Intracelular. Que está presente en el interior de las células.

Ión. Átomo que ha ganado o perdido uno o más electrones y, por tanto, tiene carga negativa o positiva.

Islotes de Langerhans. Grupo de células glandulares pancreáticas endocrinas que secretan dos hormonas que controlan los niveles de glucosa en el cuerpo.

L

Labios mayores. Cada uno de los dos pliegues cutáneos longitudinales que se extienden hacia abajo y atrás desde el monte del pubis de la mujer.

Labios menores. Cada uno de los dos pliegues pequeños de mucosa que se ubican por dentro de los labios mayores de la mujer.

Laceración. Herida por desgarro, en particular la debida a traumatismos.

Lactación. Secreción y expulsión de leche por las glándulas mamarias.

Laringe. Órgano de la fonación que consiste de un conducto corto que une la faringe con la tráquea.

Laringitis. Inflamación de la mucosa que reviste a la laringe.

Lengua. Músculo esquelético cubierto por una membrana mucosa, localizado en el suelo de la cavidad bucal.

Leucocitos. Glóbulos blancos de la sangre.

Leucocitosis. Aumento en el número de leucocitos, característico de muchas infecciones y otros trastornos.

Linfa. Líquido que fluye a través del sistema linfático.

Linfocitos. Variedad de leucocito, originado en los ganglios y vasos linfáticos, de núcleos único, grande, que ocupa casi toda la célula. Participan en la formación y en el transporte de anticuerpos.

Líquido extracelular. Líquido ubicado fuera de las células del organismo, como el líquido intersticial y el plasma.

Líquido intersticial. Parte del líquido extracelular que llena los espacios microscópicos entre las células de los tejidos; medio interno del organismo. También llamado *líquido intercelular* o *tisular*.

Líquido intracelular. Líquido localizado en el interior de las células.

Luz. El espacio que hay en el interior de una

arteria, vena, intestino u otra estructura tubular.

M

Mano. Extremo distal o terminal del miembro superior, que comprende carpo, metacarpo y falanges.

Médula espinal. Masa de tejido nervioso localizada en el conducto vertebral, en la que se originan los 31 pares de nervios espinales.

Médula ósea. Tejido blando y esponjoso ubicado en las cavidades del hueso. La médula ósea roja produce células sanguíneas; la médula ósea amarilla contiene tejido adiposo que almacena triglicéridos.

Meiosis. Tipo de división celular en la que se reduce a la mitad el número de cromosomas y se forman gametos.

Melanina. Pigmento negro, marrón o amarillo oscuro que se encuentra en algunas partes del cuerpo como la piel, el pelo y la capa pigmentada de la retina.

Memoria. Capacidad de recordar pensamientos.

Menarca. Primera menstruación y comienzo de los ciclos ovárico y uterino.

Meninges. Las tres membranas que recubren el encéfalo y la médula espinal, llamadas *duramadre*, *aracnoides* y *piamadre*.

Meningitis. Inflamación de las meninges.

Menopausia. Época en la que una mujer deja de producir óvulos, (cesan los ciclos menstruales).

Menstruación. Expulsión mensual de sangre, tejido, moco y células epiteliales por la vagina. También llamada *fase menstrual* o *regla*.

Metabolismo. Conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en un organismo; incluye las reacciones de síntesis (anabólicas) y las de degradación (catabólicas).

Metacarpo. Término genérico usado para referirse a los cinco huesos que forman la palma de las manos.

Metatarso. Término genérico usado para referirse a los cinco huesos localizados en el pie entre los huesos del tarso y las falanges.

Micción. Acción de orinar o expulsar la orina de la vejiga urinaria.

Miología. Estudio de los músculos.

Miometrio. Capa de músculo liso del útero.

Miopía. Defecto visual en el que los objetos pueden distinguirse sólo cuando están muy cerca de los ojos. A quien la padece suele llamársele “miope” o “corto de vista”.

Mutación. Cualquier cambio en la secuencia de bases en una molécula de ADN que provoca una alteración permanente de algún rasgo hereditario.

N

Necrosis. Muerte de células como resultado de lesión o enfermedad.

Nefritis. Inflamación de los riñones.

Nefrona. Unidad funcional de los riñones.

Nervio. Grupo de axones o dendritas neuronales y tejido conectivo asociado que transcurren juntos fuera del sistema nervioso central.

Nervio craneal. Cada uno de los 12 pares de nervios que salen del encéfalo a través de agujeros del cráneo y se distribuyen en cabeza, cuello y parte del tronco. Cada uno recibe un nombre y una designación con un número romano.

Nervio espinal. Cada uno de los 31 pares de nervios que se originan en la médula espinal a partir de raíces posteriores y anteriores. También llamado *nervio raquídeo*.

Neumonía. Infección o inflamación aguda de los alvéolos pulmonares.

Neuritis. Inflamación de uno o más nervios.

Neuroglia. Células del sistema nervioso que desarrollan varias funciones.

Neurona. Célula nerviosa que consiste en un cuerpo celular, dendritas y un axón.

Neurona motora. Neurona que lleva impulsos desde el sistema nervioso central hasta los efectores.

Neurona sensitiva. Neurona que lleva impulsos de los receptores al sistema nervioso central.

Neurotoxina. Veneno que afecta los centros nerviosos; causa parálisis de los músculos incluyendo los que se usan en la respiración.

Neurotransmisor. Sustancia química que lleva impulsos por la sinapsis.

O

Obesidad. Aumento del peso corporal superior a 20% del estándar deseable, que se produce por una acumulación excesiva de grasas.

Ombliigo. Pequeña cicatriz en el abdomen que corresponde al sitio de fijación del cordón umbilical en el feto.

Oncología. Rama de la medicina que estudia el cáncer.

Organismo. Forma viviente entera; individuo.

Órgano. Estructura de forma y función específicas; consiste en dos o más tipos de tejidos.

Orgasmo. Conjunto de fenómenos sensoriales y motores relacionados con la eyaculación en el varón y la contracción involuntaria de los músculos perineales en la mujer, al llegar el clímax de la relación sexual.

Orina. Líquido producido por los riñones, que contiene las sustancias que están en exceso o las de desecho. Se excreta del cuerpo a través de la uretra.

Osteoporosis. Trastorno relacionado con la edad avanzada que se caracteriza por disminución en la masa ósea y aumento en la susceptibilidad a las fracturas.

Ovario. Gónada de la mujer, que produce ovocitos y las hormonas progesterona, estrógenos y relaxina.

Ovogénesis. Formación y desarrollo de los gametos femeninos (ovocitos).

Ovulación. Ruptura de un folículo ovárico maduro (de De Graaf), con la expulsión de un ovocito hacia la cavidad pelviana.

Óvulo. Célula germinativa o gameto de la mujer. Se origina cuando un ovocito secundario completa la meiosis después de ser penetrado por un espermatozoide.

P

Paladar. Estructura horizontal que separa las cavidades bucal y nasal; techo de la boca.

Páncreas. Glándula grande que está debajo del estómago y que contiene tejidos endocrinos y exocrinos.

Parálisis. Disminución o interrupción de la función motora a causa de lesiones nerviosas o musculares.

Parotiditis. Inflamación e hipertrofia de las glándulas parótidas, acompañadas de fiebre y dolor intenso a la deglución.

Parto. Proceso de dar a luz, en el cual se produce la expulsión del feto del útero a través de la vagina.

Pelo. Estructura filamentosa producida por los folículos pilosos, que se desarrolla en la dermis.

Pelvis. Estructura en forma de vasija, formada por los dos huesos de la cadera, el sacro y el coxis.

Pelvis renal. Parte proximal ensanchada del uréter que se ubica dentro del riñón y hacia la cual se abren los cálices mayores.

Pene. Órgano masculino usado para la micción y la cópula; sirve para introducir el semen en la vagina femenina.

Periostio. Membrana fuerte que recubre el hueso.

Peristaltismo. Contracciones musculares sucesivas a lo largo de la pared de una estructura muscular hueca.

Pezón. Proyección rugosa pigmentada ubicada en la superficie de la mama, donde se loca-

lizan los orificios de los conductos galactóforos por donde se libera la leche.

pH. Símbolo con el que se designa una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución. La escala de pH se extiende de 0 a 14. Un valor de 7 expresa la neutralidad; los valores menores que 7 denotan un aumento de la acidez, y los mayores que 7 un aumento de la alcalinidad.

Pie. Porción distal del miembro inferior desde el tobillo hasta los dedos.

Piel. Cubierta externa del cuerpo formada por la epidermis, una capa superficial y más delgada (tejido epitelial), y la dermis, más gruesa (tejido conectivo). Esta última está unida a la capa subcutánea.

Pierna. Parte del miembro inferior ubicada entre la rodilla y el tobillo.

Plaqueta. Fragmento de citoplasma encerrado en una membrana celular carente de núcleo. Se encuentra en la sangre circulante; interviene en la hemostasia (detención del sangrado). También llamada *trombocito*.

Plasma. Líquido extracelular que se encuentra en los vasos sanguíneos; es la sangre sin los elementos corpusculares.

Pleura. Serosa que recubre los pulmones y reviste las paredes del tórax y el diafragma.

Prepucio. Piel laxa que cubre el glande del pene y del clítoris.

Presión arterial. Fuerza ejercida por la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos, originada en la contracción del corazón e influida por la elasticidad de las paredes vasculares.

Progesterona. Hormona sexual femenina producida por los ovarios, que ayuda a preparar al endometrio para la implantación de un óvulo fecundado.

Próstata. Glándula en forma de rosquilla situada por debajo de la vejiga urinaria, que rodea la parte superior de la uretra masculina. Secreta una solución que contribuye a

la motilidad y viabilidad de los espermatozoides.

Prueba de Papanicolaou. Examen citológico usado para la detección y el diagnóstico de los trastornos malignos y premalignos. Consiste en el examen de las células que se desprenden del epitelio del cuello uterino.

Pubertad. Etapa de la vida en que se inicia la aparición de las características sexuales secundarias y se vuelve posible la reproducción sexual; por lo general tiene lugar entre los 10 y los 17 años.

Pulmón. Uno de los dos órganos principales de la respiración, que se sitúan a ambos lados del corazón, en la cavidad torácica.

Pulso. Expansión y contracción (rebote) rítmicos de las arterias elásticas; fenómeno causado por la salida de sangre del ventrículo izquierdo.

Pus. Producto líquido de la inflamación que contiene leucocitos o sus restos, o desechos de células muertas.

Q

Queratina. Proteína insoluble que se encuentra en el pelo, las uñas y otros tejidos queratinizados de la epidermis.

Quimo. Mezcla semilíquida de alimentos parcialmente digeridos y secreciones digestivas que se encuentran en el estómago y el intestino delgado durante la digestión de una comida.

R

Recto. Los últimos 20 cm del tracto gastrointestinal, desde el colon sigmoideo hasta el ano.

Reflejo. Respuesta rápida a un cambio (estímulo) en el medio interno o externo que intenta restaurar la homeostasis.

Reproducción. Formación de células nuevas con fines de crecimiento, reparación o remplazo. Producción de un individuo nuevo.

Respiración. Intercambio global de gases entre la atmósfera, la sangre y las células del organismo que consiste en la ventilación pulmonar, respiración externa y la respiración interna.

Respiración externa. Intercambio de gases respiratorios entre los pulmones y la sangre. También llamada *respiración pulmonar*.

Respiración interna. Intercambio de los gases respiratorios entre la sangre y las células del organismo. También llamada *respiración tisular*.

Riñón. Cada uno de los dos órganos rojizos localizados en la región lumbar, que regulan la composición y el volumen plasmáticos y la presión arterial, y producen orina.

S

Saliva. Secreción transparente, alcalina y un tanto viscosa, que producen los tres pares de glándulas salivales; contiene diversas sales, mucina, lisozima y amilasa salival.

Sangre. Líquido que circula a través del corazón, las arterias, los capilares y las venas; constituye el principal medio de transporte dentro del organismo.

Semen. Líquido que se expulsa en la eyaculación masculina, formado por espermatozoides y secreciones provenientes de los túbulos seminíferos, las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales (glándulas de Cowper).

Sífilis. Enfermedad transmisible por contacto sexual, causada por la bacteria *Treponema pallidum*.

Sinapsis. Unión funcional entre dos neuronas o entre una neurona y un efector, como un músculo o una glándula; puede ser eléctrica o química.

Apareamiento de los cromosomas homólogos durante la profase de la meiosis I o primera división meiótica.

Sinartrosis. Articulación inmóvil, como una sutura, gonfosis o sincondrosis.

Síndrome premenstrual. Estrés físico y emocional intenso que se produce en la fase posovulatoria del ciclo menstrual y a veces se superpone con la menstruación.

Sistema. Asociación de órganos que tienen una función en común.

Sistema nervioso central (SNC). Parte del sistema nervioso formado por el encéfalo y la médula espinal.

Sistémico. Que afecta a todo el cuerpo; generalizado.

Sístole. En el ciclo cardíaco, la fase de contracción del músculo cardíaco, especialmente la de los ventrículos.

Sueño. Estadio de inconsciencia parcial del cual una persona puede despertarse; se asocia con un nivel de actividad bajo del sistema activador reticular ascendente.

Suero. Plasma sanguíneo sin las proteínas de la coagulación.

Sustancia blanca. Grupos de axones mielínicos y amielínicos localizados en el encéfalo y la médula espinal.

Sustancia gris. Áreas en el sistema nervioso central y los ganglios que contienen cuerpos neuronales, dendritas, axones amielínicos, terminales axónicos y neuroglia; su color gris se debe a los cuerpos de Nissl y contiene muy poco o nada de mielina.

T

Taquicardia. Frecuencia cardíaca en reposo, anormalmente alta (más de 100 latidos por minuto).

Tarso. Término genérico para los siete huesos del tobillo.

Tegumentario. Relacionado con la piel.

Tejido. Grupo de células similares y su sustancia intercelular, que desarrollan una actividad específica.

Tendón. Cordón blanco de tejido conectivo denso que une un músculo al hueso.

Testículo. Gónada masculina; produce espermatozoides y las hormonas testosterona e inhibina, además de que en ella se forman los espermatozoides.

Testosterona. Hormona sexual masculina (andrógeno) secretada por los endocrinocitos intersticiales (células de Leydig) del testículo maduro. Regula el crecimiento y desarrollo de los órganos reproductores masculinos, los caracteres sexuales secundarios y el crecimiento corporal.

Timo. Órgano bilobulado localizado en el mediastino superior por detrás del esternón y entre los pulmones, en el cual los linfocitos T adquieren inmunocompetencia.

Tórax. Parte superior del tronco, entre el cuello y abdomen.

Trombocito. Véase *plaqueta*.

Tronco. Parte del cuerpo a la que se unen los miembros superiores e inferiores y el cuello.

Transpiración. Sudor; líquido producido por las glándulas sudoríparas; contiene agua, sales, urea, ácido úrico, aminoácidos, amoníaco, azúcar ácido láctico y ácido ascórbico. Ayuda a mantener la temperatura corporal y elimina desechos.

Tráquea. Vía aérea tubular que se extiende desde la laringe hasta la quinta vértebra torácica.

Trasplante. Transferencia de células vivas, tejidos u órganos de un donante a un receptor, o de una parte del cuerpo a otra, para recuperar una función perdida.

Trompa uterina. Conducto que transporta los ovocitos desde los ovarios hasta el útero. También llamada *trompa de Falopio*.

Tronco. Parte del cuerpo a la cual se unen los miembros superiores e inferiores.

Túbulo seminífero. Conducto muy enrollado, localizado en los testículos, donde se producen los espermatozoides.

U

- Uña.** Placa dura compuesta en gran medida por queratina, que se origina de la epidermis y forma una cubierta de protección en la cara dorsal de las falanges distales de los dedos de las manos y de los pies.
- Uréter.** Uno de los dos conductos que conectan al riñón con la vejiga urinaria.
- Uretra.** Conducto que conecta la vejiga urinaria con el exterior del cuerpo, que transporta la orina en las mujeres, y la orina y el semen en los varones.
- Útero.** Órgano muscular hueco de las mujeres, donde se produce la menstruación, la implantación y desarrollo del feto y el parto. También llamado *matriz*.

V

- Vagina.** Órgano muscular tubular de las mujeres que va desde el útero hasta el vestíbulo, situado entre la vejiga y el recto.
- Vasectomía.** Método de esterilización masculina, en el que se elimina una parte del conducto deferente de cada lado.
- Vaso quilífero.** Cada uno de los numerosos vasos linfáticos presentes en las vellosidades intestinales que absorben grasas de los alimentos digeridos.
- Vasoconstricción.** Disminución en el tamaño de la luz de un vaso sanguíneo, causada por la contracción del músculo liso en la pared de éste.
- Vasodilatación.** Aumento de tamaño de la luz de un vaso sanguíneo, causado por la relajación del músculo liso de su pared.
- Vejiga urinaria.** Órgano muscular hueco de la cavidad pélvica; recibe orina de los dos uréteres y la almacena hasta que se excreta por la uretra.
- Vellosidades.** Estructuras filamentosas por las que se absorbe la mayor parte de los nutrientes al intestino delgado.

- Vena.** Vaso sanguíneo que transporta sangre desde los tejidos al corazón.
- Vena cava.** Cada una de las dos venas (superior e inferior) que llevan la sangre de la circulación sistémica hasta el corazón.
- Ventral.** Perteneciente a la parte anterior; opuesto a dorsal.
- Ventrículo.** Cámara inferior del corazón que bombea la sangre hacia afuera de este.
- Vesícula biliar.** Saco pequeño localizado por debajo del hígado, que almacena bilis.
- Vesículas seminales.** Glándulas que secretan el fluido seminal.
- Viscera.** Término que se aplica a los órganos de las cavidades torácica y abdominal.
- Vómito.** Expulsión forzada del contenido de la porción superior del sistema digestivo por la boca.
- Vulva.** Término genérico usado para referirse a los genitales externos femeninos.

Y

- Yeyuno.** Parte media del intestino delgado.

Bibliografía

- Alexander, P.; Bahret, M. J. *et al. Biología*. Estados Unidos: Prentice Hall, 1992.
- Anthony, C. y Thibodeau, G. *Anatomía y fisiología*. 8ª edición. México: Nueva Editorial Interamericana, 1983.
- Bayardo Pérez, Beatriz E. *Apuntes de análisis clínicos*. 5ª edición. Guadalajara, Jal., México, 1978.
- Biggs, Alton; Kapicka, Chris y Lundgren, Linda. *Biología. La dinámica de la vida*. Colombia: McGraw-Hill, 2000.
- Campbell, M. *Biología, conceptos y relaciones*. 3ª edición. México: Pearson Educación, 2001.
- Crespo, J.; Curell, N. y Curell, J. *Atlas de anatomía humana*. Colombia: Printer Colombiana, 1983.
- Crouch, J., y McClintic, R. *Principios de Anatomía Humana. Bases morfológicas y correlación fisiológica*. México: Limusa, 1977.
- Dixon, Bernard. *Cuerpo humano y salud*. Barcelona: Grijalbo, 1991. Col. Futura ciencia 8.
- Duhne Backhauss, M. Ráfagas “En casos de emergencia... una píldora”. *¿Cómo ves?* México: UNAM, año 6, núm. 64, marzo de 2004.
- “El cuerpo humano. La célula. El desarrollo humano...” *Guía de apoyo al estudiante*, en José Tola (coord.). Madrid: Grupo Libro, 1998.
- Essenfeld, B. E.; Gontag, C. R. y Moore, R. *Biology*. California: Addison-Wesley, 1994.
- Fuentes Santoyo, R. *Anatomía, fisiología y ciencias de la salud*. México: Trillas, 2006.
- Fuentes Santoyo, R. *Anatomía, elementos y complementos*. México: Trillas, 1986.
- Galindo Uriarte, A. R. *Biología humana*. Culiacán, Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa, Dirección General de Escuelas Preparatorias, 2005.
- Galindo Uriarte, A. R., Angulo Rodríguez, Amada A. y Avendaño Palazuelos, Roberto. *Guía didáctica para la actividad experimental de biología. Biodiversidad*. Culiacán, Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa, Dirección General de Escuelas Preparatorias, 1999.
- García, F.; Guevara, C. y Rosas, M. E. *Educación para la salud*. México: Santillana, 2006.
- González, Martín. “Siente uno que se acaba todo”. *Noroeste*. Culiacán, Sin. 25 de octubre de 2008.
- Goodman, G. A.; Hardman, J. y Limbird, L. *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. 10ª edición, vol. II. México: McGraw Hill, 2003.

- Heimler, Charles H.; Daniel, L. y Loekard, J. D. *Focus on life science*. Estados Unidos: Charles E. Merrill Publishing CO, 1984.
- Ledesma, M. I. *Historia de la biología*. México: AGT Editor, 2000.
- Magnoli, M.; Hancheg, B. P. y Prinston, J. *Experiences in life science*. Estados Unidos: Laidlaw Brothers. Publishers, 1985.
- McCary, J. y McCary, S. *Sexualidad humana de McCary*. México: El Manual Moderno, 1983.
- Miller, K. y Levine, S. *Biología*. Estados Unidos: Prentice Hall, 2004.
- “Obesidad y salud pública”. *La jornada*. México, 21 de Marzo de 2008.
- Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento*, en Jacques Fortin (ed.). México: Publicaciones CITEM, 2002.
- Ríos, Lorena. “Adolescentes y jóvenes, principales víctimas del tabaco”. *Vértigo*. México: Año VII, Núm. 324, 3 de junio de 2007.
- Rodríguez Pinto, Mario. *Anatomía, fisiología e higiene. Elementos introductorios*. México: Progreso, 1982.
- Rodríguez, Ruth. “Cáncer de mama, cruel sentencia para algunas”. *El Universal*. México: 19 de octubre de 2007.
- Rojas Espinoza, O. *Inmunología*. 3ª edición. México: Médica Panamericana, 2006.
- Sherman, I. y Sherman U. *Biología*. México: McGraw-Hill, 1994.
- Solá, Mendoza J. *Introducción a las Ciencias de la Salud*. 4ª. México: Trillas, 1993 (reimp. 2005).
- Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. *Biología*. 8ª edición. China: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- Teter, H.W.; Edwards, G.I. y Fitz Patrick, F.L. *Living things. An introduction to biology*. Estados Unidos: Editorial Development, 1985.
- Tortota G. y Derrickson, B. *Principios de Anatomía y fisiología*. 11ª edición. España: Médica Panamericana, 2006.
- Velázquez Ocampo, M. *Biología 2*. México: ST Editorial, 2006.
- Zimmermann, M. *Reproducción de los seres humanos I*. España: Ediciones Orientación, 1990.

Procedencia de las ilustraciones

Unidad 1

Figura de entrada tomada de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figuras 1.4 y 1.6, tomadas de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.

Figuras 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.7 y 1.8, tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Unidad 2

Figura de entrada tomada de BodyWorlds: The original exhibition of real human bodies/ Plastificación. Dr. Gunther Von Haggens. Fotografía: <http://www.bodyworlds.com/>

Figuras 2.1, 2.5 y 2.10, tomadas de Miller, K. y Levine, J. Biología

Figuras 2.2 y 2.7, tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figura 2.6, tomado de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Internet

Figura 2.3 <http://codigopin.files.wordpress.com/2007/08/tatuaje.jpg>

Figura 2.4 <http://www.tubotic.net/consejos/PiercingLengua3.jpg>

Figura 2.8 <http://medtempus.com/wp-content/uploads/Fotosjulio2007/Ictericia2.jpg>

Figura 2.9 <http://codigopin.files.wordpress.com/2007/08/tatuaje.jpg><http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/i-mages/ency/fullsize/2413.jpg>

Unidad 3

Figura de entrada tomada de Fuentes Santoyo, R. Anatomía, elementos y complementos.

Figuras 3.1, 3.3, 3.5, 3.6 y 3.10, tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figura 3.2, tomada de Miller, K. y Levine, S. Biología.

Figura 3.4, tomada de Crespo, J.; Curell, N. y Curell, J. Atlas de anatomía humana.

Figura 3.7 y 3.14 tomadas de Crespo, J.; Curell, N. y Curell, J. Atlas de anatomía humana.

Figura 3.15 tomada de Fuentes Santoyo, R. Anatomía, elementos y complementos.

Figura 3.18 tomada de Dixon, Bernard. Cuerpo humano y salud.

Internet

Figura 3.11: <http://www.cprevia.com/wp-content/uploads/2007/06/osteoporosis.jpg>

Figura 3.12:

<http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/sharemed/targets/images/pho/t012/T012515A.jpg>

Figura 3.13: http://i.esmas.com/image/0/000/004/466/piepla_NT.jpg

<http://www.umm.edu/imagepages/9195.htm>

Figura 3.16: http://i.esmas.com/image/0/000/004/800/esguinceNT_.jpg

http://www.lacoctelera.com/myfiles/adastra/DSC_1097.jpg

Figura 3.17: <http://www.uam.es/departamentos/medicina/anesnet/forconred/maxilo/apertura.gif>

Unidad 4

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 4.1 y 4.2, tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 4.3, adaptada de Miller, K. y Levine, J. Biología y de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figura 4.4, tomada de Fuentes Santoyo, R. Anatomía, elementos y complementos.

Figura 4.5, http://blogs.diariovasco.com/media/ArnoldSchwarzenegger_1.jpg

Unidad 5

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figuras 5.1, 5.3 y 5.7 tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figuras 5.2 y 5.5 tomadas de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Figuras 5.4, 5.8 y 5.11 tomadas de Velázquez Ocampo, M. Biología 2.

Figura 5.6 tomada de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.

Figura 5.9 tomada de Essensfeld, B. E.; Gontag, C. R. y Moore, R. Biology.

Figura 5.10 tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 5.18 tomada de García, F.; Guevara, C. y Rosas, M. E. Educación para la salud.

Internet

Figura 5.12 http://llamadosalaconquista.nireblog.com/blogs1/llamadosalaconquista/files/drogadictos_n.jpg

Figura 5.13 <http://www.rain-tree.com/Plant-Images/Erythroxylum-coca02.jpg>

Figura 5.14 <http://static.howstuffworks.com/gif/crack-15.jpg>

Figura 5.15 <http://www.floresflowers.com/photos/3PapaverSRed.jpg>

<http://www.tuinclub.be/tuinartikels/papaver%20slaapbol.jpg>

Figura 5.16 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/THC_structure.png/300px-THC_structure.png

<http://www.uni-saarland.de/fak8/becker/internetversion/Fotos/Cannabis%20sativ.jpg>

Figura 5.17 <http://www.wichita.gov/NR/rdonlyres/C9B9EC6B-B098-4EF5-A8EF-6-EC2BE9F48CE/19761/Ice1.JPG>

Figura 5.19 <http://img101.imageshack.us/img101/5629/763867183c63995a692msy8.jpg>

Figura 5.20 <http://www.fincamagdalen.com/quienes-somos/cafe2.jpg>

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Caffeine.png>

Unidad 6

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 6.1, tomada de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Figura 6.2, tomada de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figura 6.4, tomada de Dixon, Bernard. Cuerpo humano y salud.

Figura 6.5, tomada de Anthony, C. y Thibodeau, G. Anatomía y fisiología.

Figuras 6.6 y 6.7, tomadas de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.

Internet

Figura 6.3, http://img.dailymail.co.uk/i/pix/2007/08_01/tallest1REX0908_468x357.jpg

Unidad 7

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 7.1, 7.8 y 7.9 tomadas de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 7.2, 7.3, 7.5, 7.7, 7.10 y 7.12 tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figura 7.4 tomada de García, F.; Guevara, C. y Rosas, M. E. Educación para la salud.

Figura 7.6 tomada de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.

Figura 7.11 tomada de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Internet

Figura 7.13 http://www.letra.org/spip/IMG/jpg/jpg_anorexia-y-bulimia1.jpg

Figura 7.14 http://nuttre.files.wordpress.com/2007/07/la_bulimia_1.jpg

Figura 7.15 <http://fundacionannavazquez.files.wordpress.com/2007/11/obesidad.jpg>

Unidad 8

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figuras 8.1, 8.14 y 8.17 tomadas de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 8.2 <http://www.medicinapreventiva.com.ve/auxilio/rcp.htm> tomada de Rodríguez, Pinto Mario. Anatomía, fisiología e higiene. Elementos introductorios.

Figura 8.3 tomada de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología. <http://www.medicinapreventiva.com.ve/auxilio/rcp.htm>

Figuras 8.10, 8.11 y 8.16 tomadas de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Figuras 8.4, 8.5, 8.6, 8.18 y 8.22 tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figuras 8.12 y 8.15 tomadas de Essensfeld, B. E.; Gontag, C. R. y Moore, R. Biology.

Figura 8.21 tomada de Alexander, P.; Bahret, M. J. et al. Biología.

Internet

Figura 8.7 aplidina.aplidina.com/page/2/ y www.rush.edu/spanish/speds/cardiac/pacemkr.html

Figura 8.8 www.jano.es/jano/ctl_servlet?_f=11&iditem=184...

Figura 8.8

Figura 8.9 www.bio-person.cl/index.php?main_page=index...izquierda

www.vistamedica.com/noticias/noticia.asp?id=5...derecha

Figura 8.13 www.mundovarices.com

Figura 8.19 www.profesorenlinea.cl/Ciencias/sangre.htm

Figura 8.20 ylovamosasuperar.blogspot.com/

Unidad 9

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 9.1, 9.2, 9.3 y 9.8 tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figuras 9.4, 9.5 y 9.7 tomadas de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figuras 9.9, 9.10, 9.11, 9.12, 9.13 9.14 tomadas de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Internet

Figura 9.6 208.176.52.74/HealthLibrary/GetContent.aspx?C...

Unidad 10

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 10.1 tomada de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Figuras 10.2 y 10.3 tomadas de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 10.4 tomada de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.

Figura 10.5 tomada de García, F.; Guevara, C. y Rosas, M. E. Educación para la salud.

Internet

Figura 10.6 <http://www.sedet.es/imagenes/noticias/200603200647190.jpg>

Figura 10.7 http://www.elpais.com/recorte/20070829elpepusoc_5/XLCO/Ies/20070829elpepusoc_5.jpg

Unidad 11

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 11.1 y 11.4 tomadas de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.

Figura 11.2 adaptada de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.

Figura 11.3 tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 11.7 tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 11.8 tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Internet

Figura 11.5 tomada de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Figura 11.6 www.butler.org/body.cfm?id=125&chunkiid=103916

Figura 11.9 www.kenthospital.org/body.cfm?id=199&chunkiid...

Unidad 12

Figura de entrada tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

- Figura 12.3, 12.10, 12.11, 12.14 y 12.15 tomadas de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.
- Figura 12.1 y 12.9 tomadas de Miller, K. y Levine, J. Biología y de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de Anatomía y fisiología.
- Figura 12.2, 12.17 y 12.19 tomadas de Solomon, E.; Berg, L. y Martin, D. Biología.
- Figura 12.5 tomada de Zimmermann, M. Reproducción de los seres humanos I.
- Figura 12.8 tomada de McCary, J. y McCary, S. Sexualidad humana de McCary.
- Figura 12.13 tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).
- Figura 12.18 tomada de García, F.; Guevara, C. y Rosas, M. E. Educación para la salud.
- Internet
- Figura 12.4 tomada de pe.kalipedia.com/ciencias-vida/tema/espermato... y de Miller, K. y Levine, J. Biología.
- Figura 12.7 <http://www.mhhe.com/socscience/sex/common/ibank/ibank/0045.jpg>
- Figura 12.12 www.esmas.com/salud/home/sexualidad/391696.html
- Figura 12.16 www.maternofetal.net/2fecundacion.html
- Figura 12.20 anticonceptivos.sobresexualidad.com/metodos-a...
- Figura 12.21 www.dominiquenaser.cl/?p=46
- Figura 12.22 www.fluvium.org/textos/cultura/cul380.htm
- Figura 12.23: <http://www.gobcan.es/sanidad/scs/3/epidemiologia/sida/MANUAL%20SEXUALIDAD%20Y%20JUVENTUD/imagenes/diafragma.jpg>
- Figura 12.24 www.une.edu.ve/salud/sexualidad/condon.htm
- Figura 12.25: http://i.esmas.com/image/0/000/004/769/condonfemNT_.jpg
- Figura 12.26 www.interfaceurologia.com.br/.../vasectomia.php
- Figura 12.27 www.diariouno.net.ar/.../04/24/noticia_0054.html

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES DE LAS ACTIVIDADES DE LABORATORIO

Actividad 1. Huellas digitales (dactilares)

- Figura de entrada y figura 1.2: tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).
- Figura 1.1: tomada de Biggs, A. Kapicka, Chris y Lundgren L. Biología. La dinámica de la vida.

Actividad 2. Estructura del hueso

- Figura de entrada: tomada de <http://www.araucaria2000.cl/clasificacion/vaca.jpg>
- Figura 2.1: tomada de Tortora, G. y Derrickson, B. Principios de anatomía y fisiología. 11ª edición.

Actividad 3. Actos reflejos

- Figura de entrada: tomada de Miller, K. y Levine, J. Biología.
- Figura 3.1: tomada de Heimler, Ch.; Daniel, L. y Loekard, J. D. Focus on life science.

Actividad 4. Corazón humano

Figura de entrada: tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 4.1: tomada de Solomon, E.; Berg, L. y Martín, D. Biología. 8ª. Edición.

Actividad 5. Células sanguíneas

Figura de entrada: tomada de Para comprender el cuerpo humano y su funcionamiento, en Jacques Fortin (ed.).

Figura 5.1: tomada de Galindo, Uriarte A.R.; Angulo, Rodríguez A.A. y Avendaño, Palazuelos R. Guía didáctica para la actividad experimental de biología. Biodiversidad.

Figura 5.2: Adaptada de Solomon, E.; Berg, L. y Martín, D. Biología. 8ª. Edición.

Actividad 6. Tipos sanguíneos y factor Rh

Figura de entrada y figura 6.2: tomada de Galindo, Uriarte A.R.; Angulo, Rodríguez A.A. y Avendaño, Palazuelos R. Guía didáctica para la actividad experimental de biología. Biodiversidad.

Actividad 7. Respiración y ejercicio

Figura de entrada: tomada de Teter, H.E.; Edwards, G.I. y Fitzpatrick, F.L. Living things. An introduction to biology.

Figura 7.1: tomada de Magnoli, M.; Hanchey, B.A. y Pinkston, J. Experiences in life science.

Actividad 8. Composición de la orina

Figura de entrada: tomada de Heimler, Charles H.; Daniel, L. y Loekard, J.D. Focus on life science.

Figura 8.1: tomada de Bayardo, Pérez Beatriz E. Apuntes de análisis clínicos.

Actividad 9. Espermatozoide humano

Figura de entrada: tomada de Alexander, P.; Bahret, M.J. et al. Biología.

Figura 9.1: tomada de Bayardo, Pérez Beatriz E. Apuntes de análisis clínicos.

Figura 9.2: tomada de Miller, K. y Levine, J. Biología.

Biología humana y salud

de Alma Rebeca Galindo Uriarte, Amada Aleyda Angulo Rodríguez y Roberto C. Avendaño. Se terminó de imprimir en el mes de febrero del 2012, en los talleres de SERVICIOS EDITORIALES ONCE RÍOS, Río Usumacinta # 821, Industrial Bravo, Culiacán, Sin.

Tiraje: 12,000 ejemplares.



Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias